

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMA DE
PROCESSOS QUÍMICOS E INFORMÁTICA

**ESTUDO DE FLOTAÇÃO EM COLUNA CONVENCIONAL,
AGITADA E DE RECHEIO**

Autor: José Aury de Aquino

Orientador: Prof. Dr. Elias Basile Tambourgi

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de
Engenharia Química como parte dos requisitos
exigidos para a obtenção do título de Doutor em
Engenharia Química.

Setembro - 1998
Campinas - São Paulo - Brasil

N.º CHAMADA: UNICAMP
Aq 56e
 V. 10 Et. 56e
 TOMBO BC/ 35 906
 PRON. 395/98
 C ☐ D ☒
 PREÇO R\$ 11,00
 DATA 19/11/98
 N.º CPD

CM-00118719-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

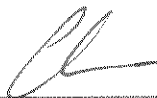
Aq56e Aquino, José Aury de
 Estudo de flotação em coluna convencional, agitada e
 de recheio. / José Aury de Aquino.--Campinas, SP: [s.n.],
 1998.

Orientador: Elias Basile Tambourgi.
 Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Flotação. 2. Colunas. I. Tambourgi, Elias Basile..
 II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Química. III. Título.

**Dedico este trabalho à memória do meu pai,
João Alves de Aquino, pelo incentivo, exemplo e
apoio que sempre me deu, ao longo da minha
trajetória.**

Esta versão corresponde à redação final da tese de doutorado defendida pelo
Mestre José Aury de Aquino e aprovada pela comissão julgadora em 30 de setembro de 1998.



Prof Dr. Elias Basile Tambourgi

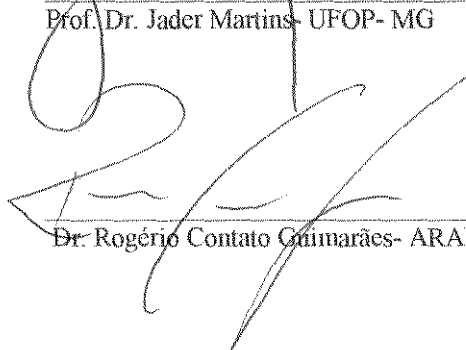
Tese defendida e aprovada em 30 de setembro de 1998, pela banca examinadora constituída pelos Doutores:



Dra Maria Lúcia Magalhães de Oliveira – CDTN-MG



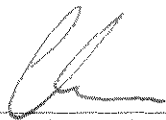
Prof. Dr. Jader Martins- UFOP- MG



Dr. Rogério Contato Guimarães- ARAFÉRTIL-MG



Prof. Dr. Roger Josef Zemp FEQ-DESQ



Prof. Dr. Elias Basile Tambourgi FEQ-DESQ

AGRADECIMENTOS

O autor deseja agradecer a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho e em especial:

- ao Professor Elias Basile Tambourgi, pela orientação, amizade e apoio prestado durante a realização deste trabalho;
- a Doutora Maria Lúcia Magalhães de Oliveira pela amizade, incentivo, sugestões, discussões técnicas e revisão dos capítulos;
- ao Técnico Waldeyr Estevão de Paula Júnior pela realização dos testes de flotação em coluna;
- ao Engenheiro Rodrigo Oscar de Albuquerque pelo cálculo dos testes de flotação e revisões no texto final;
- a Geóloga Elisabeth da Fonseca pela realização do estudo de caracterização mineralógica;
- aos Técnicos Luiz Carlos da Silva e Jésus Carneiro Magalhães pela realização das análises químicas;
- ao Técnico Francisco Jorge Caldeira pela preparação dos reagentes para realização dos testes de flotação;
- aos Operadores Mário Lúcio de Souza, Francisco Assis de Souza e José Donato de Souza pela participação na realização dos testes de flotação e preparação das amostras para análises químicas;
- a Professora Solange Vaz Coelho pela amizade, incentivo e revisão do texto;
- ao Engenheiro Maurilio Dias Fernandes pelo incentivo, elaboração do programa computacional para cálculo dos balanços de massa e revisão do texto;

- a Éder Anderson Souza de Oliveira pela realização dos trabalhos computacionais;
- aos Mecânicos Reinaldo Turbino da Silva e Clemente Figueiredo Messias pela construção e instalação das colunas;
- ao Geólogo Walter de Brito pela realização das análises difratométricas;
- ao Professor Juan Yianatos Bernardino da Universidade Técnica Federico de Santa Maria (Chile) pelas sugestões realizadas durante o trabalho;
- a Engenheira Jeaneth dos Santos Benedetto pela amizade, incentivo e apoio durante a realização deste trabalho;
- aos Engenheiros Rogério Contato Guimarães, da Arafértil, e Luiz Antônio Barros da Fonseca, da Fosfértil, pelo fornecimento das amostras de minério e dos reagentes de flotação;
- ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) pelos recursos materiais e financeiros para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

<i>LISTA DE FIGURAS</i>	XI
<i>LISTA DE TABELAS</i>	XX
<i>RESUMO</i>	XXV
<i>ABSTRACT</i>	XXVII
 <i>CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO</i>	 1
 <i>CAPÍTULO II - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</i>	 7
II.1. INTRODUÇÃO.....	8
II.2. MÁQUINAS DE FLOTAÇÃO.....	9
II.2.1. Células Mecânicas.....	11
II.2.2. Células Pneumáticas.....	18
II.2.3. Coluna Convencional.....	25
II.2.4. Coluna Agitada.....	29
II.2.5. Coluna de Recheio.....	33
II.2.6. Outras Células.....	36
II.3. VARIÁVEIS DA COLUNA DE FLOTAÇÃO.....	43
II.3.1. Vazão de Ar.....	43
II.3.2. Vazão de Água de Lavagem.....	45

III.3.3.	Coluna de Recheio.....	81
III.3.4.	Sistema de Aeração.....	83
III.3.5.	Sistema de Água de Lavagem.....	84
III.3.6.	Sistema de Controle.....	85
III.3.7.	Condicionadores.....	86
III.3.8.	Bombas.....	86
III.3.9.	Alimentador de Minério.....	87
III.3.10.	Reagentes.....	87
III.4.	DESCRIÇÃO DA UNIDADE PILOTO COM AS COLUNAS CONVENCIONAL, AGITADA E DE RECHEIO.....	88
III.5.	TESTES DE FLOTAÇÃO UTILIZANDO AS COLUNAS CONVENCIONAL, AGITADA E DE RECHEIO.....	93
III.5.1.	Coluna Convencional.....	94
III.5.2.	Coluna Agitada.....	95
III.5.3.	Coluna de Recheio.....	95
III.6.	CÁLCULO DOS BALANÇOS DE MASSAS.....	96
III.6.1.	Características do Programa de Cálculo.....	99
<i>CAPÍTULO IV - RESULTADOS E DISCUSSÃO - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.....</i>		103
IV.1.	INTRODUÇÃO.....	104
IV.2.	CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA.....	104

IV.3.	CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.....	108
IV.4.	CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA.....	109
IV.4.1.	Amostra da Arafértil.....	109
IV.4.2.	Amostra da Fosfértil.....	117
 <i>CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÃO - AMOSTRA DA ARAFÉRTIL.....</i>		 125
V.1.	INTRODUÇÃO.....	126
V.2.	COLUNA CONVENCIONAL.....	126
V.2.1.	Dosagem de Collamil.....	127
V.2.2.	Dosagem de Óleo de Arroz.....	129
V.2.3.	pH.....	130
V.2.4.	Velocidade Superficial do Ar.....	132
V.2.5.	Tempo de Residência da Polpa.....	133
V.2.6.	Altura da Camada de Espuma.....	135
V.2.7.	Concentração de Sólidos.....	137
V.2.8.	Velocidade Superficial da Água de Lavagem.....	138
V.3.	COLUNA AGITADA.....	142
V.3.1.	Hélice Turbina-Disco de Palhetas Retas.....	142
V.3.2.	Hélice Turbina de Palhetas Inclínadas.....	147
V.4.	COLUNA DE RECHEIO.....	151
V.4.1.	Dosagem de Flotanol.....	151

V.4.2.	Velocidade Superficial do Ar.....	153
V.4.3.	Altura da Camada de Espuma.....	155
V.4.4.	Velocidade Superficial da Água de Lavagem.....	157
V.4.5.	Concentração de Sólidos na Alimentação da Coluna.....	159
V.4.6.	Taxa de Alimentação de Sólidos.....	161
V.5.	COMPARAÇÃO DE RESULTADOS.....	165

CAPÍTULO VI - RESULTADOS E DISCUSSÃO - AMOSTRA DA FOSFÉRTIL.....

VI.1.	INTRODUÇÃO.....	171
VI.2.	COLUNA CONVENCIONAL.....	171
VI.2.1	Dosagem de Hidrocol.....	172
VI.2.2	Dosagem de KE – 883.....	174
VI.2.3	Dosagem de Collamil.....	175
VI.2.4	pH.....	177
VI.2.5	Altura da Camada de Espuma.....	178
VI.2.6	Tempo de Residência da Polpa.....	180
VI.3.	COLUNA AGITADA.....	183
VI.4.	COLUNA DE RECHEIO.....	187
VI.5.	COMPARAÇÃO DE RESULTADOS.....	189

VI.6. COLUNA MODIFICADA.....	190
VI.6.1 Altura de Recheio.....	192
VI.6.2 Camada de Espuma.....	194
VI.6.3 Altura do Ponto de Alimentação da Polpa.....	195

CAPÍTULO VII – CONCLUSÕES E SUGESTÕES

CAPÍTULO VIII – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

<i>ANEXO I –.....</i>	216
<i>ANEXO II –.....</i>	251
<i>ANEXO III –.....</i>	280
<i>ANEXO IA –.....</i>	314
<i>ANEXO IIA.....</i>	339
<i>ANEXO IIIA.....</i>	347
<i>ANEXO IV.....</i>	349

LISTA DE FIGURAS

Figura II.1	Desenho esquemático das células mecânicas	13
Figura II.2	Desenho esquemático de tanques e rotores das células mecânicas Agitar, Booth, Outokumpu e Aker	16
Figura II.3	Desenho esquemático de tanques e rotores das células mecânicas Sala, Wedag, Wemco e BCS.....	17
Figura II.4	Desenho esquemático da célula Leeds.....	18
Figura II.5	Desenho esquemático das células pneumáticas com e sem tela.....	19
Figura II.6	Desenho esquemático da célula pneumática do tipo Bahr.....	20
Figura II.7	Sistema de contato partícula-bolha e a curva de velocidade da polpa..	21
Figura II.8	Alimentação da polpa na célula Bahr no sentido vertical.....	22
Figura II.9	Alimentação da polpa na célula Bahr no sentido horizontal.....	22
Figura II.10	Desenho esquemático do separador de espuma.....	24
Figura II.11	Eventos marcantes no desenvolvimento e aplicação das colunas de flotação.....	27
Figura II.12	Desenho esquemático de uma coluna de flotação.....	29
Figura II.13	Desenho esquemático da coluna agitada.....	32
Figura II.14	Desenho esquemático da coluna de recheio.....	35
Figura II.15	Desenho esquemático da célula Jameson.....	37
Figura II.16 –	Desenho esquemático da célula de Contato.....	38
Figura II.17	Desenho esquemático da célula Centrifloat.....	39

Figura II.18	Desenho esquemático da célula Flotaire.....	41
Figura II.19	Desenho esquemático da célula Davcra.....	42
Figura II.20	Representação esquemática dos fluxos de água na célula mecânica e na coluna de flotação.....	47
Figura II.21	Sistema para medição do “holdup” do ar.....	54
Figura II.22	Curva de distribuição de tempo de residência num fluxo tipo mistura perfeita.....	57
Figura II.23	Efeito do tamanho de partícula sobre a recuperação do processo de flotação.....	60
Figura III.1	Fluxograma de blocos do circuito industrial da Arafertil.....	68
Figura III.2	Fluxograma de blocos do circuito industrial da Fosfertil.....	71
Figura III.3	Fluxograma do circuito utilizado na preparação das amostras.....	72
Figura III.4	Desenho esquemático da coluna convencional.....	77
Figura III.5	Desenho esquemático da coluna agitada.....	79
Figura III.6	Detalhes do sistema de agitação.....	80
Figura III.7	Desenho esquemático da coluna de recheio.....	82
Figura III.8	Desenho esquemático do aerador de borracha.....	84
Figura III.9	Fluxograma do circuito utilizando a coluna convencional.....	90
Figura III.10	Fluxograma do circuito utilizando a coluna agitada.....	91
Figura III.11	Fluxograma do circuito utilizando a coluna de recheio.....	92

Figura III.12	Caixa de diálogo - Caracterização do teste.....	99
Figura III.13	Caixa de diálogo – Dados experimentais.....	100
Figura III.14	Caixa de diálogo – Água e reagentes.....	100
Figura III.15	Caixa de diálogo – Parâmetros operacionais da coluna.....	101
Figura III.16	Tabela de resultados.....	102
Figura IV.1	Distribuição granulométrica acumulada das amostras da Arafertil e Fosfertil.....	105
Figura IV.2	Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Arafertil.....	106
Figura IV.3	Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Fosfertil.....	107
Figura IV.4	Diagramas da composição química das amostras.....	108
Figura IV.5	Representação gráfica da composição mineralógica da amostra da Arafertil e de suas frações granulométricas.....	110
Figura IV.6	Fotomicrografias do minério apatítico da Arafertil nas frações granulométricas.....	111
Figura IV.7	Fotomicrografias do minério da Arafertil na fração granulométrica retida em 210 μm	114
Figura IV.8	Imagem de elétrons retroespalhados obtida em microscópio eletrônico de varredura.....	115
Figura IV.9	Imagem de elétrons retroespalhados obtida em microscópio eletrônico de varredura.....	115

Figura IV.10	Representação gráfica do grau de liberação da apatita granular e microcristalina da Arafertil.....	116
Figura IV.11	Imagem de elétrons retroespalhados da amostra FGA (+ 210 µm) obtida via microscópio eletrônico de varredura.....	117
Figura IV.12	Representação gráfica da composição mineralógica da amostra da Fosfertil e de suas frações granulométricas.....	118
Figura IV.13	Fotomicrografias do minério apatítico da Fosfertil nas frações granulométricas.....	119
Figura IV.14	Fotomicrografias do minério apatítico da Fosfertil na fração retida em 210 µm.....	121
Figura IV.15	Imagem de elétrons retroespalhados obtida via microscópio eletrônico de varredura.....	122
Figura IV.16	Imagem de elétrons retroespalhados obtida em microscópio eletrônico de varredura.....	122
Figura IV.17	Imagem de elétrons retroespalhados obtida através de microscópio eletrônico de varredura.....	123
Figura IV.18	Representação gráfica do grau de liberação da apatita da Fosfertil.	124
Figura V.1	Efeito da dosagem de Collamil sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	128
Figura V.2	Efeito da dosagem de Óleo de Arroz sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	130
Figura V.3	Efeito do valor do pH sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	131

Figura V.4	Efeito da velocidade superficial do ar sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	133
Figura V.5	Efeito do tempo de residência sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	135
Figura V.6	Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	136
Figura V.7	Efeito da concentração de sólidos sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	138
Figura V.8	Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	139
Figura V.9	Balanço de massa da flotação em coluna convencional com amostra da Arafétil.....	141
Figura V.10	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 3)	144
Figura V.11	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 5)	145
Figura V.12	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 7)	146
Figura V.13	Efeito da rotação das hélices de palhetas inclinadas sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 7).....	148
Figura V.14	Balanço de massa da flotação em coluna agitada com amostra da Arafétil.....	150
Figura V.15	Efeito da dosagem de Flotanol sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	153

Figura V.16	Efeito da velocidade superficial do ar sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	155
Figura V.17	Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	156
Figura V.18	Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	158
Figura V.19	Efeito da concentração de sólidos sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	160
Figura V.20	Efeito da taxa de alimentação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	162
Figura V.21	Balanço de massa da flotação em coluna de recheio com amostra da Arafertil.....	164
Figura V.22	Recuperação de P_2O_5 em função do tamanho de partícula nas colunas convencional, agitada e de recheio.....	168
Figura VI.1	Efeito da dosagem do hidrocol sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	173
Figura VI.2	Efeito da dosagem de KE – 883 sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.	175
Figura VI.3	Efeito da dosagem do collamil sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	176
Figura VI.4	Efeito do pH sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	178

Figura VI.5	Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	179
Figura VI.6	Efeito do tempo de residência sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	181
Figura VI.7	Balanço de massa da flotação em coluna convencional com amostra da Fosfertil.....	182
Figura VI.8	Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	184
Figura VI.9	Balanço de massa da flotação em coluna agitada com amostra da Fosfertil.....	186
Figura VI.10	Balanço de massa da flotação em coluna de recheio com amostra da Fosfertil.....	188
Figura VI.11	Desenho esquemático da coluna modificada.....	190
Figura VI.12	Fluxograma do circuito utilizado nos testes com a coluna modificada.....	191
Figura VI.13	Efeito da altura de recheio sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	193
Figura VI.14	Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	195
Figura VI.15	Efeito da altura do ponto de alimentação da polpa sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.....	196
Figura VI.16	Balanço de massa da flotação em coluna convencional.....	198
Figura VI.17	Balanço de massa da flotação em coluna modificada.....	199

Figura VI.18 Representação gráfica dos teores obtidos nos concentrados das colunas convencional e modificada..... 200

Figura VI.19 Recuperação e teor de P_2O_5 , em função do tamanho de partícula, obtidos nos concentrados das colunas convencional e modificada..... 202

LISTA DE TABELAS

Tabela IV.1	Distribuição granulométrica das amostras da Arafértil e Fosfértil..	105
Tabela IV.2	Teor e distribuição de Massa, P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Arafértil.....	106
Tabela IV.3	Teor e distribuição de Massa, P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Fosfértil.....	107
Tabela IV.4	Composição química das amostras da Arafértil e Fosfértil.....	108
Tabela IV.5	Composição mineralógica da amostra da Arafértil e de suas frações granulométricas.....	110
Tabela IV.6	Grau de liberação da apatita granular e microcristalina da amostra da Arafértil e de suas frações granulométricas.....	116
Tabela IV.7	Composição mineralógica da amostra da Fosfértil e de suas frações granulométricas.....	118
Tabela IV.8	Grau de liberação da apatita da amostra da Fosfértil e de suas frações granulométricas.....	124
Tabela V.1	Efeito da dosagem de Collamil sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	128
Tabela V.2	Efeito da dosagem de Óleo de Arroz sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	129
Tabela V.3	Efeito do valor do pH sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	131
Tabela V.4	Efeito da velocidade superficial do ar sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	132

Tabela V.5	Efeito do tempo de residência sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	134
Tabela V.6	Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	136
Tabela V.7	Efeito da concentração de sólidos sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	137
Tabela V.8	Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	139
Tabela V.9	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre o teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 3).....	143
Tabela V.10	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre o teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 5).....	145
Tabela V.11	Efeito da rotação das hélices turbina-disco de palhetas retas sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 7)	146
Tabela V.12	Efeito da rotação das hélices de palhetas inclinadas sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 7)	148
Tabela V.13	Efeito da dosagem de Flotanol sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	152
Tabela V.14	Efeito da velocidade superficial do ar sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	154

Tabela V.15	Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	156
Tabela V.16	Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	158
Tabela V.17	Efeito da concentração de sólidos sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	160
Tabela V.18	Efeito da taxa de alimentação de sólidos sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	161
Tabela V.19	Resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e de recheio.....	165
Tabela V.20	Teor e recuperação de P_2O_5 nas frações granulométricas dos concentrados e rejeitos das colunas convencional, agitada e de recheio.....	167
Tabela V.21	Composição mineralógica e grau de liberação dos minerais nas frações granulométricas do rejeito da coluna Convencional.....	169
Tabela VI.1	Efeito da dosagem de hidrocol sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	173
Tabela VI.2	Efeito da dosagem de KE - 883 sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	174
Tabela VI.3	Efeito da dosagem do collamil sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	176
Tabela VI.4	Efeito do pH sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	177

Tabela VI.5	Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	179
Tabela VI.6	Efeito do tempo de residência sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	180
Tabela VI.7	Efeito da rotação sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	184
Tabela VI.8	Resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e recheio....	189
Tabela VI.9	Efeito da altura de recheio sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	193
Tabela VI.10	Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	194
Tabela VI.11	Efeito da altura do ponto de alimentação da polpa sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado.....	196
Tabela VI.12	Composição química dos concentrados obtidos nas colunas convencional e modificada.....	200
Tabela VI.13	Teor e recuperação de P_2O_5 nas frações granulométricas dos concentrados e rejeitos das colunas convencional e modificada.....	201

RESUMO

A flotação é o processo de concentração mais utilizado para recuperação dos minerais de fósforo contido nos minérios fosfáticos. No Brasil existem várias unidades industriais de produção de concentrado fosfático para uso na indústria de fertilizante. Essas unidades são constituídas das etapas de cominuição, homogeneização, separação magnética, deslamagem, condicionamento e flotação.

A flotação é realizada nessas unidades industriais utilizando células mecânicas ou de colunas. As primeiras indústrias de concentração de rocha fosfática foram implantadas no Brasil no início da década de setenta utilizando células mecânicas. Essas células têm como principal inconveniência a baixa seletividade e os níveis insatisfatórios de recuperação de apatita nas frações finas. Em função disso, a partir de 1992 iniciou-se a substituição parcial ou total das células mecânicas pelas colunas nas unidades industriais de concentração de rocha fosfática. Até o momento tem-se verificado que para a recuperação da apatita contida nas frações finas as colunas substituem satisfatoriamente as células mecânicas. Entretanto, para as frações grossas os resultados obtidos nas colunas não têm sido satisfatórios. Dessa forma, foi realizado esse estudo com o objetivo de verificar o desempenho de três tipos de coluna diferentes denominadas convencional, agitada e de recheio utilizando duas amostras de minério fosfático com granulometrias grossas.

O estudo compreendeu basicamente a coleta, preparação e caracterização das amostras, construção das colunas convencional e agitada e importação da coluna de recheio, instalação da unidade piloto, realização dos testes de flotação, cálculo e análise dos resultados.

Os resultados com a amostra da Arafertil mostraram que nas três colunas foram obtidos concentrados com baixos níveis de teor de P_2O_5 e elevados dos elementos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 . Com relação a recuperação de P_2O_5 foram obtidos níveis satisfatórios nas colunas convencional e agitada e baixos na coluna de recheio. Através de estudos de caracterização mineralógica realizados com amostras de alimentação e rejeito da

flotação identificou-se que a principal razão dos baixos níveis de teor de P_2O_5 obtidos nos concentrados das três colunas foi o baixo grau de liberação da apatita contida na amostra da Arafertil e a presença de apatita microcristalina disseminada nos minerais de ganga. Em função disso, foi realizado um novo estudo utilizando as três colunas e uma amostra de minério fosfático da Fosfertil com granulometria grossa e grau de liberação da apatita adequado para separação dos minerais de ganga. Com as condições otimizadas foram obtidos concentrados com baixo teor e elevada recuperação de P_2O_5 nas colunas convencional e agitada. Na coluna de recheio foi obtido concentrado com elevado teor e baixa recuperação de P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram elevados nas colunas convencional e agitada e baixos na coluna de recheio.

Em função dos resultados obtidos nas três colunas com a amostra da Fosfertil foi projetada e construída uma coluna piloto que permitisse a obtenção de níveis satisfatórios de teor e recuperação de P_2O_5 . Essa coluna foi denominada modificada e se caracterizou em manter a seção de coleta semelhante a da coluna convencional e a seção de limpeza a da coluna de recheio. Foram realizados testes utilizando essa coluna e a amostra de minério fosfático da Fosfertil. Os resultados obtidos mostraram que houve uma elevação na seletividade da flotação da apatita com relação a coluna convencional e uma elevação na sua recuperação com relação a coluna de recheio. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 foram baixos se comparados aos obtidos na coluna convencional. Na coluna modificada foi obtido um concentrado com teor de 36,5 % e recuperação de 82,5 % de P_2O_5 e os teores dos principais elementos contaminantes na faixa desejada de produção de concentrado fosfático.

ABSTRACT

Froth flotation is the concentration process most utilized for the recovery of apatite from phosphate rocks. In Brazil there are many mineral industries supplying phosphate concentrates for the fertilizer industries. The main unit operation in these industries are cominution, magnetic separation, classification and flotation circuit.

Flotation is carried out in these industries using conventional mechanical cells or columns. The first phosphate rocks concentration plants were set up in Brazil in the beginning of the seventies using mechanical cells. Throughout these years these cells have demonstrated poor selectivity and low recovery for apatite fines. Therefore, from 1993 it has begun a partial and some times, total replacement of the mechanical cells for columns. Up to now, it has been observed that as far as the performance of recovery of fines is concerned, the replacement of mechanical cells for columns has been well succeeded. On the other hand, the recovery for the apatite coarse fraction has not been so good. This research has been carried out in order to study the performance of three different types of column: conventional, packed and agitated, aiming a higher recovery of coarse fraction of apatite.

The main parts of this research were: collection, preparation of samples and characterization, building of conventional and agitated column set up of pilot plant, flotation tests and analysis of results.

The results achieved using the material from Arafertil, showed that the concentrates produced in all three columns had low grades of P_2O_5 and high grades of contaminants such as Fe_2O_3 and SiO_2 . Concerning the recovery of P_2O_5 , satisfactory levels were achieved of the conventional and agitated column, while low level of recovery was obtained for the packed column. Through mineralogical characterization of feed and tails, it was possible to realize that the main reason for the poor result obtained for low concentrate content of P_2O_5 was due to the presence of unliberated apatite of the sample brought from Arafertil. There was a dissemination of microcrystalline apatite distributed throughout the tail minerals.

For that reason, a new study was carried out using a new sample of phosphate rock with coarse size distribution originated from Fosfertil, and of course, with apatite minerals sufficiently liberated from the gangue minerals. After the optimization of the process, it was possible to get concentrates of low grade and high recovery of P_2O_5 using conventional and agitated column. For the packed column, the concentrate produced had higher grade and the recovery was lower than the others. The contaminants content (Fe_2O_3 and SiO_2) in the concentrate were high for the tests carried out in conventional and agitated column and low for packed column.

Due to the results obtained for the tests developed in the three columns, it was possible to design and build a pilot column, in order to check scale up problems and to make possible the obtention of good levels of recovery and higher grades. This column was labeled as "modified", and its main characteristics was to have the collection zone similar to the conventional column and the cleaning zone similar to the packed column, something like a hybrid column.

The results obtained, showed that the hybrid column increased of selectivity and improved the recovery when compared with the conventional and packed column. The contaminants content (Fe_2O_3 and SiO_2) were lower than the conventional column. It was possible to get, using the hybrid column, a concentrate grade of 36,5% and a recovery of 82,5% P_2O_5 , plus to obtain contaminants content within the range established by the fertilizer industries.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A flotação é um dos processos de concentração de minérios mais utilizados na indústria mineral. Este processo foi patenteado no início do século, em 1906, e tem tornado possível o aproveitamento de minérios complexos e/ou com baixo teor, de forma econômica e com rendimentos satisfatórios. A sua aplicação estende-se a uma grande variedade de minérios com características diversas no que diz respeito a granulometria, à composição química e mineralógica e, principalmente, às diferentes propriedades físico-químicas de superfície dos minerais constituintes.

A importância da flotação como processo de concentração de minerais tem motivado o constante desenvolvimento e aprimoramento das máquinas de flotação, usualmente denominadas células de flotação (*Young, 1982*). São atualmente utilizados na indústria mineral diversos tipos de máquinas de flotação, dentro de diferentes concepções mecânicas e condições hidrodinâmicas.

Considerando a grande variabilidade nas características físicas e químicas dos diferentes minerais a serem tratados e, por consequência, nas suas flotabilidades, torna-se importante avaliar o desempenho do processo de flotação para um determinado minério, utilizando diferentes condições operacionais e diversos tipos de máquinas de flotação. Em alguns casos, a escolha da máquina de flotação mais adequada pode alterar o fluxograma do circuito, as condições de operação e as dosagens dos reagentes, tornando o processo mais seletivo, econômico e com maior rendimento. Por outro lado, uma escolha incorreta pode inviabilizar o aproveitamento de um determinado bem mineral. Assim, a seleção e o dimensionamento das células constitui fator fundamental no processo de flotação para que possam ser obtidos níveis satisfatórios de teor e/ou recuperação do mineral de interesse. Além disto, um tipo de célula adequado para a etapa “rougher” poderá não ser recomendado para as etapas “cleaner” e/ou “scavenger” do processo de flotação.

Os primeiros modelos de células de flotação consistiam essencialmente de tanques retangulares onde a polpa, devidamente condicionada com os reagentes, é alimentada por uma de suas faces laterais, e submetida a um processo de agitação por meio de um rotor instalado no fundo da célula. Este componente tem como objetivo, além de agitar a polpa para suspensão das partículas minerais, dispersar o ar e promover o contato partícula-bolha. O movimento rotacional do rotor gera uma região de pressão negativa dentro da célula, o que promove a aspiração de ar para dentro da polpa. Para tornar mais efetivo o contato e o

arraste das partículas, deve-se dispor de um grande número de bolhas de pequeno tamanho. Para isto, coloca-se uma peça adicional em torno do rotor – denominada estator – que fragmenta as bolhas de ar. A espuma produzida no processo tende a carrear as partículas hidrofóbicas, sendo descarregada por transbordo na parte superior do tanque. O material não flotado é arrastado pela corrente de água e sai por baixo, na lateral oposta à da alimentação.

Esta concepção de célula de flotação, usualmente conhecida como célula mecânica, foi a primeira a ser desenvolvida e, até o momento, tem sido a mais utilizada. Ao longo do tempo, têm sido desenvolvidos novos modelos de células mecânicas com a introdução de uma série de modificações tecnológicas nos modelos anteriores. Esses desenvolvimentos visam melhorar a dispersão do ar na polpa, reduzir o consumo de reagentes, aumentar a eficiência de flotação das partículas grossas e finas e, principalmente, reduzir o seu custo de fabricação. Mesmo com estas modificações, as células mecânicas têm sido ineficientes, particularmente na etapa de limpeza da fração flotada e na recuperação de partículas grossas e finas. Com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir os custos do processo de flotação foram desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo dos anos diferentes tipos de máquinas.

Um desenvolvimento marcante verificado nos últimos anos no processo de concentração por flotação foi a introdução de colunas em substituição às células mecânicas. A concepção básica da coluna foi idealizada no início da década de 60 por Boutin e Tremblay e aplicada inicialmente à flotação reversa de sílica de minério de ferro. As células de coluna caracterizam-se pelo fluxo de polpa e bolhas de ar em contracorrente, diferindo substancialmente das células mecânicas convencionais, tanto no projeto quanto na filosofia de operação. As colunas diferem das células convencionais em quatro aspectos básicos:

- geometria (relação altura : diâmetro elevada);
- água de lavagem;
- ausência de agitação mecânica;
- sistema de geração de bolhas.

A coluna é constituída das seções de recuperação e de limpeza. A seção de recuperação está compreendida entre a interface polpa-espuma e o sistema de geração de bolhas na base da coluna. Nesta seção ocorre o contato entre as partículas minerais

sedimentando pela ação da gravidade e as bolhas de ar em contracorrente. Nessas condições, as partículas hidrofóbicas são aderidas às bolhas de ar e transportadas para a parte superior da coluna onde encontra-se a seção de limpeza.

Na seção de limpeza, compreendida entre a interface polpa-espuma e o transbordo da coluna, os agregados partículas-bolhas encontram o fluxo descendente de água de lavagem. Nesta região, grande parte das partículas de ganga que foram arrastadas pelas bolhas de ar e aquelas que passaram do ponto de alimentação para a seção de limpeza por curto-circuito são retornadas para a seção de recuperação, minimizando a contaminação da fração flotada. Além disso, a água de lavagem força o deslocamento da água de alimentação para a parte inferior da coluna, substituindo-a no concentrado.

Na região imediatamente acima da interface ocorre um decréscimo significativo do conteúdo de minerais de ganga, com conseqüente aumento do teor do mineral de interesse no flotado. Esse aumento pode ser atribuído a eficiente ação da água de lavagem que impede a entrada de ganga arrastada na base da espuma. A ação da água de lavagem e o efeito da altura da camada de espuma têm permitido a obtenção de concentrados com teores mais elevados nas células de coluna do que nas células mecânicas. Isto tem permitido a sua aplicação, com sucesso, na etapa “cleaner” dos circuitos de flotação.

Por outro lado, a aplicação da coluna nas etapas “rougher” e “scavenger” tem-se mostrado inviável para certos tipos de minério onde é requerido um elevado nível de recuperação do mineral de interesse. Os principais fatores que influenciam nas baixas recuperações relacionam-se ao contato ineficiente entre as bolhas de ar e as partículas minerais na seção de recuperação e ao baixo valor do “hold up” do ar.

Em função disto, vêm sendo desenvolvidos em Universidades e Centros de Pesquisa estudos complementares aplicados às colunas convencionais no sentido de introduzir modificações que permitam aumentar a eficiência do contato entre as partículas minerais e as bolhas de ar e, por conseqüência, obter níveis mais elevados de recuperação do mineral de interesse. Recentemente, foram propostos dois novos tipos de coluna, denominados coluna agitada e coluna de recheio. Essas colunas possuem dimensões similares as da coluna convencional, porém apresentam alterações nas suas características internas.

A coluna agitada é constituída de um sistema de agitação mecânico instalado ao longo da seção de coleta da coluna. Esse sistema de agitação tem como principal função promover um contato mais eficiente entre as partículas minerais e as bolhas de ar. A Coluna de Recheio foi desenvolvida inicialmente para aplicação na Engenharia Química e, posteriormente, foi adaptada pelo Professor David C. Yang para concentração de minérios pelo processo de flotação (Yang, 1988). Embora a coluna de recheio seja semelhante à coluna convencional, ela não dispõe de um sistema específico para geração de bolhas e tem o seu interior preenchido com um leito de recheio. Esse recheio preenche toda a seção interior da coluna, desde a entrada de ar na sua base até o transbordo do material flotado. Sua função consiste em promover a geração das bolhas de ar, aumentar o comprimento das seções de recuperação e limpeza devido ao percurso maior das partículas, bolhas de ar e água de lavagem ao longo das placas corrugadas, reduzir o coeficiente de mistura da polpa e produzir uma camada de espuma com altura elevada.

Embora as colunas agitada e de recheio tenham sido introduzidas há algum tempo no processo de flotação, sua aplicação industrial ainda é muito limitada. Nos últimos anos, vários estudos foram realizados em diferentes países visando principalmente a implantação de colunas de recheio. Entretanto, não se registrou nenhuma pesquisa com objetivo de avaliar a aplicação destas colunas à concentração de minérios brasileiros.

Nessa investigação propôs-se avaliar o desempenho e comparar a eficiência das colunas convencional, agitada e de recheio na flotação da apatita, utilizando-se amostras de minério fosfático de Araxá, MG (Arafertil) e de Tapira, MG (Fosfertil). Em ambos os casos, foram avaliados os comportamentos das frações de granulometria mais grossas dos minérios processados industrialmente.

No desenvolvimento deste trabalho são apresentados e revisados os princípios básicos das células de flotação e a hidrodinâmica das colunas. Posteriormente, são apresentadas as diversas etapas do estudo, quais sejam: coleta, preparação e caracterização das amostras; construção das colunas convencional e agitada; importação da coluna de Recheio; instalação do circuito piloto com as três colunas; estudo de variáveis de processo e operacionais para cada tipo de coluna; amostragem; análise e discussão dos resultados dos testes.

As pesquisas permitiram mostrar que a coluna convencional apresentou níveis satisfatórios de recuperação de apatita com baixa seletividade, e a coluna de recheio demonstrou uma elevada seletividade na flotação de apatita em relação aos minerais de ganga, com baixa recuperação. Em função disto, foi idealizada uma coluna que aproveitasse simultaneamente as características positivas das colunas convencional e de recheio. Para isso foi construída e testada uma coluna, denominada modificada, constituída da coluna convencional na seção de coleta e da coluna de recheio na seção de limpeza. Essa coluna foi utilizada na realização de um programa de testes e os resultados obtidos apresentaram níveis satisfatórios na recuperação de apatita e alta seletividade no processo de flotação.

Embora o estudo de aplicações desta nova concepção de coluna deva ser estendido a outros tipos de minérios brasileiros e uma série de ajustes de condições operacionais possam contribuir para melhorias no processo, entende-se que a potencialidade de uso desta coluna é extremamente promissora. Assim, a indústria mineral brasileira poderá ter benefícios significativos, em diferentes tipos de circuitos, com a utilização desta nova concepção de coluna de flotação para o beneficiamento de minérios mais complexos ou que necessite de um grau de pureza mais elevado nos seus concentrados.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1. INTRODUÇÃO

A flotação é um dos processos de concentração de minérios mais utilizado na indústria mineral. Esse processo foi patenteado no início do século, em 1906, e tem tornado possível o aproveitamento de minérios complexos e/ou com baixo teor, de forma econômica e com rendimentos satisfatórios. A sua aplicação foi inicialmente realizada com os minerais de flotabilidade natural, grafite e molibdenita, e sulfetados, tais como: galena, calcopirita, pirita, esfalerita, etc. Posteriormente a sua aplicação foi estendida aos minerais oxidados, de maior complexidade para concentração pelo processo de flotação, tais como: quartzo, cassiterita, apatita, willemita, etc. Essa maior complexidade é função das características físico-química das superfícies das partículas minerais, da presença de finos naturais, dos tipos de reagentes existentes, do grau de liberação, etc.

O processo de flotação consiste basicamente na adesão seletiva de partículas minerais dispersas em um meio aquoso às bolhas de ar. A teoria de flotação é complexa e baseia-se nas diferenças das propriedades físico-química das superfícies das partículas minerais (*Glembotskii, 1972*). Uma condição básica para que ocorra a concentração dos minerais de interesse pelo processo de flotação é que estes estejam liberados dos minerais de ganga. Para isto, o minério extraído de uma jazida deverá ser inicialmente cominuído através dos processos de britagem e moagem até atingir a granulometria de liberação dos minerais.

As propriedades de superfície das partículas minerais são alteradas através da adição de reagentes específicos na polpa. Esses reagentes podem ser classificados em: **coletores, depressores, ativadores, espumantes e reguladores de pH**. Os reagentes **coletores** são adsorvidos física ou quimicamente sobre as superfícies dos minerais flotáveis tornando-os hidrofóbicos, ou seja, repelentes à água e aderentes às bolhas de ar. Os **depressores**, ao contrário dos coletores, são adsorvidos nas superfícies dos minerais não flotáveis tornando-os hidrofílicos, ou seja, com afinidade pela água e consequentemente sem adesão às bolhas de ar. Os **ativadores e reguladores de pH** modificam a carga superficial das partículas minerais tornando mais seletiva a adsorção

dos reagentes coletores e/ou depressores. Os **espumantes** são reagentes não iônicos que têm como principal função diminuir a tensão superficial da água, para aumentar a estabilidade da camada de espuma formada, e ajustar o tamanho das bolhas para permitir a coleta de partículas minerais com diferentes tamanhos.

Para separação e concentração dos minerais de interesse a polpa condicionada com os reagentes é alimentada em uma máquina de flotação que tem como função básica gerar as bolhas de ar, promover o contato partícula-bolha e separar os minerais flotados dos não flotados. Isto envolve uma série de subprocessos que varia com relação ao tempo e espaço na máquina de flotação, desde a coleta das partículas pelas bolhas de ar até a separação dos minerais de interesse em relação aos minerais de ganga. As propriedades físicas e químicas das superfícies das partículas minerais a serem tratadas e suas interações com reagentes e bolhas de ar são fundamentais para o desempenho da flotação.

II.2. MÁQUINAS DE FLOTAÇÃO

A importância da flotação como processo de concentração de minerais tem acarretado o desenvolvimento e aprimoramento das máquinas ou células de flotação (Young, 1982). Considerando a grande variabilidade nas características físicas e químicas e nas condições de flotabilidade dos diferentes minerais a serem tratados, torna-se importante avaliar o desempenho do processo de flotação para um determinado minério, utilizando diferentes condições e tipos de máquinas de flotação. Em alguns casos a escolha adequada desses equipamentos pode alterar o fluxograma do circuito, as condições operacionais e as dosagens dos reagentes, tornando o processo mais econômico e com maior rendimento e seletividade. Por outro lado, a escolha incorreta pode inviabilizar o aproveitamento de um determinado mineral.

As máquinas de flotação devem ser capazes de realizar uma série de funções simultâneas com o objetivo de obter uma maior eficiência no processo de concentração.

As principais funções das máquinas de flotação são:

- **manter as partículas minerais em suspensão** - para isso é necessário que a polpa esteja submetida a um determinado grau de agitação de tal forma que a velocidade ascendente das partículas na polpa seja superior a sua velocidade de sedimentação;
- **gerar e dispersar as bolhas de ar** - bolhas com tamanho adequado à coleta de partículas com diferentes tamanhos devem ser geradas. Além disso, as máquinas de flotação devem promover uma boa dispersão das bolhas de ar em toda polpa favorecendo o contato partícula-bolha;
- **coletar seletivamente e transportar o mineral de interesse** - promover a colisão eficiente das partículas minerais com as bolhas de ar para que ocorra a adesão seletiva das partículas hidrofóbicas às bolhas e o movimento ascendente do agregado partícula-bolha para a camada de espuma.

As máquinas de flotação são também responsáveis por outras funções secundárias, tais como: manter a mesma oportunidade de contato e adesão às bolhas de ar para todas as partículas minerais; minimizar ao máximo o “by-pass” ou curto circuito das partículas; evitar a formação de espaço morto, para não reduzir o volume efetivo da máquina e conseqüentemente o tempo de residência das partículas; promover pequena turbulência na interface polpa-espuma, de forma a minimizar o arraste das partículas hidrofílicas e oferecer condições adequadas na camada de espuma que permitam a drenagem das partículas hidrofílicas e a limpeza do material flotado.

Existe uma grande variedade de máquinas de flotação com diferentes características (*Harris, 1976*). Os principais fatores a serem considerados na avaliação da performance de uma máquina de flotação são:

- desempenho representado por teor e recuperação do mineral de interesse;
- capacidade em toneladas por hora de alimentação de sólidos por unidade de volume;
- custos operacionais por tonelada de sólidos alimentada;
- facilidade de operação.

Com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir os custos do processo de flotação foram desenvolvidos e aperfeiçoados ao longo dos anos diferentes tipos de máquinas. Estas podem ser divididas em três classes principais:

- células mecânicas;
- células pneumáticas;
- células de coluna.

A seguir é feita uma descrição sobre estes tipos de máquinas de flotação.

II.2.1. Células Mecânicas

As células mecânicas foram as primeiras a serem desenvolvidas para utilização no processo de concentração de minérios por flotação (*Young, 1982*). Estas células apresentam como característica básica a seção retangular e a presença de um impelidor na parte central. Esse dispositivo tem como objetivo suspender as partículas minerais através da agitação da polpa na parte inferior da célula, promover a geração das bolhas de ar e o contato partícula-bolha. Para evitar a descoleta das partículas hidrofóbicas e o arraste hidráulico dos minerais hidrofílicos para a fração flotada existe uma região de baixa turbulência na parte superior da célula.

Estas células podem ser diferenciadas quanto ao fluxo de polpa e ao tipo de aeração utilizados (*Ebertes, 1986*):

- **quanto ao fluxo de polpa** - existem as células denominadas “cell to cell”, que possuem vertedouro entre cada compartimento, e “open flow”, com passagem livre da polpa;
- **quanto a aeração** - existem as células denominadas “supercharged”, onde o ar é fornecido de compressores e injetado sob pressão, e “self-aerating”, que usa a depressão criada pelo impelidor para sucção do ar e aeração da polpa.

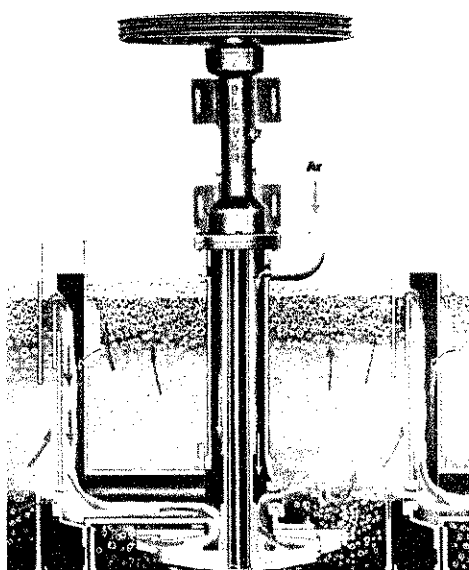
As primeiras células mecânicas foram do tipo “cell to cell”, porém devido à complexidade do projeto e o seu elevado custo de construção foram desenvolvidas as

células “open flow”. Na Figura II.1 tem-se uma representação esquemática desses dois tipos de células fabricados pela Companhia Denver. Na célula do tipo “cell to cell” (Figura II.1-a) a polpa flui de uma célula para outra através da sucção do impelidor da célula seguinte, permitindo o controle individual do nível de polpa de cada célula. Dessa forma, o transporte da polpa de um equipamento a outro é função da capacidade de bombeamento do impelidor de cada célula, permitindo a realização de vários estágios sem a necessidade de se utilizar bombas. Uma característica desse sistema é que toda polpa passa pelo menos uma vez através do impelidor garantindo a minimização do curto-circuito das partículas para a espuma. Esse tipo de célula tem as suas maiores aplicações em unidades piloto e industriais de pequena capacidade e que utilizam vários estágios de limpeza no circuito de flotação. Foram desenvolvidas células com volumes de até $14,2 \text{ m}^3$.

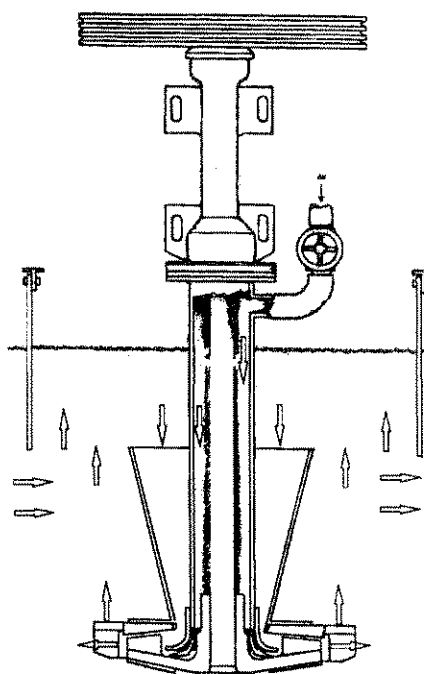
As células do tipo “open flow” (Figura II.1-b) são de tanque aberto, o que simplifica o controle e operação, mas aumenta a probabilidade de efeito de mistura na polpa. O mecanismo favorece a recirculação da polpa no sentido vertical da parte superior da célula para dentro da região do impelidor. Esse tipo de célula mantém uma mistura de polpa relativamente homogênea e uma boa distribuição de ar. A maior utilização das células “open flow” deve-se principalmente aos seguintes fatores:

- construção mais simples e de custo baixo;
- maior facilidade de operação;
- melhor suspensão das partículas grossas;
- maior capacidade.

Em função disto estas células tem uma maior aplicação e portanto estão sendo fabricadas por diferentes companhias apresentando detalhes construtivos específicos. A principal diferença de um fabricante para outro consiste na geometria do tanque e no desenho do rotor (impelidor e difusor).



a) "Cell to Cell"



b) "Open Flow"

Figura II.1 – Desenho esquemático das células mecânicas

Nas Figuras II.2 e II.3 estão as representações esquemáticas dos diferentes tipos de tanques e rotores projetados e construídos pelos principais fabricantes de células mecânicas do tipo “open flow”. As modificações introduzidas pelos fabricantes nas células mecânicas têm como objetivo reduzir o consumo de reagentes, produzir melhor dispersão das bolhas de ar na polpa, melhorar a flotação de partículas finas através da geração de bolhas com tamanho menor e principalmente reduzir o custo geral da instalação. Essa redução tem sido obtida através das seguintes alternativas:

- aumento do volume das células reduzindo o número de equipamentos utilizados, o consumo de energia elétrica, os custos de manutenção e a quantidade de operadores. Alguns dos modelos de células mecânicas tem sido fabricados com volumes de até 100 m³;
- mudanças no projeto das células levando à fabricação de equipamentos menos complexos e de manutenção mais simples;
- utilização de materiais alternativos, tais como cerâmica, borracha, poliuretano expandido e outros para revestimento de proteção contra o ataque de reagentes químicos, abrasão e corrosão.

Embora as células mecânicas tenham tido avanços significativos, a sua utilização não tem proporcionado a obtenção de resultados satisfatórios no processo de flotação de alguns minerais devido às suas características físicas e químicas e aos princípios de funcionamento dessas células, tais como:

- utilização do sistema mecânico de agitação da polpa para suspensão das partículas minerais e geração das bolhas de ar. Isto tem o inconveniente de gerar bolhas de tamanhos inadequados à coleta e transporte de partículas de diferentes granulometrias. Por exemplo, para promover a suspensão de partículas grossas na polpa é necessária uma maior agitação acarretando a formação de bolhas de menor tamanho, inadequadas à coleta e transporte destas partículas;
- elevada turbulência na polpa e pequena altura de camada de espuma. Isto apresenta como inconveniência promover o arraste hidráulico das partículas hidrofílicas para a

fração flotada, consequentemente, reduzindo o teor do mineral de interesse nesta fração.

Com o objetivo de reduzir o arraste hidráulico das partículas hidrofílicas e consequentemente elevar o teor do mineral de interesse na fração flotada foi estudada e introduzida em algumas plantas industriais a lavagem da camada de espuma (*Kaya e Laplante, 1990*).

Na década de 50, a Universidade de Leeds da Inglaterra desenvolveu uma nova célula mecânica. A **Célula Leeds**, conforme apresentada na Figura II.4, tem um aspecto semelhante ao das células mecânicas e seu desenvolvimento foi iniciado pelo professor Dell (*Dell e Jenkins, 1976*). Os primeiros testes realizados com esta célula mostraram o seu potencial com relação à seletividade, quando comparado às células mecânicas convencionais (*Degner e Person, 1991*). Para suspensão da polpa e dispersão do ar injetado, a célula possui na sua parte inferior, próximo do ponto de alimentação da polpa, um sistema constituído de impelidor e difusor idêntico ao das células mecânicas. O ar é introduzido através de dois tubos que descem verticalmente na parte central. A principal diferença com relação as células mecânicas consiste na separação da polpa em compartimentos verticais através de tubos posicionados horizontalmente. Cada estágio de separação é realizado através de duas fileiras de tubos posicionadas uma sobre a outra. As fileiras inferior e superior são constituídas de tubos com densidades inferior e superior à da polpa, respectivamente. Tal arranjo acarreta o deslocamento das barras com menor densidade para cima e as de maior densidade para baixo levando ao seu empacotamento. Para que este deslocamento seja pequeno as barras estão praticamente fixas em suas extremidades. O empacotamento das barras acarreta uma maior dificuldade na passagem do fluxo no sentido ascendente, principalmente das partículas minerais não coletadas pelas bolhas de ar, que são normalmente arrastadas hidráulicamente. Isso associado ao refluxo de água, introduzido no topo da célula e percolado para baixo, acarreta um aumento na limpeza do material flotado e consequentemente na seletividade do processo de flotação. O maior índice de seletividade obtido na célula Leeds tem acarretado uma redução no número de estágios de limpeza do circuito de flotação para o processamento de determinados tipos de minérios.

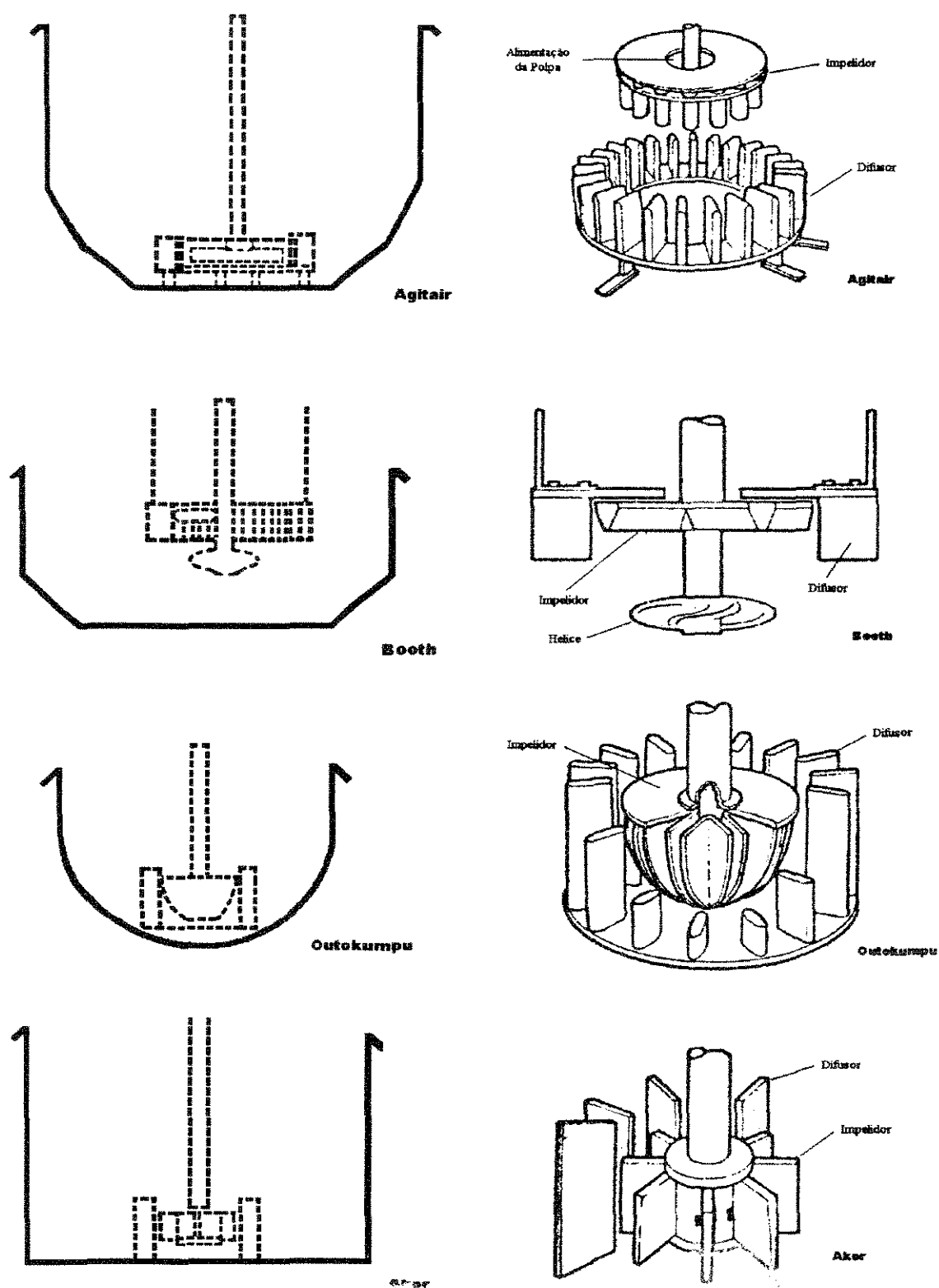


Figura II.2 – Desenho esquemático de tanques e rotores das células mecânicas Agitar, Booth, Outokumpu e Aker

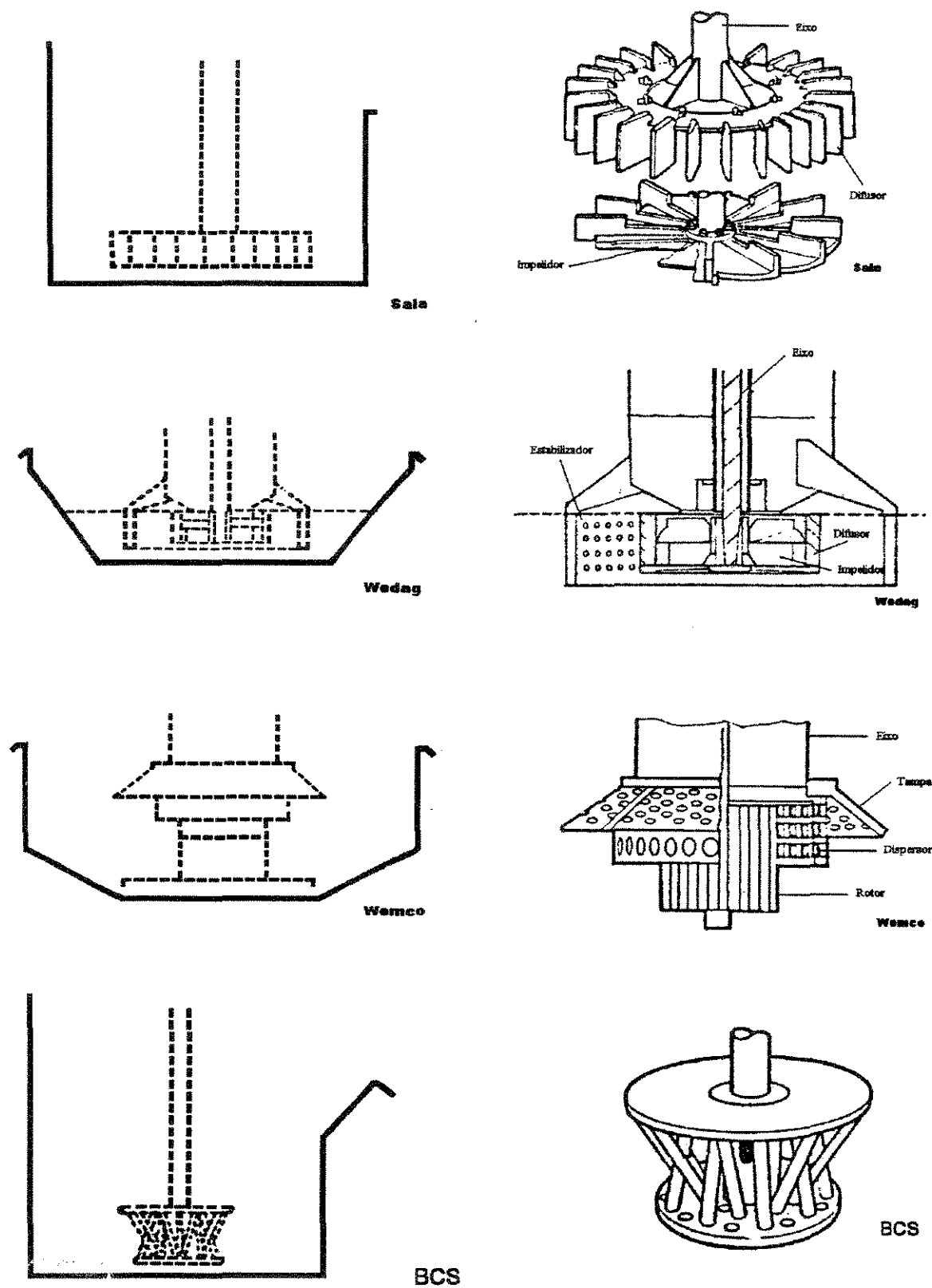


Figura II.3 – Desenho esquemático de tanques e rotores das células mecânicas
Sala, Wedag, Wemco e BCS

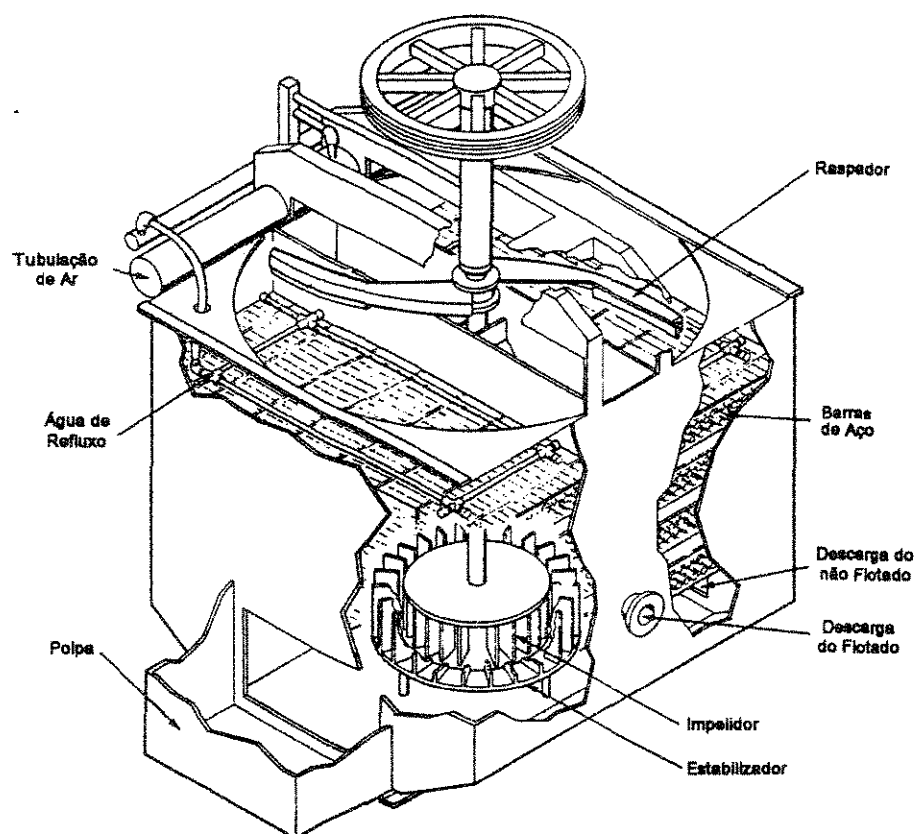


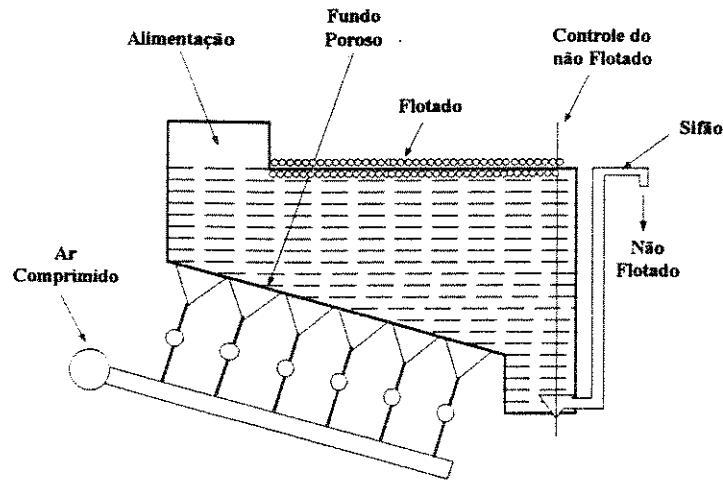
Figura II.4 – Desenho esquemático da célula Leeds

II.2.2. Células Pneumáticas

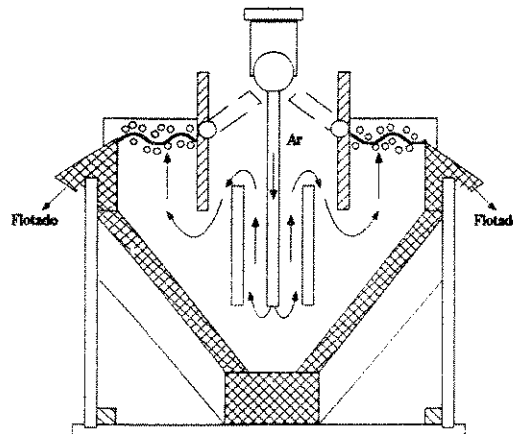
As células pneumáticas foram desenvolvidas com o objetivo de suprir algumas deficiências das células mecânicas. A principal diferença das células pneumáticas com relação as células mecânicas deve-se à inexistência de impelidores para agitação da polpa, geração e dispersão das bolhas de ar. O princípio básico das células pneumáticas consiste na geração e dispersão das bolhas de ar na polpa, independente do sistema de agitação da polpa na célula. As primeiras células pneumáticas podem ser classificadas de acordo com o sistema de injeção de ar (*Silva, 1997*):

- máquinas com tela (Figura II.5-a), nas quais o ar é injetado na parte inferior do equipamento através de um fundo poroso ou rotor oco revestido por uma camisa perfurada;

- máquinas sem tela (Figura II.5-b), nas quais o ar é injetado através de um tubo na parte superior do equipamento de modo a promover uma intensa circulação da polpa.



a) com tela



b) sem tela

Figura II.5 – Desenho esquemático das células pneumáticas com e sem tela

Posteriormente foram desenvolvidos outros tipos de células pneumáticas (*Imhof et al., 1993*), onde existe um contato mais eficiente entre as partículas minerais e as bolhas de ar. Na Figura II.6 tem-se uma representação esquemática de uma célula pneumática desenvolvida na Alemanha pelo professor Bahr. Esta célula é constituída de um ou vários sistemas denominados aeradores, onde ocorre o contato e coleta das

partículas minerais pelas bolhas de ar, e um tanque, onde as fases flotada e não flotada são separadas. Neste tipo de célula pneumática a polpa condicionada com os reagentes e as bolhas de ar são contactadas em regime de fluxo turbulento no aerador, onde ocorre a dispersão das bolhas de ar, o contato partícula-bolha e consequentemente a coleta das partículas hidrofóbicas. Após a adesão e coleta destas partículas a polpa é descarregada através de um tubo na parte inferior do tanque para separação das fases flotada e não flotada. As partículas coletadas são transportadas através da polpa e descarregadas por transbordo na parte superior do tanque em uma calha e as não coletadas saem pela parte inferior do mesmo através de uma válvula com controle automático do fluxo de polpa.

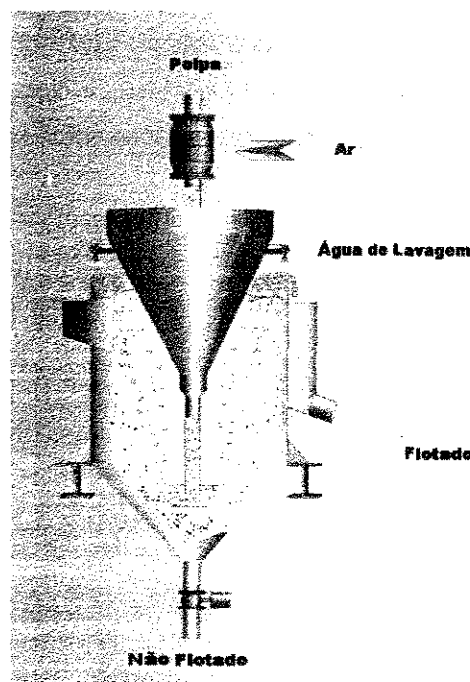


Figura II.6 – Desenho esquemático da célula pneumática do tipo Bahr

O detalhe do sistema de geração de bolhas utilizado neste tipo de célula e a respectiva curva de velocidade da polpa dentro do sistema estão também apresentados na Figura II.7. A polpa é alimentada no aerador, em sentido longitudinal, através de um orifício com diâmetro decrescente das bordas para o centro. Isto acarreta um aumento na velocidade da polpa atingindo o valor máximo no centro do aerador. O ar é injetado perpendicularmente no aerador através de pequenos orifícios. As bolhas geradas no

aerador são misturadas com a polpa para promover o contato e coleta das partículas hidrofóbicas. A alta velocidade da polpa obtida no aerador em função da redução do seu diâmetro (10 – 12 mm) tem como objetivo aumentar a mistura das partículas com as bolhas de ar e, conseqüentemente, a eficiência de coleta das partículas hidrofóbicas.

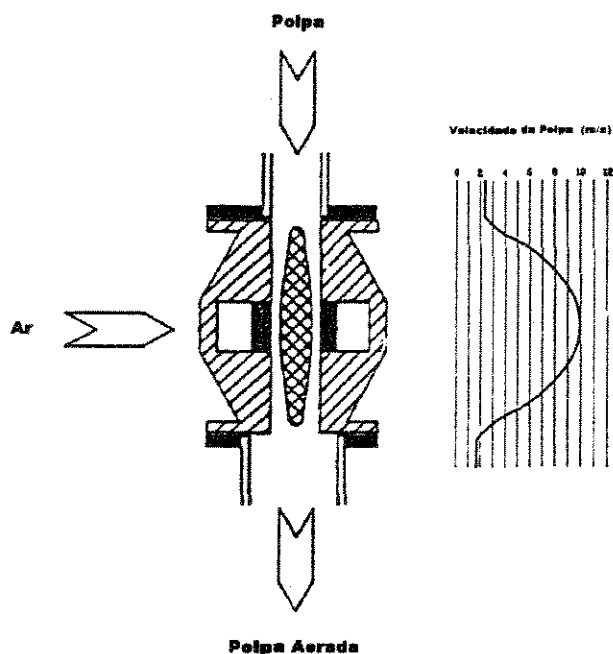


Figura II.7 – Sistema de contato partícula-bolha e a curva de velocidade da polpa

Os parâmetros normalmente utilizados para otimização do aerador nesse tipo de célula são: diâmetro do orifício para passagem da polpa; velocidade da polpa e diâmetro dos orifícios para passagem do ar.

Nessas células pneumáticas existem dois tipos de tanque para separação das fases flotada e não flotada. Ambos possuem formas similares, cilíndrico cônico, porém a alimentação da polpa pode ser realizada verticalmente de baixo para cima através da base do cone (Figura II.8) e horizontalmente na base do cilindro, sendo a polpa injetada de cima para baixo (Figura II.9).

A razão de fluxo volumétrico ar/polpa situa-se normalmente na faixa de 0,2 a 1,3, a velocidade da polpa no aerador é de 8 - 10 m/s, o tempo de contato da polpa com o ar é de milésimos de segundos, o tempo de flotação é menor do que 2,0 minutos e a potência é no máximo 50 % da consumida nas células mecânicas.

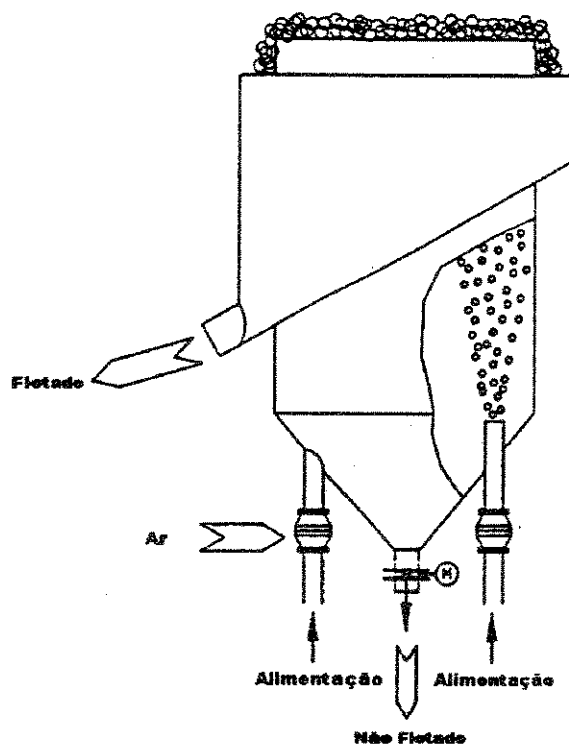


Figura II.8 – Alimentação da polpa na célula Bahr no sentido vertical

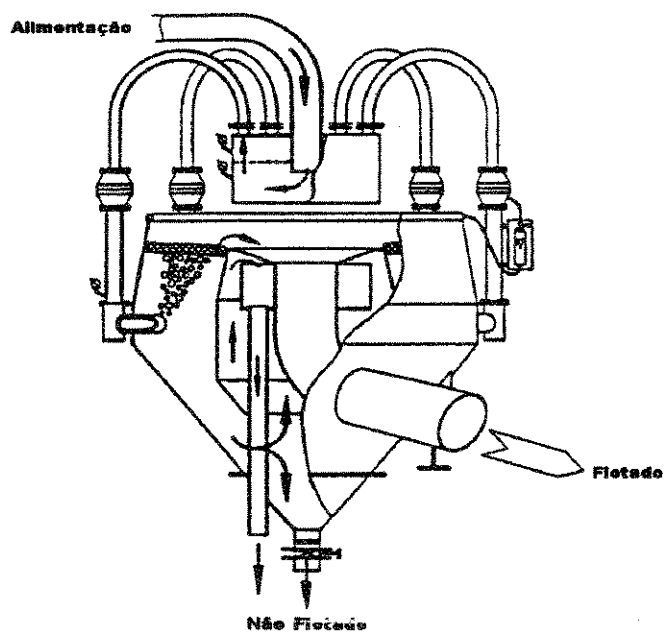


Figura II.9 - Alimentação da polpa na célula Bahr no sentido horizontal

Um outro tipo de célula pneumática são os **separadores de espuma** (*Guimarães e Peres, 1995*). Esses equipamentos foram desenvolvidos na antiga Rússia em 1961 paralelamente à invenção da coluna de flotação no Canadá. Ao contrário das colunas os separadores de espuma foram rapidamente introduzidos na indústria. Após uma década de sua invenção, aproximadamente, 8,0 (oito) milhões de toneladas de minério já tinham sido tratados por separadores de espuma. O seu princípio de funcionamento é diferente daquele das células pneumáticas, sendo caracterizado pela alimentação da polpa condicionada na parte superior da célula, sobre a camada de espuma, e não na região de polpa como ocorre nas células mecânicas e pneumáticas. As partículas hidrofóbicas são retidas na espuma, enquanto as hidrofílicas passam pela espuma e são descartadas na parte inferior. A alimentação é efetivamente filtrada através da espuma e condições extremamente favoráveis são criadas à adesão partícula-bolha.

As boas condições de flotação nos separadores de espuma originam-se dos seguintes fatores:

- grande interface ar-água na espuma;
- o tempo para a polpa passar através da espuma é longo em relação ao tempo disponível à adesão partícula-bolha ocorrer;
- a turbulência e a possibilidade de quebra do agregado partícula-bolha são pequenas;
- as partículas aderem à várias bolhas e o perímetro de molhabilidade é consequentemente muito maior, aumentando a força de adesão e portanto o tamanho médio das partículas que permanecem aderidas às bolhas de ar. O tamanho máximo de partícula que pode ser efetivamente flotada é cinco ou dez vezes superior ao tamanho limite da flotação em célula mecânica.

Devido as características acima, os separadores de espuma apresentam as seguintes vantagens com relação às outras células:

- flotação de partículas relativamente grossas;
- redução do consumo de energia devido ao favorecimento da cinética de flotação;

- redução de custos de moagem para minérios de liberação em granulometrias mais grossas, devido à possibilidade de flotação de partículas maiores.

Na Figura II.10 tem-se uma representação esquemática do separador de espuma. A polpa é introduzida no topo da máquina e flui para baixo em movimento curvilíneo através de “baffles” inclinados até atingir a camada de espuma. Nessa região a polpa é fortemente aerada e as partículas hidrofóbicas são coletadas. Para manter a elevada taxa de aeração da polpa existe na parte inferior da camada de espuma uma série de aeradores de borracha perfurada em posição horizontal. As partículas hidrofóbicas coletadas, são removidas pelo transbordo contínuo da espuma e as partículas hidrofílicas não coletadas, atravessam a camada de espuma, passam pelos aeradores, entram em uma pirâmide invertida e são descarregadas na parte inferior através de uma válvula. Neste tipo de célula a única turbulência existente é causada pelo movimento da polpa de alimentação, que pode ser reduzido utilizando uma alta concentração de sólidos na polpa.

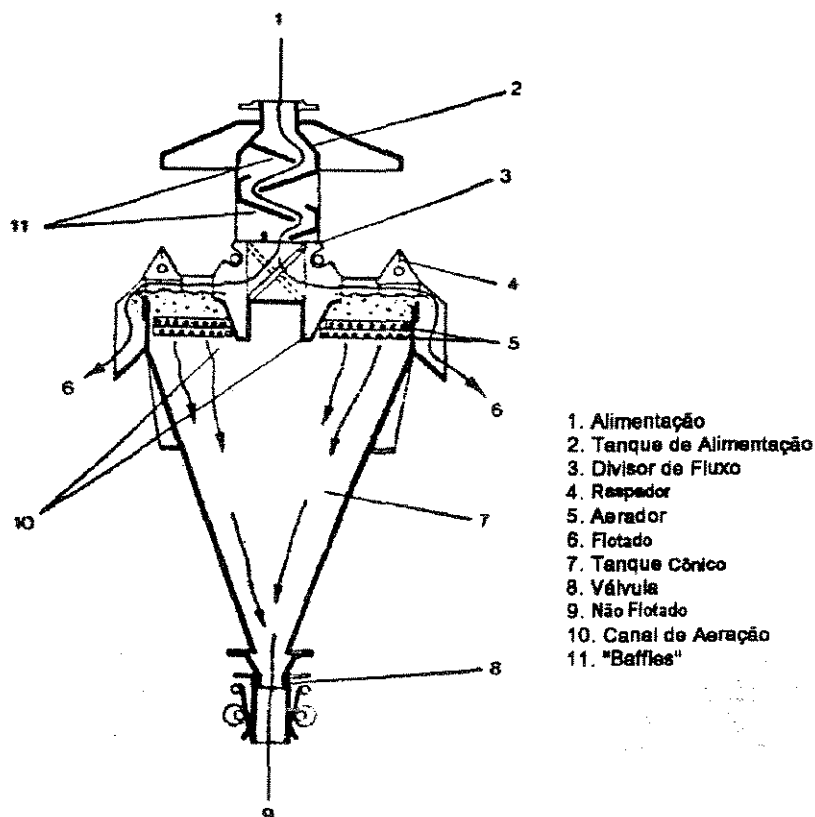


Figura II.10 – Desenho esquemático do separador de espuma

Os separadores de espuma tem capacidade para processar até 50 t/h de sólidos com 50 a 70% de sólidos na polpa de alimentação. Os aeradores são tubos de borracha com 40 a 60 furos por cm² e o ar é injetado sob pressão de 17 psi. Podem ser utilizados nas etapas “rougher”, “scavenger” e “cleaner”.

II.2.3. Coluna Convencional

Um avanço significativo na indústria mineral nos últimos anos foi a introdução da coluna no processo de concentração por flotação. A concepção básica da coluna foi desenvolvida no início da década de 60 por Boutin e Tremblay, que registraram no Canadá a primeira patente sobre esta tecnologia na flotação reversa de sílica de minério de ferro. A partir de então foram realizados os primeiros estudos experimentais em escala de laboratório por Wheeler e Boutin (*Wheeler, 1985*).

Nas primeiras duas décadas o desenvolvimento da coluna de flotação foi lento e restrito às unidades piloto. Algumas tentativas de unidades de maior porte foram feitas, contudo com muitos problemas mecânicos que quase inviabilizaram a continuidade de sua utilização. Finalmente, em 1981, ocorreu a primeira implantação industrial na Les Mines Gaspé, Canadá, substituindo um banco de células mecânicas na etapa “cleaner” de um circuito de flotação de molibdenita. Posteriormente, uma segunda coluna foi instalada nesta unidade industrial substituindo todo o circuito de células mecânicas.

Essas colunas foram também utilizadas para vários estudos que contribuíram notavelmente para o desenvolvimento desta tecnologia (*Dobby, 1984; Yianatos, 1987*). A partir daí o desenvolvimento e aplicação da tecnologia de flotação em coluna foi difundida em vários países, tais como Canadá (*Moon, 1988*), Austrália (*Espinosa e Johnson, 1991*), África do Sul (*Franzidis et al., 1991*), Brasil (*Aquino et al., 1992*) e Chile (*Schena e Casali, 1994*).

A Figura II.11 apresenta um cronograma simplificado de eventos que podem ser considerados importantes no desenvolvimento e na implantação das colunas de flotação. Pode-se verificar que houve um período de 20 (vinte) anos desde a invenção

da coluna até a sua primeira aplicação industrial. Após este período houve um rápido crescimento em sua aplicação industrial e novos tipos de coluna foram desenvolvidos.

No Brasil, os primeiros trabalhos em laboratório ocorreram em 1985 (*Furtado, 1985*) e a primeira implantação industrial data de 1990 (*Viana et al., 1991*). Até o momento foram registrados, no Brasil, cerca de 15 projetos industriais com utilização de colunas de flotação. Nestes projetos vem sendo utilizada somente a concepção da coluna convencional tipo canadense. Algumas vezes, isso tem acarretado a obtenção de níveis de teor e/ou recuperação abaixo dos desejados. Em função disto, nos últimos anos alguns pesquisadores têm procurado introduzir modificações na célula de coluna convencional, tipo canadense, ou substituí-la por outro tipo de célula mantendo alguns dos seus princípios. Embora tenham sido desenvolvidas diferentes concepções para as colunas de flotação, o tipo comumente conhecido como coluna canadense apresenta as características básicas utilizadas em unidades industriais. Na Figura II.12 está apresentado um desenho esquemático desse equipamento, com ênfase nos seus aspectos mais importantes para o processo.

A coluna convencional de flotação apresenta características diferentes da célula mecânica principalmente no que se refere a capacidade de geração de bolhas pequenas, as condições hidrodinâmicas de baixa turbulência e a possibilidade de eliminação do material hidrofílico arrastado para a espuma através da adição de água de lavagem. Neste contexto, a coluna difere da célula mecânica em quatro aspectos básicos:

- geometria (relação altura/diâmetro elevada);
- presença de água de lavagem;
- ausência de agitação mecânica;
- sistema de geração de bolhas.

Estas características diferentes da coluna com relação a célula mecânica têm permitido a obtenção de resultados melhores na coluna convencional, principalmente, na flotação de material com granulometria fina e na etapa de limpeza. A coluna é constituída das seções de recuperação e limpeza.

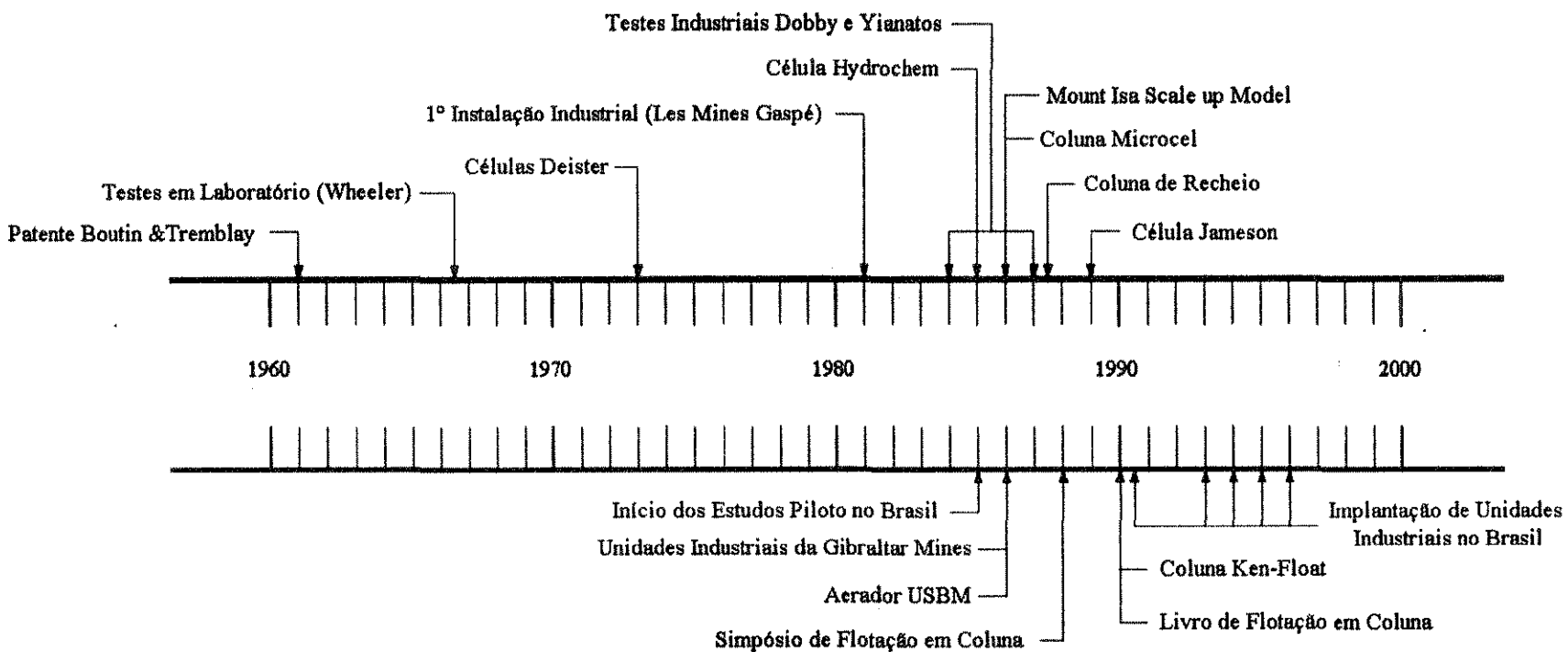


Figura II.11 – Eventos marcantes no desenvolvimento e aplicação das colunas de flotação

A **seção de recuperação** está compreendida entre o ponto de geração de bolhas, na base da coluna, e a interface polpa-espuma. Esta seção é responsável pela coleta das partículas hidrofóbicas através do contato entre as partículas minerais sedimentando, pela ação da gravidade, e as bolhas de ar em contracorrente. A eficiência do contato partícula-bolha na coluna é maior do que na célula mecânica em decorrência da natureza de colisão. Nas células mecânicas, as partículas e as bolhas se deslocam aproximadamente na mesma direção com velocidades absolutas elevadas. Na coluna, as partículas e as bolhas se deslocam em direções opostas com velocidades absolutas baixas, mas com velocidades relativas elevadas. Neste caso, é maior a probabilidade de ocorrência de contatos efetivos partículas-bolhas ao longo de toda a altura da seção de recuperação, o que pode acarretar um aumento na recuperação do mineral de interesse. A condição de baixa turbulência dessa seção reduz a descoleta, principalmente das partículas mais grossas, aumentando também a eficiência do processo. Outro fator importante para aumentar a eficiência de coleta das partículas na seção de recuperação é o controle do tamanho de bolhas, ou seja a geração de bolhas com tamanho adequado à granulometria do minério a ser flotado.

A **seção de limpeza** está compreendida entre a interface polpa-espuma e o transbordo da coluna. Nessa seção ocorre a limpeza do material flotado, principalmente pela ação de filtro da camada de espuma e da água de lavagem adicionada no topo da coluna. Após a coleta das partículas hidrofóbicas, os agregados partículas-bolhas são transportados através da seção de recuperação e atingem a seção de limpeza, onde encontram o fluxo descendente de água de lavagem. Na região imediatamente acima da interface ocorre um decréscimo significativo do conteúdo de minerais de ganga, acarretando um aumento no teor da fração flotada. Esse aumento pode ser atribuído à eficiente ação da água de lavagem que impede a entrada de partículas hidrofílicas arrastadas na base da espuma. A maioria das partículas hidrofílicas que foram arrastadas pelas bolhas e aquelas que passaram do ponto de alimentação à região de limpeza (curto-circuito) são deslocadas para a seção de recuperação. Além disso, a água de lavagem força o deslocamento da água de alimentação para o “underflow” da coluna, substituindo-a na fração flotada e evitando a sua contaminação. Em função disso, as células de coluna são capazes de produzir concentrados com teores superiores

aos obtidos em célula mecânica e níveis de recuperação equivalentes, permitindo sua aplicação com sucesso nas etapas “cleaner” dos circuitos de flotação.

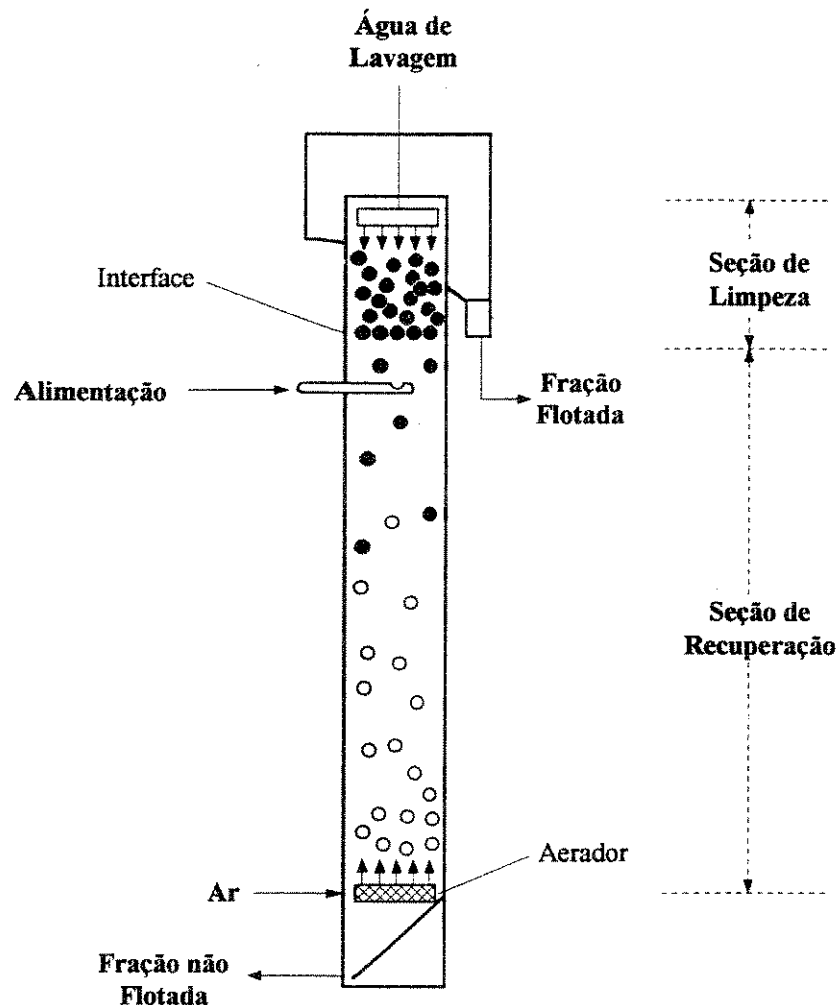


Figura II.12 - Desenho esquemático de uma coluna de flotação

II.2.4. Coluna Agitada

Para alguns tipos de minérios, caracterizados principalmente pela presença de partículas com granulometria grossa, o contato entre as bolhas de ar e as partículas minerais na seção de recuperação das colunas convencionais tem sido ineficiente acarretando a obtenção de baixos níveis de recuperação. Isso tem tornado, em alguns casos, inviável a aplicação da coluna na etapas “rougher” ou “scavenger”. Em função disso, nos últimos anos tem-se procurado introduzir algumas modificações na célula de coluna convencional ou substituí-la por outra mantendo alguns dos seus princípios.

A **Coluna Agitada** foi desenvolvida com o objetivo de aumentar a eficiência de coleta das partículas minerais pelas bolhas de ar (*Schneider e Weert, 1988*). Para isso, as dimensões básicas da coluna convencional foram mantidas e algumas características internas modificadas.

Em uma célula mecânica a agitação é necessária para suspender as partículas minerais, dispersar o ar e promover o contato partícula-bolha. Essas variáveis estão interrelacionadas e muitas vezes têm funções opostas. Isto é facilmente observado quando uma quarta variável é introduzida, tal como o tamanho de partícula. Sabe-se que em uma célula mecânica a intensidade de agitação está relacionado principalmente com o tamanho das partículas presentes na polpa, ou seja, quanto maior o tamanho das mesmas maior será a agitação necessária para mantê-las em suspensão. Sabe-se também que as bolhas de ar de maior diâmetro são mais eficientes na flotação de partículas grossas. Considerando que o tamanho das bolhas geradas é inversamente proporcional à intensidade da agitação, a energia aplicada à suspensão das partículas grossas acarretará a formação de bolhas de ar de tamanho inferior necessário à flotação dessas partículas. Além disto, o grau de agitação deve ser mantido o mais baixo possível na região das bolhas de ar carregadas para minimizar a descoleta das partículas grossas.

A interação entre os sólidos e as bolhas de ar é função dos processos de adesão e descoleta. A descoleta está diretamente relacionada com o nível de turbulência da polpa e com a taxa de carregamento das bolhas. Para um sistema ideal, constituído de partículas totalmente liberadas, com mineral de interesse tendo elevado índice de flotabilidade e os de ganga sendo não flotáveis, a eficiência de separação é função do arraste das partículas hidrofílicas e diminui progressivamente, para idênticas condições, com a redução do tamanho de partículas na alimentação.

Recentemente, foram publicados alguns trabalhos sobre a taxa de flotação de partículas com tamanhos entre 4,0 e 42,0 μm utilizando diferentes tamanhos de bolhas e intensidades de agitação (*Jameson, 1984*). Nesses estudos verificou-se que a taxa de flotação é fortemente dependente do tamanho da bolha e que um acréscimo no nível de turbulência da polpa aumenta a eficiência de coleta das bolhas grandes e reduz a das bolhas pequenas. Na prática, os resultados destes estudos demonstraram que a flotação

das partículas minerais finas é melhor realizada usando bolhas pequenas com baixa a moderada velocidade de agitação. Não existe nenhuma vantagem na agitação da polpa para velocidades acima daquelas necessária para obter completa suspensão das partículas minerais. No entanto, partículas grossas necessitam de níveis elevados de agitação simplesmente para suspendê-las na polpa.

Um dos conceitos incorporados no projeto da coluna agitada é a maximização do carregamento do mineral flotável nas bolhas de ar. Considerando um único estágio de flotação, a taxa de enriquecimento é fixa e está relacionada com o tamanho das partículas. Entretanto, quando as bolhas de ar carregadas com minerais de ganga são contactadas com uma polpa rica em minerais flotáveis em um estágio subsequente de flotação, sob condições adequadas de turbulência, ocorre a sua coalescência e redispersão das partículas acarretando novas adesões e descoletas. A coluna agitada pode então ser considerada como uma célula de flotação em múltiplos estágios com o fluxo em contracorrente entre o ar e a polpa. Da base para o topo, a polpa em cada estágio se torna mais rica em material hidrofóbico favorecendo a sua flotação.

Na Figura II.13 está apresentado um desenho esquemático da coluna agitada desenvolvida por Schneider e Weert. São identificadas cinco zonas distintas distribuídas da base para o topo da seguinte maneira:

- **Zona de suspensão** - esta localizada na base da coluna e tem como função suspender as partículas da fração não flotada antes de seu descarregamento da coluna;
- **Zona de dispersão do ar** - nesta zona a dispersão das bolhas de ar na polpa é realizada através da agitação controlada;
- **Zona de coleta** - nesta zona o grau de agitação da polpa deve ser de tal forma que maximize a eficiência de coleta e minimize a descoleta das partículas minerais a serem flotadas;
- **Zona de espuma** - esta zona deve ter um baixo grau de agitação. A sua altura pode ser reduzida para maximizar a recuperação ou aumentada para maximizar o teor;

- **Zona de lavagem** - nesta zona é feita a lavagem da espuma com o objetivo de maximizar o teor da fração flotada.

Embora a coluna agitada tenha como característica aumentar a eficiência de coleta das partículas minerais, não existe ainda uma aplicação consolidada desse tipo de coluna na concentração de minérios. Este é o primeiro trabalho que está sendo realizado com minério brasileiro utilizando esse tipo de coluna.

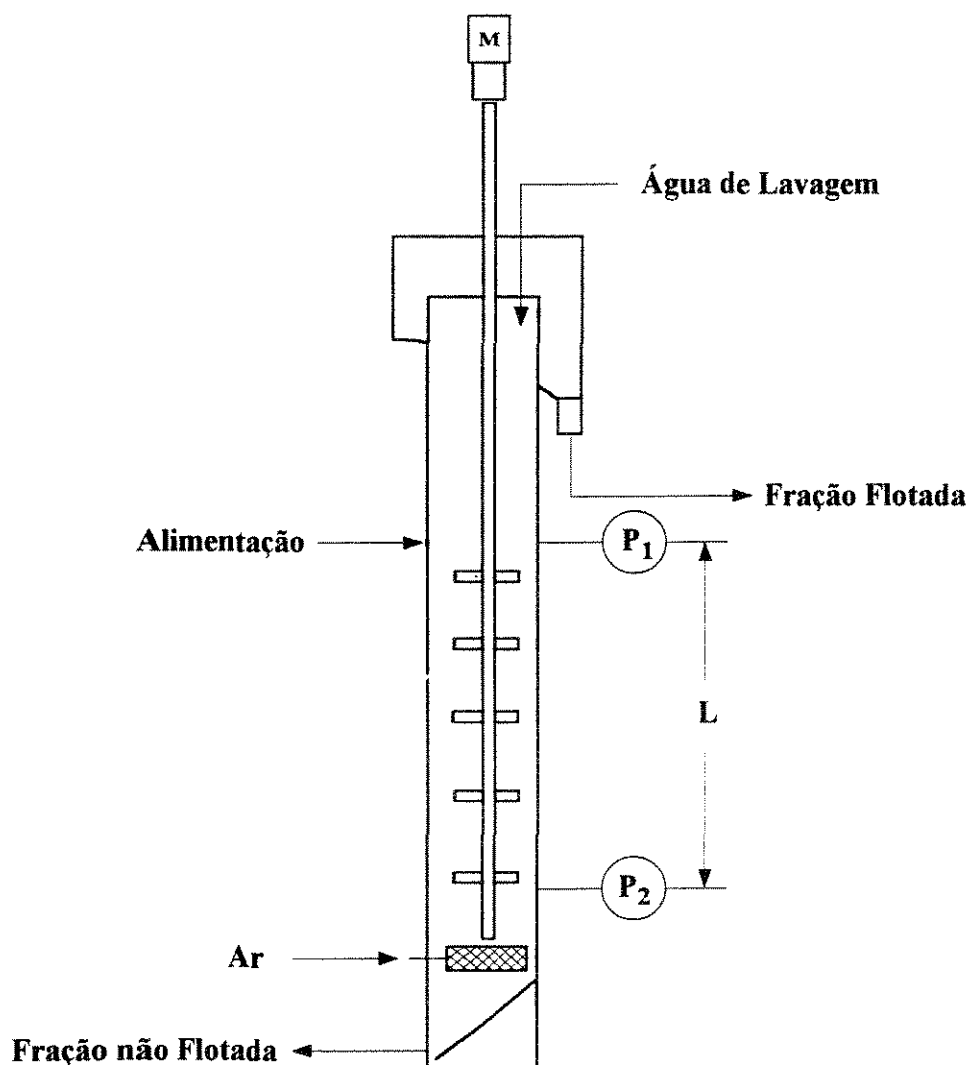


Figura II.13 - Desenho esquemático da coluna agitada

II.2.5. Coluna de Recheio

A **Coluna de Recheio** foi desenvolvida inicialmente para aplicação na Engenharia Química realizando a extração por solvente de metais utilizando fases líquido-líquido (*Stevens, 1994*) e foi posteriormente adaptada pelo professor David C. Yang do Instituto de Processamento de Materiais da Universidade Tecnológica de Michigan (U.S.A) para concentração de minérios pelo processo de flotação (*Yang, 1988*). Embora a coluna de recheio seja semelhante à coluna convencional e mantenha algumas de suas características, tais como relação altura/diâmetro elevada e adição de água de lavagem no topo da camada de espuma, difere por não possuir sistema para geração de bolhas e ter o seu interior preenchido com um leito de recheio.

Um desenho esquemático da coluna de recheio está apresentado na Figura II.14 e mostra que o recheio, projetado de forma a criar pequenas passagens tortuosas e aumentar o contato partícula-bolha, preenche toda a seção interior da coluna desde a entrada de ar na sua base até o transbordo do material flotado. Uma das estruturas mais efetivas para o recheio consiste de placas corrugadas empilhadas paralelamente em blocos que são montadas ao longo do eixo vertical da coluna formando um ângulo reto entre eles. O recheio tem como função:

- gerar bolhas pequenas e com distribuição relativamente uniforme através do choque do fluxo de ar com as placas corrugadas, dispensando o uso de aeradores;
- aumentar o comprimento da seção de recuperação em função do percurso percorrido pelas partículas e bolhas de ar ao longo das placas corrugadas, acarretando um aumento na probabilidade de contato e coleta das partículas hidrofóbicas;
- reduzir o coeficiente de mistura da polpa proporcionando um regime de fluxo laminar na região de contato e coleta das partículas;
- produzir uma camada de espuma com altura elevada em função do efeito de capilaridade existente entre as placas, permitindo a eliminação de partículas finas arrastadas na fração flotada.

O conjunto de fatores apresentados tem normalmente permitido a obtenção de níveis mais elevados de teor e/ou recuperação do mineral de interesse, principalmente para material com granulometria fina.

Na coluna de recheio, a alimentação da polpa condicionada com os reagentes é realizada em um ponto localizado aproximadamente no meio da coluna, o fluxo de ar, sem passar através de um sistema gerador de bolhas, em sua base e o de água de lavagem no topo da camada de espuma. Pela parte superior da coluna é descarregado o material flotado e pela inferior o não flotado. O nível da interface polpa-espuma é mantido constante através do controle da vazão do material não flotado. O ar injetado na base da coluna por meio de uma simples tubulação flui através da polpa e ao chocar com as placas corrugadas do recheio provoca a formação das bolhas de ar que coletam as partículas hidrofóbicas e as transportam para o transbordo na parte superior da coluna. A água de lavagem, adicionada na parte superior da camada de espuma, tem como principal objetivo eliminar as partículas hidrofílicas arrastadas e consequentemente produzir uma fração flotada com teor mais elevado do mineral de interesse. Uma característica importante da coluna de recheio é a possibilidade de trabalhar com alturas de camada de espuma elevadas, até mesmo abaixo do ponto de alimentação da polpa, permitindo uma maior seletividade no processo.

Testes realizados em laboratório (*Yang, 1990*) tem demonstrado que com o ajuste de alguns parâmetros, tais como: altura da camada de espuma, vazão de ar e de água de lavagem é possível obter concentrados com diferentes teores e recuperações do mineral de interesse.

Em testes realizados em escala piloto tem-se demonstrado que a capacidade e rendimento destas células podem ser obtidos linearmente, já que o volume entre as placas de recheio ("packing") permanece constante independente do volume das células.

A primeira aplicação da coluna de recheio foi no final da década de 70 para tratar minério de ferro, taconito, finamente moído. Em função do sucesso obtido foram realizadas, até o momento, várias outras aplicações da coluna de recheio para os seguintes materiais: carvão, talco, sulfetos de cobre, fluorita (*Ye e Yang, 1992*) e ouro.

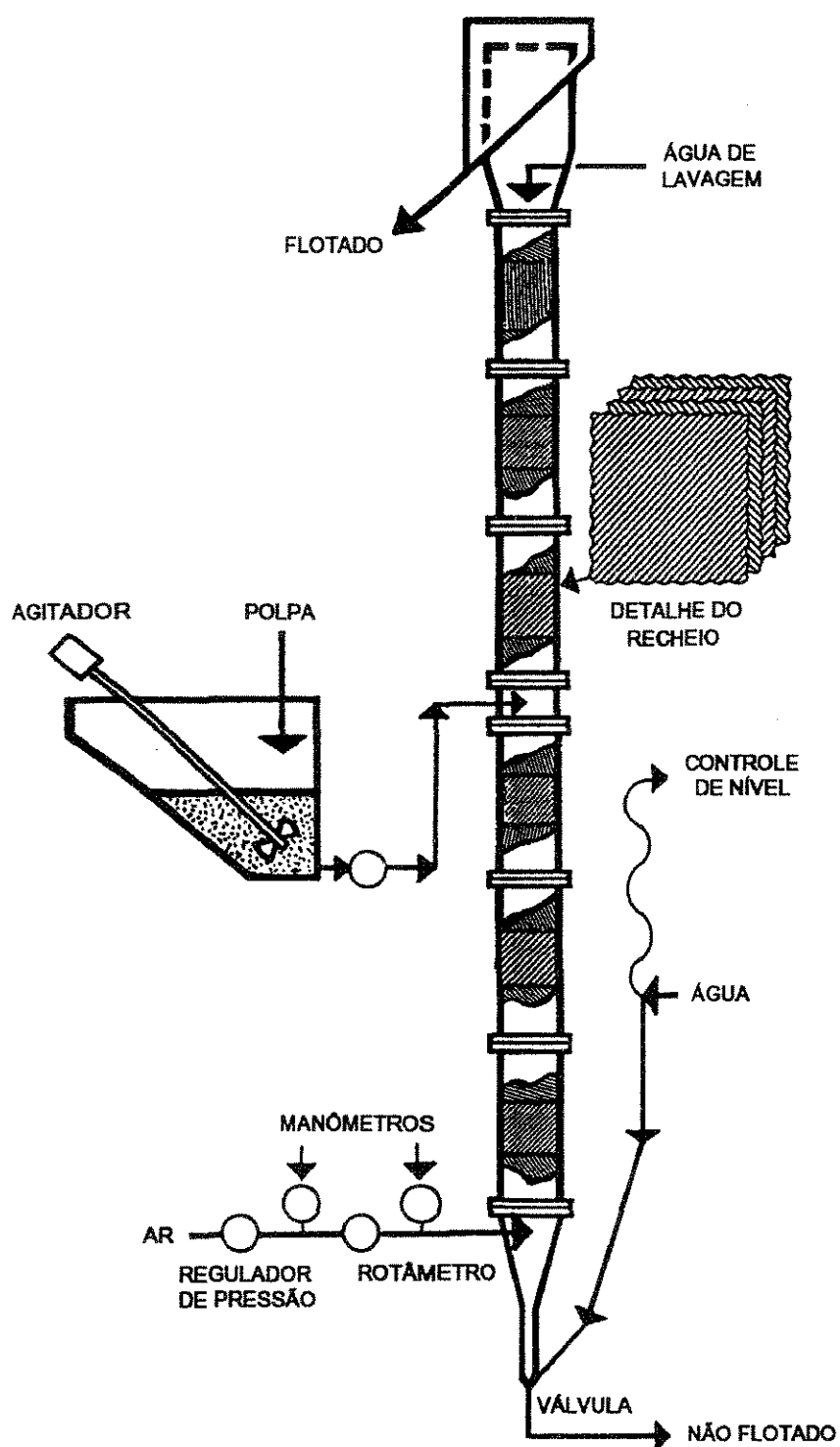


Figura II.14 – Desenho esquemático da coluna de recheio

II.2.6. Outras Células

Além das colunas convencional, agitada e de recheio existem outras células de especial interesse, tais como: **Célula Jameson**, **Contato**, **Centrifloat**, **Flotaire** e **Davcra**. Essas células diferenciam da coluna convencional principalmente por possuírem um sistema de alimentação que permite um contato mais eficiente entre as partículas minerais e as bolhas de ar e conseqüentemente a obtenção de níveis mais elevados de recuperação. Nessas células foi mantida a utilização de água de lavagem na camada de espuma para obtenção de concentrados com teores mais elevados. O contato mais eficiente entre as partículas minerais e as bolhas de ar tem acarretado uma redução significativa na altura da seção de recuperação destas células comparado com a da coluna convencional.

A seguir é feita uma descrição sobre esses tipos de células de flotação mostrando as suas principais características e diferenças em relação à coluna convencional.

A **Célula Jameson** foi desenvolvida na Austrália, no meio da década de 80, pelo professor Graeme Jameson da Universidade de Newcastle e Engenheiros da Mount Isa Mines em Queensland (*Clayton et al., 1991*). Nesta célula o contato entre as partículas minerais e as bolhas de ar é mais eficiente do que na coluna convencional.

Na Figura II.15 tem-se uma representação esquemática da célula Jameson. A polpa condicionada com os reagentes é alimentada na célula através de um tubo denominado “downcomer”. O movimento descendente da polpa dentro do tubo acarreta a sucção do ar e força a sua entrada através de um orifício localizado abaixo do ponto de alimentação da polpa, criando uma força para baixo em sentido contrário à tendência do movimento das bolhas. Tais forças, em sentidos contrários, entre a polpa e as bolhas de ar dentro do tubo, têm como principal vantagem a geração de bolhas pequenas e a obtenção de um elevado volume de ar (~ 60 %) dentro da polpa. Como resultado da elevada densidade de bolhas obtém-se uma alta eficiência de coleta das partículas minerais pelas bolhas de ar (*Harbort et al., 1994*). Para separação das fases flotada e não flotada, a polpa contendo as partículas coletadas pelas bolhas de ar e não coletadas é descarregada na célula pela parte inferior do tubo. As partículas coletadas são

transportadas para a parte superior da célula, onde normalmente é adicionada a água de lavagem, e descarregadas por transbordo em uma calha. A polpa contendo as partículas não coletadas são descarregadas pela parte inferior da célula através de uma válvula de controle para ajuste da altura da camada de espuma. A velocidade ascendente das bolhas mineralizadas no interior da célula pode ser ajustada de acordo com o tipo de mineral que está sendo concentrado. Pode variar de baixas velocidades, para partículas finas ou quando a célula está sendo usada na etapa de limpeza, a velocidades mais elevadas no caso de partículas grossas.

A célula Jameson, quando comparada com a coluna convencional, apresenta como principais vantagens econômicas, a redução da altura total e a eliminação do sistema de geração de bolhas e do compressor de ar. O tempo de residência é também significativamente menor, sendo de 10 – 20 segundos no “downcomer” e menos de 2 minutos na célula. Para uma mesma célula Jameson podem existir vários tubos “downcomer” acarretando um aumento significativo na sua capacidade e facilitando a sua estabilização mais rapidamente.

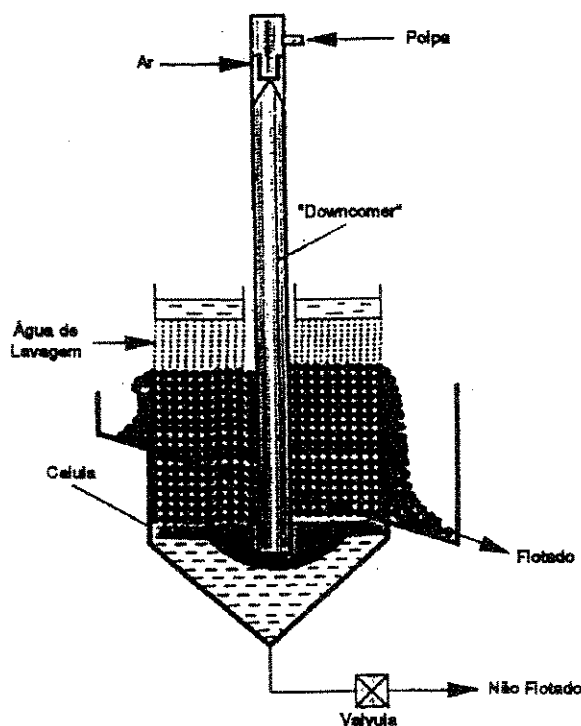


Figura II.15 – Desenho esquemático da célula Jameson

A **Célula de Contato** é caracterizada por possuir um sistema denominado reator (aerador e contactor), onde ocorre a geração das bolhas e coleta das partículas hidrofóbicas, e um tanque de separação, que é basicamente uma coluna convencional, onde ocorre a separação das fases flotada e não flotada (*Finch, 1995*). A principal diferença dessa célula com relação à convencional consiste na existência do contactor. A Figura II.16 representa esquematicamente uma célula de contato e mostra que o ar e a água são injetados em um aerador do tipo USBM/Cominco e as bolhas produzidas são imediatamente misturadas com a polpa alimentada no contactor acima da descarga do aerador. A mistura da polpa com as bolhas de ar são drenadas para baixo através do contactor, que opera sob pressão da ordem de 10 a 40 psi, permitindo o contato e coleta das partículas hidrofóbicas da mesma forma que ocorre na célula Jameson. Após a coleta das partículas hidrofóbicas a polpa é alimentada na parte inferior de uma coluna para que haja a separação das fases flotada e não flotada. A fração flotada, constituída de partículas hidrofóbicas, é transportada para a parte superior da coluna formando uma camada de espuma, que é lavada em contracorrente com água, e descarregada por transbordo em uma calha. A fração não flotada, constituída de partículas hidrofílicas, é descarregada pela parte inferior da coluna.

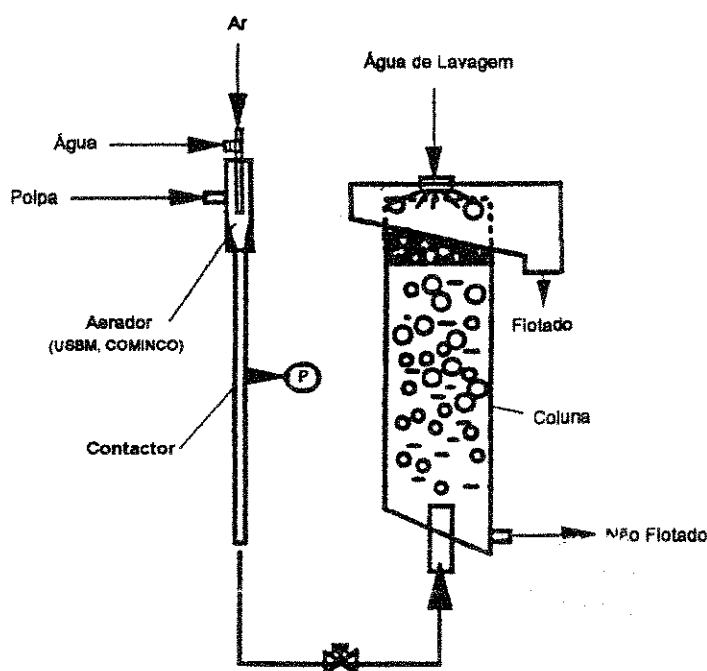


Figura II.16 – Desenho esquemático da célula de Contato

A célula **Centrifloat** (*Finch, 1995*), conforme apresentada na Figura II.17, é constituída de um tubo cilíndrico onde ocorre a primeira fase da flotação, ou seja, a geração das bolhas de ar e coleta das partículas hidrofóbicas, e uma caixa fixa na sua parte superior, onde ocorre a segunda fase, ou seja, a separação das partículas flotadas e não flotadas. A polpa condicionada com os reagentes é alimentada tangencialmente na parte inferior do tubo produzindo internamente um campo radial de alta gravidade. Para geração das bolhas, o ar é injetado através da superfície porosa do tubo promovendo o contato e a coleta das partículas hidrofóbicas. O campo de forças centrífugas estabelecido pela polpa dentro do cilindro acarreta o movimento das bolhas carregadas com as partículas hidrofóbicas para o centro do cilindro e as partículas não aderidas às bolhas para a parede. A fração flotada é transportada pelo centro do tubo até descarregar na camada de espuma no topo da caixa e a fração não flotada é transbordada pela parte superior do tubo e descarregada no fundo da caixa. Esta célula tem como principal característica uma elevada capacidade. A Universidade de Utah desenvolveu um tipo de equipamento denominado “Air-Sparged Hydrocyclone” baseado no princípio de funcionamento deste tipo de célula.

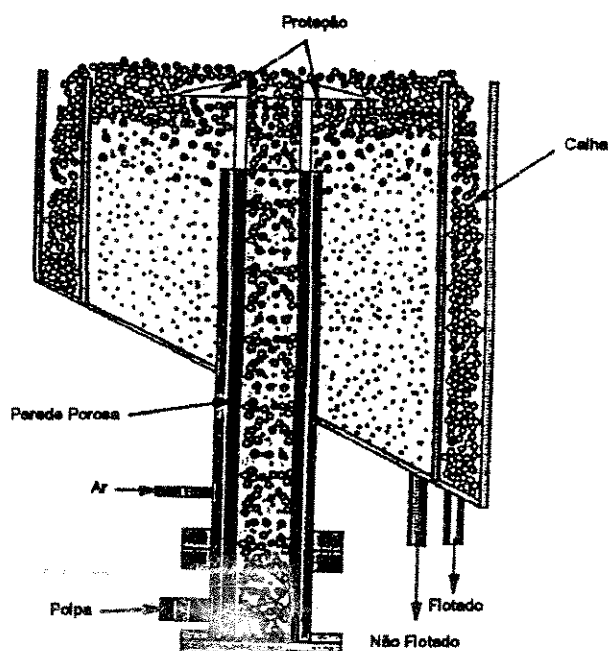


Figura II.17 – Desenho esquemático da célula Centrifloat

A **Célula Flotaire** (*Hollingsworth, 1981*) é semelhante a coluna convencional e foi desenvolvida com o objetivo de concentrar por flotação, principalmente, partículas grossas de fosfato da Flórida. Esta célula foi desenvolvida por Zipperian e Svenson e posteriormente comercializada pela Companhia Deister. Na Figura II.18 tem-se uma representação esquemática do equipamento mostrando o seu formato e os pontos de alimentação de polpa, de ar e descarga dos produtos. A polpa condicionada com os reagentes é alimentada na parte superior da célula através de um distribuidor. O ar é succionado para a base da coluna através do fluxo de água sob pressão. Essa forma de aeração dispensa o uso de aeradores e compressores, reduzindo o custo de investimento e operacional da célula. As bolhas de ar são geradas quando a mistura ar-água, injetada na base da coluna, flui em contracorrente com a polpa passando através de pratos perfurados. A mistura ar-água permite a suspensão das partículas minerais, dispersão das bolhas de ar na polpa e conseqüentemente a coleta das partículas hidrofóbicas. A água introduzida na base da coluna tem como função, além de succionar o ar para dentro da célula, diluir a polpa e aumentar a sua fluidez.

Nos últimos anos a Companhia Deister tem introduzido algumas modificações no projeto original, tais como: introdução de um sistema para lavagem da camada de espuma visando a elevação do teor do mineral flotado e substituição dos pratos perfurados e da água de sucção por aeradores. Esta célula tem permitido a obtenção de níveis de recuperação mais elevados para partículas grossas e finas quando comparado às células mecânicas.

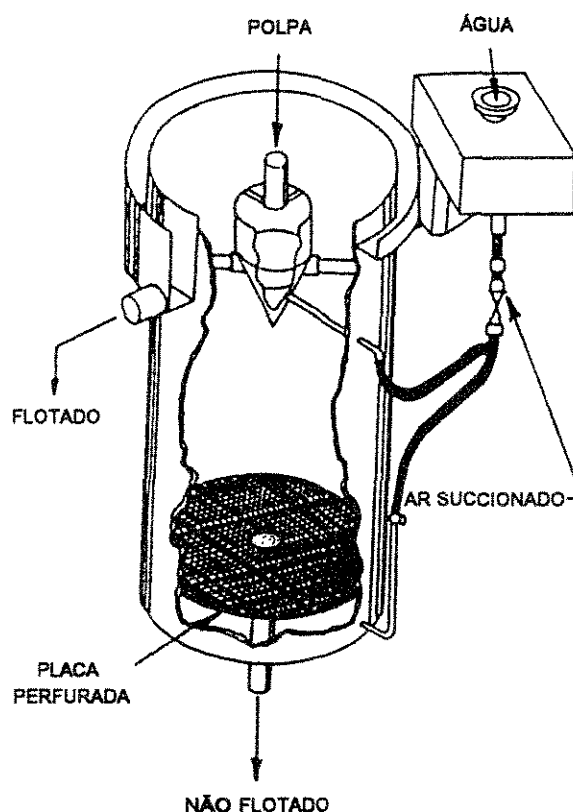


Figura II.18 – Desenho esquemático da célula Flotaire

A célula **Davcra** (Young, 1982) foi desenvolvida na Austrália no início da década de 60. Este equipamento, conforme apresentado na Figura II.19, é bastante simples, constituindo-se de uma caixa retangular aberta na parte superior. A polpa condicionada com os reagentes é alimentada perpendicularmente ao fluxo de ar em um sistema do tipo cilíndrico/cônico instalado na base externa da célula. Nesse sistema ocorre a mistura das partículas minerais com as bolhas de ar. A polpa aerada é descarregada dentro da célula numa região de elevada turbulência que evita a sedimentação das partículas e promove, de forma mais eficiente, a coleta das partículas hidrofóbicas. Existe na parte interna da célula, entre a alimentação da polpa e a descarga do rejeito, uma proteção em forma de placa para que não haja mistura das partículas hidrofóbicas com a fração não flotada. A célula Davcra embora não possua

sistema de água de lavagem pode suportar uma camada de espuma bastante espessa, proporcionando altas taxas de flotação e seletividade.

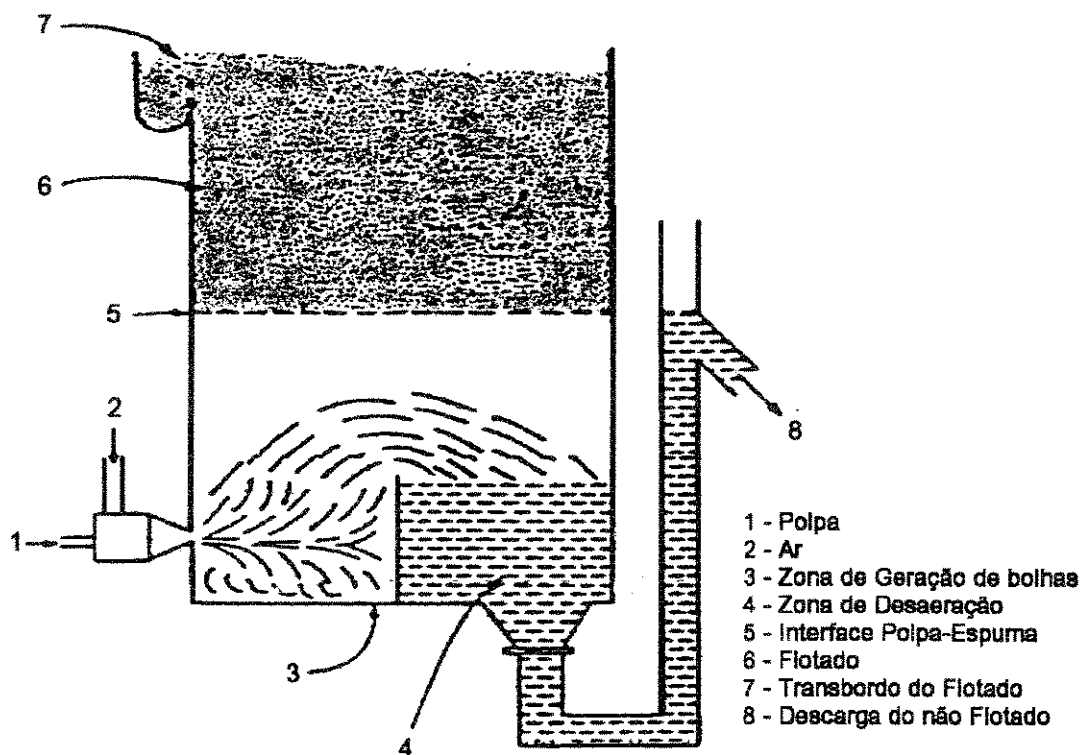


Figura II.19 – Desenho esquemático da célula Davcra

II.3. VARIÁVEIS DA COLUNA DE FLOTAÇÃO

As principais variáveis da coluna que influenciam no processo de concentração por flotação são (*Ynchausti et al., 1988*):

- vazão de ar;
- vazão de água de lavagem;
- altura da camada de espuma;
- altura da seção de recuperação;
- tempo de residência;
- “bias”;
- tipo de aerador;
- “hold up” do ar;
- tamanho de bolhas.

Essas variáveis podem ter efeito significativo sobre o teor e/ou a recuperação do mineral de interesse. Tais efeitos podem estar interrelacionados e, portanto, dificilmente serão avaliados isoladamente. A seguir serão feitos alguns comentários sobre cada variável.

II.3.1. Vazão de Ar

A vazão de ar é uma das variáveis mais importantes no controle do processo de flotação em coluna e tem um efeito significativo sobre a recuperação do mineral flotado. Dentro dos limites de estabilidade da coluna, a recuperação do mineral flotado é normalmente crescente com o aumento da vazão de ar até atingir o seu valor máximo. Este ganho na recuperação deve-se ao aumento do número e área superficial total de bolhas introduzidas na coluna. Entretanto, um acréscimo significativo da vazão de ar pode prejudicar o processo de flotação devido à turbulência ou formação de espuma na seção de recuperação da coluna.

A velocidade superficial do ar (J_g) é definida pela relação entre a vazão de ar (Q_g) nas CNTP e a área da seção transversal da coluna (A_c). Para condições típicas de operação a velocidade superficial do ar situa-se entre 1 e 3 cm/s.

$$J_g = \frac{Q_g}{A_c} \quad (\text{II.1})$$

A velocidade superficial média do ar (J_g^*) entre dois pontos da coluna a pressões P_c e P_t está relacionada com a velocidade superficial do ar em condições padrão (J_g) através da equação:

$$J_g^* = \frac{P_c J_g \ln\left(\frac{P_t}{P_c}\right)}{P_t - P_c} \quad (\text{II.2})$$

onde:

- P_c - pressão absoluta no “overflow” da coluna;
 P_t - pressão absoluta em qualquer ponto da coluna.

A velocidade superficial máxima de ar utilizada em uma coluna está limitada por:

- **perda de “bias” positivo** - um acréscimo da velocidade superficial do ar (J_g) acarreta um aumento do arraste de líquido da seção de concentração para a seção de limpeza elevando o valor do “hold up” do líquido na espuma e reduzindo a concentração de sólidos do material flotado. Como consequência, há uma redução na vazão volumétrica da polpa da fração não flotada podendo torná-la menor que a da alimentação e acarretando a perda do “bias” positivo;
- **perda do regime de fluxo** - o aumento da velocidade superficial do ar (J_g) pode acarretar a mudança do regime de fluxo da coluna de pistão (“plug flow”) para mistura perfeita. Essa alteração do regime de fluxo é ocasionada pelo aumento do tamanho das bolhas em função do aumento da vazão de ar;

- **perda da interface** - ao aumentar a velocidade superficial do ar (J_g), o “hold up” do ar aumenta na polpa e diminui na camada de espuma até atingir valores iguais nas duas seções. Quando isto ocorre verifica-se a presença de espuma em toda coluna e perda da interface;
- **insuficiência do aerador** - o projeto do sistema de aeração prevê a operação em uma determinada faixa de vazão de ar. Em função disto, não é possível trabalhar com valores de velocidades superficiais de ar (J_g) superiores aos especificados no projeto;
- **aumento do tamanho de bolhas** - o aumento da velocidade superficial de ar (J_g) acarreta um acréscimo no diâmetro das bolhas geradas, reduzindo a eficiência de coleta das partículas, principalmente, de granulometria mais fina.

II.3.2. Vazão de Água de Lavagem

Uma das grandes alterações da coluna de flotação em relação às células mecânicas é a introdução da água de lavagem na camada de espuma. Essa água tem três funções básicas:

- substituir a água de alimentação na fração flotada, minimizando o arraste hidráulico de partículas hidrofílicas;
- aumentar a altura e a estabilidade da camada de espuma;
- reduzir a coalescência das bolhas através da formação de um pacote de bolhas.

Com a adição de água de lavagem a coluna de flotação tem possibilidade de aumentar a seletividade do processo sem perda de recuperação.

A eficiência da água de lavagem está diretamente relacionada com a sua distribuição que deve abranger toda a área da seção da camada de espuma sem prejudicar o transbordo do material flotado.

Os distribuidores de água de lavagem podem ser classificados em externos e internos. O distribuidor externo é instalado acima da camada de espuma e apresenta as vantagens de estar protegido de entupimento por partículas sólidas e de permitir a sua

inspeção visual durante a operação. Entretanto, apresenta as desvantagens de requerer uma vazão maior de água para manter a relação entre a velocidade superficial de “bias” e da água de lavagem (J_b/J_w) constante, reduzindo a concentração de sólidos no material flotado. O distribuidor interno é instalado abaixo do transbordo da espuma e apresenta a vantagem de ser mais eficiente e produzir um material flotado com maior concentração de sólidos. Como desvantagens a inspeção é mais difícil, o entupimento dos orifícios é favorecido e parte da área transversal da coluna é obstruída. Os distribuidores internos são geralmente instalados entre 10 e 20 cm abaixo do nível do transbordo.

A velocidade superficial mínima de água de lavagem, J_w , será aquela necessária à formação de uma camada de espuma, prover o fluxo de “bias” adequado e fornecer a velocidade superficial do sólido no flotado (J_c) realizando seu transporte para o transbordo.

Um critério para estimar a quantidade de água de lavagem, através da sua velocidade superficial, é dada pela equação:

$$J_w = \frac{J_g \cdot \varepsilon_c}{1 - \varepsilon_c} + J_b \quad (\text{II.3})$$

onde

$$\varepsilon_c = \frac{J_c}{J_c + J_g} \quad (\text{II.4})$$

representa o “hold up” do sólido no topo da coluna e normalmente está na faixa de 0,1 a 0,2.

O efeito da água de lavagem nas colunas encontra-se ilustrado na Figura II.20, onde são comparados os fluxos de água numa coluna e numa célula mecânica. Na coluna, verifica-se que a água de lavagem tende a “substituir” a água da alimentação no material flotado e é distribuída entre essa fração e a que retorna à seção de recuperação. Cria-se, assim, um fluxo descendente de água que minimiza os efeitos de arraste hidráulico de partículas que possam contaminar o produto flotado.

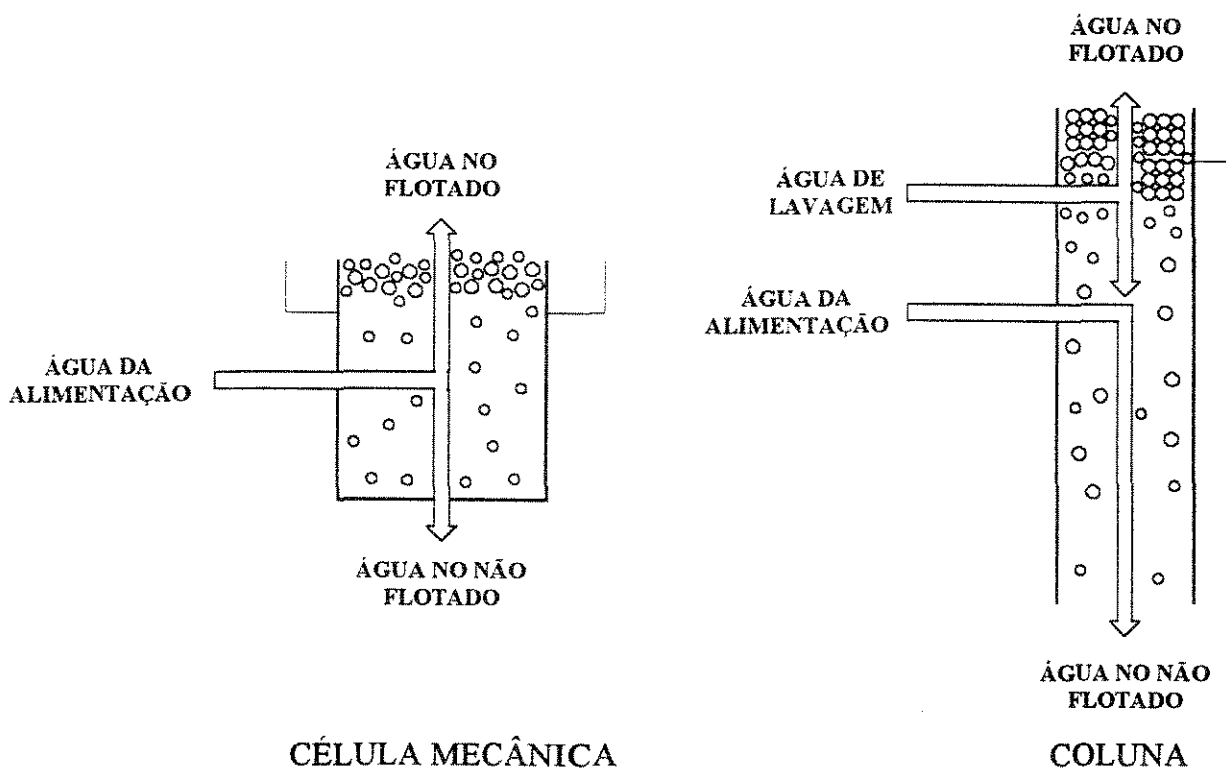


Figura II.20 - Representação esquemática dos fluxos de água na célula mecânica e na coluna de flotação

As limitações da velocidade superficial de água de lavagem (J_w) são:

- Fluxos de água de lavagem que fornecem uma velocidade superficial de “bias” (J_b) maior que 0,3 cm/s acarretam um aumento da mistura na camada de espuma. Para J_b maior do que 0,4 cm/s, verifica-se um aumento significativo da recirculação de líquido e a coalescência das bolhas, devido à mudança do regime de fluxo de “plug flow” para turbulento. Sob efeito da mistura, a água de alimentação pode ser arrastada para a espuma por curto-circuito, acarretando uma redução no teor da fração flotada;
- A utilização de J_b com valor elevado aumenta o consumo de água e acarreta uma diluição da fração flotada, dificultando e elevando os custos das etapas posteriores do processamento, ou seja, o espessamento e a filtração;
- O aumento no valor de J_b reduz o tempo de residência na seção de concentração. Isso se traduz na perda da recuperação ou da capacidade da coluna.

Para a escolha do valor adequado de J_w deve ser levado em consideração que a ação da água de lavagem é mais eficiente para velocidades superficiais de ar (J_g) mais baixas. Assim, para valores de $J_g > 2,0$ cm/s, deve-se aumentar J_w para fornecer uma velocidade superficial de “bias” (J_b), que minimize o arraste de água de alimentação para a espuma.

II.3.3. Altura da Camada de Espuma

A altura da camada de espuma é uma variável importante na seletividade do processo de flotação. As colunas de flotação geralmente trabalham com camadas de espuma que variam de 0,5 a 1,5 m. Em escala piloto, esses valores situam-se entre 0,4 e 1,0 m. Não existe uma regra geral para determinação da altura da camada de espuma. Se o arraste hidráulico constitui o problema básico do processo, uma camada relativamente baixa pode ser suficiente, uma vez que o arraste das partículas é eliminado próximo à interface, quando operando com velocidade superficial de ar moderada ($J_g < 1,5$ cm/s). Por outro lado, se o objetivo é obter seletividade entre as espécies hidrofóbicas ou se a taxa de ar é elevada, recomenda-se trabalhar com camadas de espuma maiores.

A camada de espuma pode ser dividida em três seções:

- leito de bolhas expandidas;
- leito de bolhas empacotadas;
- espuma de drenagem convencional.

A primeira seção, acima da interface polpa-espuma, é resultado dos choques das bolhas contra a interface, que gera uma onda de choques e, por consequência, a coalescência das bolhas formando um leito de bolhas expandidas. Esse fenômeno parece ser a principal causa da coalescência das bolhas numa região, onde há um elevado conteúdo fracional de líquido ($\epsilon_L > 26\%$).

A segunda seção, chamada leito de bolhas empacotadas, se estende desde o topo da primeira seção até o ponto de introdução da água de lavagem. Nessa seção, embora o conteúdo fracional de líquido ainda permaneça elevado, verifica-se uma coalescência

moderada das bolhas, causada pelo movimento das bolhas maiores que atravessam a camada de espuma, ainda com formato esférico.

A última seção ocorre imediatamente acima do ponto de introdução da água de lavagem e consiste de uma espuma de drenagem convencional. O conteúdo fracional de líquido é inferior a 20% e as bolhas apresentam uma forma hexagonal.

A altura da camada de espuma juntamente com a água de lavagem são duas variáveis de alta eficiência para a obtenção de maior seletividade do processo de flotação.

II.2.4. Altura da Seção de Recuperação

A altura da seção de recuperação e a sua relação com o diâmetro da coluna (H_c/D_c) têm um efeito significativo no desempenho da coluna. Para seções de recuperação com o mesmo volume, ou seja, com o mesmo tempo de residência, a recuperação é crescente com o aumento da relação H_c/D_c devido a redução do Número de Dispersão (N_d) e ao aumento do tempo de residência do líquido (devido a redução do fluxo volumétrico do “bias”) e das partículas minerais.

As limitações na utilização de elevados valores da relação altura da seção de recuperação/diâmetro da coluna (H_c/D_c) são:

- **capacidade de transporte do ar** - Para uma velocidade superficial de ar constante, a redução na área da seção transversal da coluna acarreta uma redução na vazão de ar. Para manter a recuperação de sólidos num mesmo nível seria necessário que a massa de sólidos carregada por unidade de volume de ar fosse superior àquela limitada pela capacidade de transporte do ar;
- **velocidade descendente do líquido** - Para uma dada vazão e concentração de sólidos na alimentação da coluna a redução na área da sua seção transversal acarreta um aumento significativo na velocidade descendente do líquido impedindo a ascensão de bolhas pequenas que serão arrastadas para o “underflow” da coluna.

Para condições típicas de flotação em coluna é recomendada uma relação $H_c/D_c = 10$. Entretanto, devido aos volumes de polpa processados em escala industrial, a relação altura/diâmetro tem se tornado cada vez menor aumentando o coeficiente de mistura axial da polpa e, conseqüentemente, reduzindo a recuperação do mineral de interesse. Para manter o coeficiente de mistura em nível adequado tem sido necessário a utilização de divisões internas na coluna – denominadas “baffles”.

II.3.5. Tempo de Residência

O tempo de residência é um dos fatores que afetam tanto o teor como a recuperação do material flotado, atuando mais significativamente na recuperação do material flotado. Variações no tempo de residência podem ser normalmente efetuadas através de alterações na taxa e na concentração de sólidos da alimentação, na vazão de água de lavagem e na altura da seção de recuperação da coluna. A seção de recuperação da coluna deve ter uma altura suficiente para permitir que as partículas hidrofóbicas sedimentando seja coletadas pelas bolhas ascendentes de ar.

O tempo de residência médio da fase líquida na coluna pode ser estimado pela relação entre o volume efetivo da seção de recuperação e a taxa volumétrica da fração não flotada:

$$\tau_t = \frac{A_c \cdot H_c \cdot (1 - \epsilon_g)}{Q_t} \quad (\text{II.5})$$

onde:

τ_t - tempo de residência da fase líquida;

A_c - área da seção transversal da coluna;

H_c - altura da seção de recuperação da coluna;

ϵ_g - “hold up” do ar;

Q_t - vazão volumétrica de polpa da fração não flotada.

O tempo de residência das partículas sólidas na coluna é função da sua taxa de sedimentação e portanto aumenta com a redução da granulometria aproximando-se do

tempo de residência do líquido para partículas muito finas. Partículas maiores que 100 µm têm tempo de residência igual ou menor que 50% do tempo de residência do líquido.

O tempo de residência das partículas pode ser calculado por:

$$\tau_p = \tau_\ell \cdot \left[\frac{\frac{J_{sl}}{(1 - \varepsilon_g)}}{\frac{J_{sl}}{(1 - \varepsilon_g)} + U_{sp}} \right] \quad (\text{II.6})$$

onde:

τ_p - tempo de residência das partículas;

τ_ℓ - tempo de residência da fase líquida;

J_{sl} - velocidade superficial da polpa;

ε_g - “hold up” do ar;

U_{sp} - velocidade relativa.

A velocidade relativa entre as partículas e o líquido é denominada velocidade de deslizamento. Para um sistema de multiespécies, U_{sp} pode ser estimado por:

$$U_{sp} = \frac{g \cdot d_p^2 \cdot (\rho_p - \rho_{sl}) \cdot (1 - \phi_s - \varepsilon_g)^{2,7}}{18 \cdot \mu_f \cdot (1 + 0,15 \cdot Re_p^{0,687})} \quad (\text{II.7})$$

$$Re_p = \frac{d_p \cdot U_{sp} \cdot \rho_\ell \cdot (1 - \phi_s - \varepsilon_g)}{\mu_f} \quad (\text{II.8})$$

onde:

d_p - diâmetro de partícula (normalmente expresso pelo d_{80});

ρ_{sl} - densidade da polpa;

- ρ_l - densidade do líquido;
 ϕ_s - fração volumétrica do sólido;
 ε_g - “hold up” do ar;
 μ_f - viscosidade do líquido;
 Re_p - número de Reynolds da partícula;
 g - aceleração da gravidade.

II.3.6. “Bias”

O “bias” representa a fração residual da água de lavagem que flui através da coluna e é o principal responsável pela ação de limpeza (rejeição de partículas hidraulicamente arrastadas). Convencionou-se que o “bias” será positivo, quando esse fluxo residual se deslocar para baixo, ou seja, a vazão da água de lavagem será suficiente para substituir a água de alimentação na fração flotada e promover o deslocamento de uma fração de água nova para a base da coluna.

Na prática o “bias” (B) pode ser estimado através da relação entre as vazões volumétricas da fração não flotada (Q_t) e da alimentação (Q_f) pela expressão.

$$B = \frac{Q_t}{Q_f} \quad (\text{II.9})$$

Valores de B de 1,05 a 1,15 são tipicamente recomendados.

O valor mais preciso do “bias” pode ser calculado através da diferença entre a vazão de água de lavagem e de água no flotado.

II.3.7. Tipo de Aerador

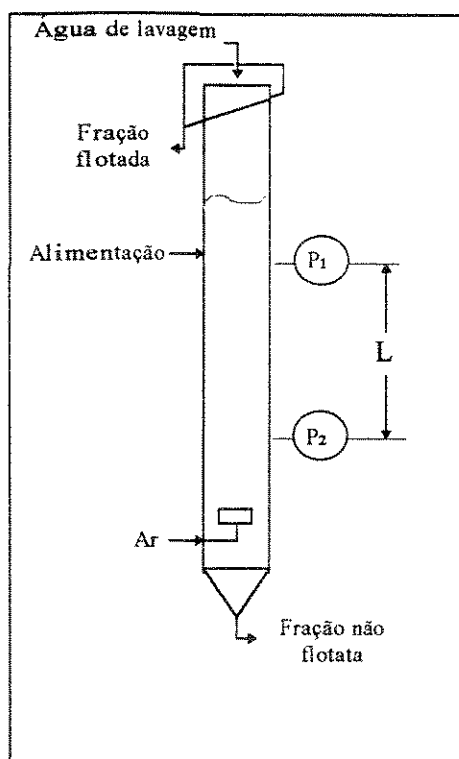
O sistema de aeração de uma coluna constitui um componente fundamental na sua operação. Um gerador de bolhas eficiente é aquele capaz de gerar bolhas de 0,5 a 2,0 mm de diâmetro com velocidades superficiais de ar de 1,0 a 3,0 cm/s. Em tais condições o “hold up” do ar deve variar de 15 a 20%.

Os tipos de aeradores podem ser classificados em internos e externos. Os aeradores internos podem ser rígidos e flexíveis. Os rígidos são materiais porosos, tais como: cerâmica, aço sinterizado e polipropileno microporoso. Os flexíveis são borracha perfurada e tela de filtro. Esses aeradores têm como principal desvantagem o entupimento e portanto tem pouca aplicação atualmente. Os aeradores externos são aqueles onde água e ar, ou somente ar, sob pressão ou polpa e ar são misturados e injetados na coluna. Esses aeradores apresentam como principal vantagem a possibilidade de remoção, inspeção e substituição dos injetores com a coluna em operação.

II.3.8. “Hold up” do Ar

O “hold up” do ar é definido como uma fração volumétrica de ar contida em uma determinada zona da coluna (*Yianatos e Finch, 1990*). Normalmente o “hold up” do ar é determinado na seção de recuperação e constitui um parâmetro que depende da vazão de ar, do tamanho das bolhas, da densidade de polpa, do carregamento de sólidos nas bolhas e da velocidade descendente de polpa. Através de sua medida é possível estimar o diâmetro de bolha através de modelos matemáticos.

O valor do “hold up” do ar pode ser medido utilizando manômetros de água, transdutores ou transmissores de pressão. A medida com transmissores de pressão, conforme apresenta do na Figura II.21, é dada por:



$$\varepsilon_g = 1 - \frac{\Delta P}{\rho_{sl} \cdot g \cdot L} \quad (\text{II.10})$$

onde:

ΔP - diferença de pressão (kPa);

ρ_{sl} - densidade da polpa (g/cm³);

L - distância entre as medidas de pressão (m);

g - aceleração da gravidade (m/s²).

Figura II.21 - Sistema para medição do “hold up” do ar

II.3.9. Tamanho de Bolha

Um dos avanços significativos na utilização das colunas de flotação é a possibilidade de controlar o tamanho das bolhas através do ajuste das condições operacionais do sistema de aeração e da adição de agentes tensoativos.

O tamanho médio das bolhas e sua distribuição são importantes na flotação, devido ao seu efeito na eficiência de coleta e de transporte das partículas. A utilização de bolhas pequenas, com elevada área superficial, permite a obtenção de níveis mais elevados da cinética de coleta e transporte dos sólidos por volume de ar. Entretanto, as bolhas de tamanho muito reduzido apresentam uma velocidade de ascensão baixa podendo ser inferior à velocidade descendente da polpa, acarretando, por consequência, perdas de partículas hidrofóbicas coletadas no fluxo de material não flotado.

Portanto, existe um tamanho médio ideal de bolhas em função do tamanho médio das partículas, que poderá ser ajustado através das variáveis operacionais do

sistema de aeração e da adição de agentes tensoativos. Nas colunas de flotação, o tamanho médio de bolhas encontra-se na faixa de 0,5 a 2,0 mm.

O diâmetro médio das bolhas pode ser estimado com utilização das seguintes expressões matemáticas – de acordo com a metodologia do “drift flux” (*Dobby et al., 1988*).

$$d_b = \left[\frac{18 \mu_{st} \cdot U_\tau}{g \cdot \Delta \rho} \left(1 + 0,15 \cdot Re_p^{0,687} \right) \right]^{1/2} \quad (\text{II.11})$$

$$U_\tau = \frac{J_g}{\varepsilon_g \cdot (1 - \varepsilon_g)^m} - \frac{(J_g + J_l)}{(1 - \varepsilon_g)^m} \quad (\text{II.12})$$

$$m = \left(4,45 + 18 \cdot \frac{d_b}{d_c} \right) \cdot Re_b^{-0,1} \quad \text{para} \quad 1 < Re_b < 200 \quad (\text{II.13})$$

$$m = 4,45 \cdot Re_b^{-0,1} \quad \text{para} \quad 200 < Re_b < 500 \quad (\text{II.14})$$

$$Re_b = \frac{d_b \cdot U_\tau \cdot \rho_{st}}{\mu_{st}} \quad (\text{II.15})$$

onde:

- d_b - diâmetro médio da bolha;
- d_c - diâmetro da coluna;
- U_τ - velocidade terminal de ascensão das bolhas;
- μ_{st} - viscosidade da polpa;
- ρ_{st} - densidade da polpa;
- g - aceleração da gravidade;
- Re_p - número de Reynolds das partículas;
- Re_b - número de Reynolds das bolhas;
- $\Delta \rho$ - diferença de densidade entre as fases polpa e ar;
- J_g - velocidade superficial do ar;
- J_l - velocidade superficial do líquido.

II.3.10. Características Operacionais

O rendimento das colunas está normalmente relacionado com o sistema de fluxo dentro da coluna. As colunas piloto, com uma relação altura/diâmetro elevada, operam em regime de fluxo próximo ao chamado tipo “pistão” e as colunas industriais operam em regime de fluxo entre o tipo “pistão” e a mistura perfeita.

O fluxo pistão – também conhecido como “plug flow” – apresenta as seguintes características :

- tempo de residência de todos os fluxos na coluna, fluido e partículas minerais, é o mesmo;
- existe um gradiente de concentração das partículas hidrofóbicas ao longo do eixo da coluna;
- coeficiente de mistura é igual a zero.
- a recuperação dos minerais é dada através da equação

$$R = 1 - e^{-k \cdot t} \quad (\text{II.16})$$

onde:

- R - recuperação dos minerais;
- k - constante cinética de flotação;
- t - tempo de residência.

O fluxo tipo mistura perfeita – ou “perfect mixer” – apresenta as seguintes características:

- o material na seção de recuperação da coluna apresenta uma distribuição de tempo de residência τ ;
- a concentração das partículas é a mesma em qualquer ponto da seção de recuperação da coluna;
- a recuperação dos minerais, com cinética de primeira ordem, é dada pela equação

$$R = \frac{k \cdot \tau}{k \cdot \tau + 1} \quad (\text{II.17})$$

onde:

- R - recuperação dos minerais;
- k - constante cinética de flotação;
- τ - tempo de residência médio das partículas.

- uma coluna operando neste regime de fluxo apresenta uma recuperação menor que a coluna piloto devido ao efeito de mistura;
- coeficiente de mistura é infinito;
- a distribuição de tempo de residência (RTD) é descrita pela equação abaixo e está representada na Figura II.22.

$$RTD = E(t) = \exp(-t/\tau) / \tau \quad (\text{II.18})$$

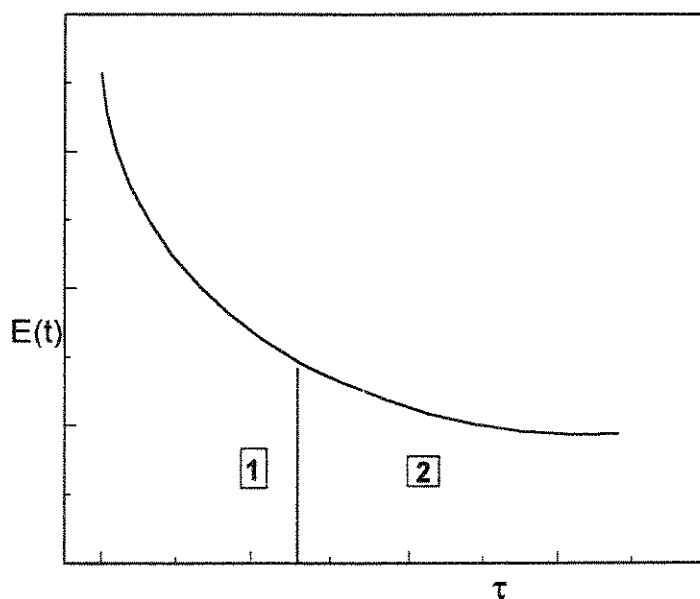


Figura II.22 – Curva de distribuição de tempo de residência
num fluxo tipo mistura perfeita

Na região (1) o teor na fração flotada é elevado e a recuperação é baixa, pois as partículas tiveram um tempo de residência menor que o necessário para flotação. Na região (2) há uma redução no teor da fração flotada pois o excesso de tempo de

residência permite que partículas menos hidrofóbicas tenham probabilidade de serem coletadas.

O fluxo pistão com dispersão parece ser o modelo que melhor descreve o comportamento das colunas industriais. O regime de fluxo de colunas industriais é caracterizado por:

- ♦ o número de dispersão N_d está entre 0,5 e 1,0;
- ♦ o material dentro da coluna apresenta uma distribuição de tempo de residência;

No presente caso a recuperação é dada por:

$$R_c = 1 - \frac{4 \cdot a \cdot \exp\left(\frac{1}{2 \cdot N_d}\right)}{(1+a)^2 \exp\left(\frac{a}{2 \cdot N_d}\right) - (1-a)^2 \exp\left(\frac{-a}{2 \cdot N_d}\right)} \quad (\text{II.19})$$

onde:

$$a = (1 + 4 \cdot k \cdot \tau_p \cdot N_d)^{1/2} \quad (\text{II.20})$$

$$N_d = \frac{0,063 \cdot d_c \cdot \left(\frac{J_g}{1,6}\right)^{0,3}}{\left[\left(\frac{J_{st}}{(1 - \varepsilon_g)}\right) + U_{SP}\right] \cdot H_c} \quad (\text{II.21})$$

$$J_{st} \approx J_t = \frac{Q_{FW} + [(1 - R_{TOT}) \cdot Q_{FS}]}{A_c} + J_b \quad (\text{II.22})$$

onde:

R_c - recuperação dos minerais na seção de recuperação;

k - constante cinética de flotação;

- τ_p - tempo de residência médio das partículas;
- N_d - número de dispersão;
- d_c - diâmetro da coluna;
- H_c - altura da seção de recuperação;
- A_c - área da seção transversal da coluna;
- J_g - velocidade superficial do ar;
- J_b - velocidade superficial do Bias;
- J_{sl} - velocidade superficial da polpa;
- J_t - velocidade superficial da fração não flotada;
- ε_g - “hold up” do ar;
- U_{SP} - velocidade relativa entre as partículas e o líquido;
- Q_{FW} - vazão de água na alimentação;
- Q_{FS} - vazão de sólidos na alimentação;
- R_{TOT} - recuperação de massa na fração flotada.

II.4. TAMANHO DE PARTÍCULA

Para aplicação do processo de concentração por flotação é necessário que os minerais de interesse estejam liberados dos minerais de ganga. Para isso, o minério é primeiramente cominuído à uma granulometria adequada ao processo de flotação através das etapas de britagem e moagem. O produto obtido na moagem apresenta uma distribuição granulométrica com partículas de tamanhos grossos, médios, finos e algumas vezes ultrafinos. Essas partículas possuem comportamentos diferentes no processo de flotação com relação à adsorção dos reagentes, à coleta e adesão às bolhas de ar, ao transporte do agregado partícula-bolha da polpa para a espuma e à descoleta das partículas. Assim, o tamanho de partícula é um dos parâmetros importantes na recuperação do processo de flotação. Normalmente são obtidos níveis mais elevados de recuperação para uma faixa intermediária de tamanho de partícula e níveis mais baixos

para partículas grossas e finas. Entretanto, não é possível generalizar para todos os minérios os limites de tamanho de partículas onde ocorre a redução dos níveis de recuperação. Enquanto uma partícula de ouro com tamanho de 0,1 mm é considerada grossa, uma partícula de fosfato, potássio ou carvão do mesmo tamanho, pode ser considerada fina. Na Figura II.23 tem-se uma representação esquemática do efeito do tamanho de partícula sobre a recuperação no processo de flotação.

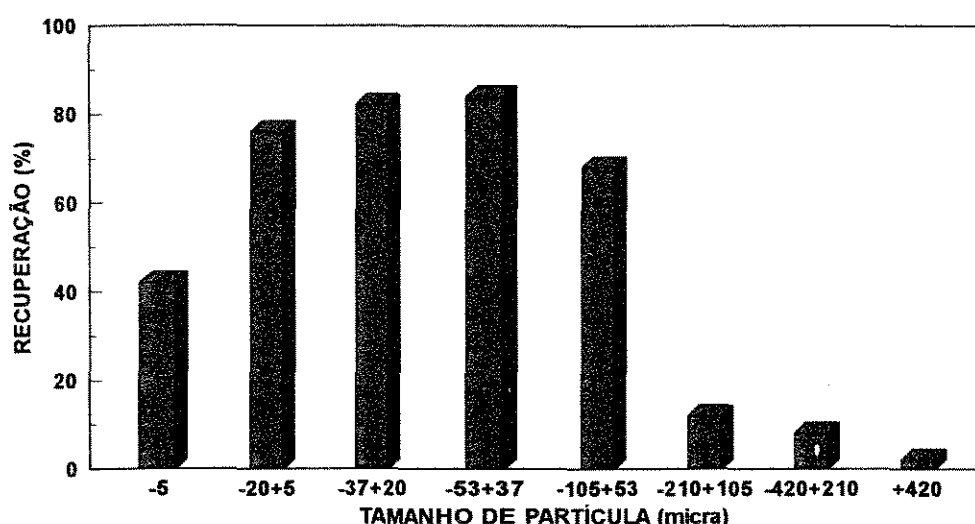


Figura II.23 - Efeito do tamanho de partícula sobre a recuperação do processo de flotação

Considerando que o processo de flotação normalmente apresenta uma maior eficiência para uma faixa granulométrica intermediária e que podem ocorrer perdas de recuperação e obtenção de baixos níveis de teor do mineral de interesse devido à presença de partículas grossas e/ou finas, torna-se de fundamental importância o ajuste criterioso das etapas de moagem e deslamagem.

Dependendo do nível de associação dos minerais no minério torna-se muitas vezes necessária a realização da moagem a uma granulometria mais fina para que ocorra a liberação dos minerais de interesse. Isto normalmente acarreta a geração de finos prejudicando o processo de flotação. Por outro lado, mesmo quando os minerais de interesse encontram-se liberados em granulometria grossa, algumas vezes é necessário reduzir o tamanho das partículas de forma a obter uma maior eficiência de

flotação. Esta necessidade, além de acarretar a geração de finos, eleva os custos do processo.

Até o momento, a maioria dos estudos sobre o efeito do tamanho de partícula no processo de flotação tem sido realizada considerando a fração fina. Entretanto, poucos estudos sobre a eficiência da flotação de partículas grossas têm sido apresentados (*Soto e Barbary, 1991*). Em tais estudos, os autores relacionam o comportamento de flotabilidade das partículas com as etapas do processo de flotação conforme descrito a seguir:

- **colisão** - a primeira etapa do processo de flotação é a colisão que consiste no contato entre as partículas minerais e as bolhas de ar. Essa etapa ocorre após a cominuição do minério, para liberação dos minerais de interesse, e o condicionamento da polpa com os reagentes de flotação. Vários estudos têm mostrado que a eficiência de colisão das partículas com as bolhas de ar é favorecida pelo aumento do tamanho das partículas (*Jameson et al., 1977*). Dessa forma, este fator não prejudica a recuperação de partículas grossas na flotação;
- **adesão** - a probabilidade de adesão da partícula à bolha é determinada principalmente pelo grau de hidrofobicidade da superfície da partícula e pelo tempo de indução. A hidrofobicidade de uma partícula não é função de seu tamanho, mas da densidade de adsorção do coletor. Dessa forma, as características físico-químicas da superfície das partículas minerais, a dosagem do coletor e o seu poder de adsorção são os principais fatores responsáveis pela adesão das partículas às bolhas de ar. Considerando uma mesma dosagem de coletor e sabendo que as partículas grossas têm menor área superficial específica do que as partículas finas, a densidade de adsorção do reagente sobre a superfície das partículas minerais é crescente com o aumento do seu tamanho, até que seja atingida uma adequada hidrofobicidade. A partir daí, a adesão das partículas às bolhas de ar torna-se independente do seu tamanho. No entanto, quando existem partículas grossas e finas misturadas, a maior área superficial das partículas finas acarreta uma redução na quantidade de coletor disponível para adsorção reduzindo a área de superfície coberta pelo coletor (*Soto e Iwasaki, 1986*). Como resultado tem-se uma menor flotabilidade das partículas

grossas. Isso ocorre devido à necessidade de uma maior área de superfície coberta pelo coletor para que as partículas grossas sejam flotadas. Esse fator explica a conveniência da utilização de circuitos separados para concentração de partículas grossas e finas pelo processo de flotação.

Em resumo, o fator de adesão não parece ser uma dificuldade séria para a flotação de partículas grossas principalmente se elas são tratadas em circuitos independentes. Entretanto, a presença de partículas finas na flotação de grossos é importante para estabilização da espuma;

- **estabilidade** - baseado em desenvolvimentos teóricos (*Schulze, 1977*) sabe-se que a flotação das partículas minerais ocorre em função das forças que atuam sobre o agregado partícula-bolha. Tais forças são: gravitacional, empuxo, hidrostática, capilaridade, compressão e cisalhamento. Quando a resultante dessas forças é no sentido ascendente ocorre o transporte do agregado partícula-bolha da base da célula até a interface polpa-espuma. É possível demonstrar, através de cálculos teóricos, que na ausência de turbulência as partículas com alguns milímetros flutam se o ângulo de contato estiver compreendido entre 50 e 60 °. Um aumento na turbulência da polpa na célula pode acarretar uma redução no tamanho máximo da partícula flotada, devido ao aumento da probabilidade de descoleta das partículas. A descoleta da partícula da bolha de ar ocorre quando a força dinâmica é superior à força de adesão do agregado partícula-bolha. Portanto, a descoleta das partículas por turbulência pode ser reduzida se as forças de fixação são fortes. Isso é obtido através do aumento da dosagem do coletor e conseqüentemente do ângulo de contato. Entretanto, o aumento da dosagem de coletor pode acarretar uma redução significativa na seletividade do processo e um aumento no custo operacional da flotação.

Portanto, a melhor alternativa para elevar a recuperação de partículas grossas parece ser reduzir as forças que tendem a descoletar as partículas das bolhas de ar, tal como a turbulência da polpa;

- **levitação** - após a formação do agregado estável partícula-bolha a próxima etapa necessária à flotação é o seu transporte através da polpa até a espuma. Segundo

Soto e Barbery, o tamanho médio das bolhas nas células de flotação é da ordem de 0,4 a 0,5 mm. Uma bolha com esse tamanho terá uma força de empuxo na água, correspondente a 0,03 - 0,06 mg, suficiente para transportar partículas com tamanho máximo de 0,3 mm. Para o transporte de partículas maiores são necessárias mais de uma bolha com esse tamanho ou maiores. Embora não esteja fora de questão a coleta de uma mesma partícula por várias bolhas de ar, isto implica em uma cinética lenta porque várias colisões de partícula-bolha são necessárias.

O número de bolhas necessário para transportar uma partícula é função cúbica da relação entre o diâmetro da partícula e o diâmetro da bolha. Em uma situação normal de flotação esta relação é menor do que um. Isso quer dizer que uma bolha pode transportar várias partículas. No entanto, para partículas com tamanho da ordem de milímetros a relação do diâmetro da partícula para o diâmetro da bolha poderá ser maior do que um e, portanto, o número de bolhas necessário para transportar cada partícula poderá aumentar significativamente. Esta simples análise indica uma vantagem no uso de grandes bolhas para flotar partículas grossas;

- **espuma** – até o momento, não tem sido estudada com detalhes a transferência das partículas da polpa para a espuma e sua estabilidade na camada de espuma. Alguns estudos (*Bensley and Nicol, 1985*) têm demonstrado que tais fatores não são favoráveis à flotação de partículas grossas. Estudos realizados, sobre a camada de espuma, utilizando minério fosfático, mostraram que as partículas grossas desestabilizam a espuma. *Wiegel and Lawver, 1986*, também verificaram que a seletividade e a recuperação de partículas grossas decrescem com a altura da camada de espuma. Outros estudos (*Contini et al., 1988*) têm mostrado que a quantidade de partículas transferida da polpa para a espuma é drasticamente reduzida com o aumento do tamanho de partícula.

Com base nos trabalhos já realizados pode-se concluir que as limitações mais importantes para a flotação de partículas grossas são os rompimentos dos agregados partícula-bolha por turbulência, a transferência das partículas da polpa para a espuma e sua estabilidade na camada de espuma.

CAPÍTULO III

MATERIAIS E MÉTODOS

III.1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o desempenho das colunas convencional, agitada e de recheio utilizando duas amostras de minério fosfático com granulometria grossa. O estudo foi realizado em uma unidade piloto com capacidade da ordem de 40,0 Kg/h e compreendeu as seguintes etapas:

- coleta, preparação e caracterização das amostras;
- construção das colunas convencional e agitada e importação da coluna de recheio;
- instalação dos circuitos piloto com as colunas convencional, agitada e de recheio;
- realização dos testes de flotação utilizando as colunas convencional, agitada e de recheio;
- cálculo das variáveis operacionais e dos balanços de massa dos testes;
- caracterização dos produtos finais.

A seguir serão descritos os materiais e a metodologia utilizada para coleta, preparação, caracterização das amostras, realização dos testes de flotação nas colunas e análise dos dados.

III.2. COLETA, PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Este estudo foi realizado utilizando duas amostras de minério fosfático com granulometrias grossas provenientes das Companhias Araxá Fertilizantes S. A. – Arafertil e Fertilizantes Fosfatados S. A. – Fosfertil. As amostras foram coletadas, preparadas e caracterizadas segundo a metodologia descrita a seguir.

III.2.1. Coleta da Amostra da Arafertil

A jazida de fosfato da Arafertil faz parte da chaminé alcalina do Barreiro em Araxá (MG) e está localizada a 340 km de Belo Horizonte (MG). O complexo industrial instalado junto à jazida tem como objetivo a lavra, beneficiamento da rocha fosfática e fabricação de alguns tipos de fertilizantes. O beneficiamento da rocha fosfática é realizado através dos processos de cominuição, separação magnética e flotação.

Na Figura III.1 tem-se um fluxograma de blocos do circuito industrial de concentração utilizado pela Arafertil na concentração do minério fosfático. A unidade é constituída das etapas de britagem, classificação, moagem, separação magnética e flotação. A maior parte do minério lavrado é britado a uma granulometria abaixo de 5,08 cm, utilizando um circuito constituído de peneiras e britadores primário e secundário, para alimentação da pilha de homogeneização. Nessa etapa são também obtidos dois produtos com granulometrias e teores diferentes, sendo um acima de 5,08 cm com teor de 28 % de P_2O_5 para produção de termofosfato e outro entre 5,08 e 1,27 cm com teor de 24 % de P_2O_5 para produção de fosfato natural. O minério homogeneizado em pilha é transportado através de correia para a unidade de concentração e alimentado a uma taxa de 480 - 500 t/h em um moinho de barras operando em circuito aberto. O produto da moagem é alimentado em separadores magnéticos de tambor de baixa intensidade para separação da magnetita. O não-magnético é pré-classificado em hidrociclones para separação dos finos naturais existentes no minério. Esses finos são novamente deslamados para descarte das lamas naturais e recuperação da apatita contida na fração deslamada através do processo de flotação em coluna. O material obtido no “underflow” dos hidrociclones da pré-classificação alimenta um moinho de bolas operando em circuito fechado com hidrociclones. O produto da moagem, “overflow” dos hidrociclones, é classificado em duas frações denominadas finos gerados e grossos. Os finos gerados são novamente deslamados para descarte das lamas geradas e recuperação da apatita contida na fração deslamada através das etapas de condicionamento e flotação em coluna. O “underflow” da etapa de classificação constitui a fração grossa do minério apatítico da Arafertil. Essa fração é condicionada e flotada em coluna para separação da barita. A fração não

flotada, contendo a apatita grossa, é novamente deslamada com o objetivo de eliminar os reagentes utilizados para flotação de barita e espessar a polpa para ser recondicionada. A polpa condicionada é dividida e alimentada em duas colunas em paralelo para flotação da apatita grossa. O rejeito obtido nas colunas é remoído utilizando moinho de bolas em circuito fechado com hidrociclones, deslamado, condicionado e novamente flotado em coluna. Os concentrados de apatita obtidos a partir da fração grossa e do rejeito remoído são misturados e alimentados em separadores magnéticos de alta intensidade para separação de limonita e goethita e elevação do teor de P_2O_5 no concentrado final. Todos os concentrados de apatita obtidos são filtrados e secados para alimentação da planta de fertilizantes.

Para realização deste estudo foi coletada uma amostra, com aproximadamente 7 (sete) toneladas base seca, da fração não flotada da coluna de barita do circuito de grossos. A amostra coletada foi acondicionada em tambores e transportada para o Setor de Tecnologia Mineral do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) em Belo Horizonte (MG), onde foi desenvolvido o presente trabalho.

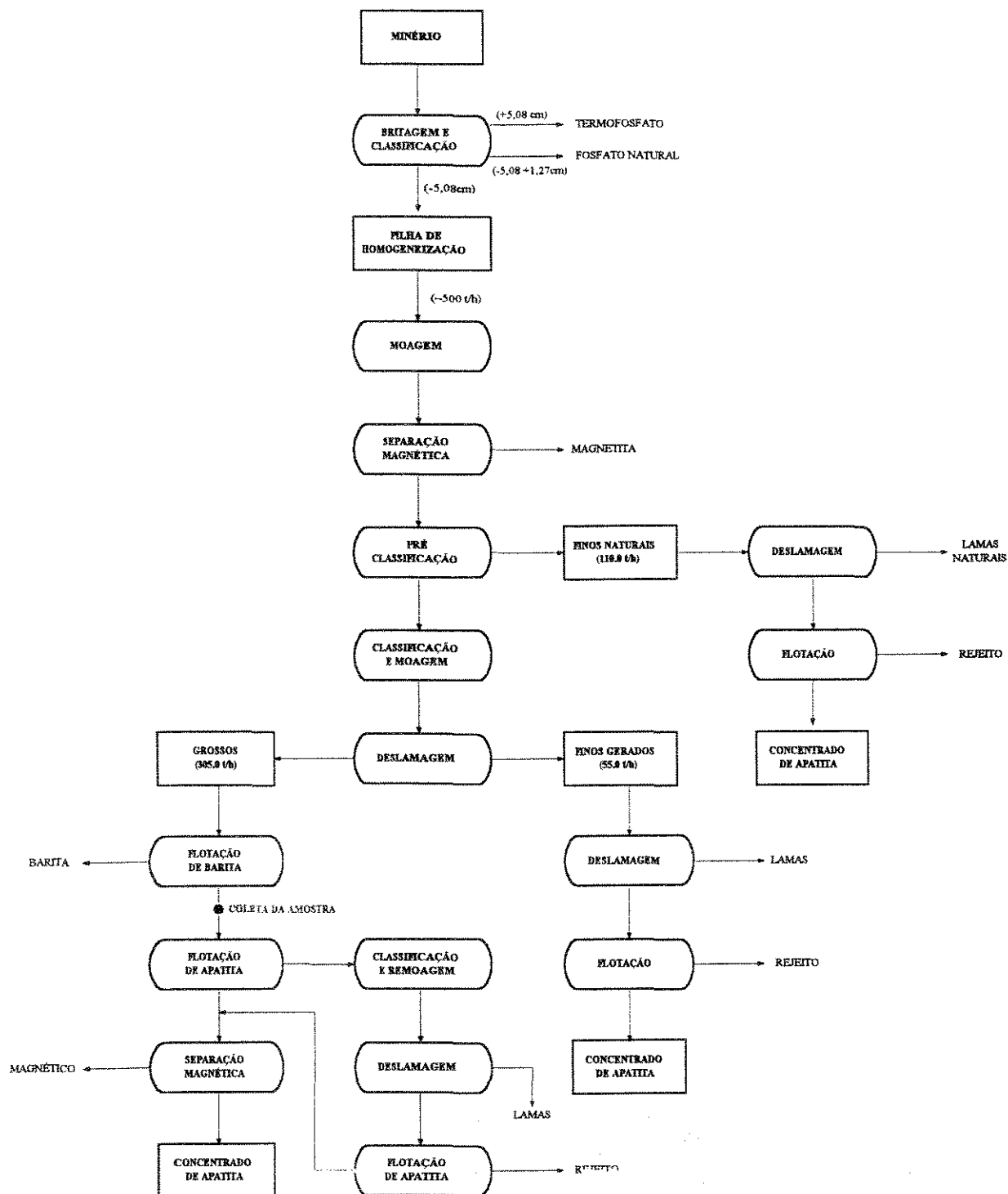


Figura III.1 – Fluxograma de blocos do circuito industrial da Arafertil

III.2.2. Coleta da Amostra da Fosfertil

A jazida de fosfato da Fosfertil também faz parte da chaminé alcalina do Barreiro e está localizada no município de Tapira próxima à cidade de Araxá. A principal diferença na sua mineralização com relação à jazida da Arafertil consiste em uma menor presença de barita e maior teor de anatásio.

Na Figura III.2 está apresentado o fluxograma de blocos da unidade industrial da Fosfertil envolvendo as etapas de britagem, moagem, deslamagem, separação magnética e flotação. O minério extraído da jazida é alimentado em uma grelha com abertura de 10,2 cm, sendo a fração retida (+ 10,2 cm) alimentada em um britador giratório e a fração passante (- 10,2 cm) juntamente com o produto do britador alimentados na pilha de homogeneização. O minério homogeneizado é alimentado a uma taxa da ordem de 1600 t/h nos circuitos de britagem secundária e terciária para redução e classificação do material em dois produtos denominados granulado, com granulometria compreendida entre 28 e 7 mm, e friável com granulometria abaixo de 7 mm.

O minério granulado (- 28 + 7 mm) alimenta dois moinhos de barras em paralelo, cujos produtos são alimentados em separadores magnéticos de tambor de baixa intensidade para separação da magnetita. A fração não magnética é classificada em ciclones, cujo “underflow” alimenta em circuito fechado o moinho de bolas e o “overflow” alimenta o circuito de deslamagem constituído de três estágios. O material deslamado é condicionado e alimentado no circuito de flotação em células mecânicas constituído dos estágios “rougher”, “scavenger”, “cleaner” e “recleaner”.

O minério friável (- 7 mm) alimenta quatro linhas de moagem em paralelo. O material é inicialmente alimentado em hidrociclones, cujos “underflows” alimentam os moinhos e os “overflows” são alimentados em hidrociclones para descarte dos finos. O material deslamado juntamente com os produtos dos moinhos são alimentados em separadores magnéticos de tambor de baixa intensidade para separação da magnetita. A fração não magnética é classificada, sendo o “underflow” recirculado na alimentação do moinho. O “overflow” da etapa de classificação, produto final da moagem, alimenta o primeiro estágio de deslamagem. Nessa etapa são obtidos dois produtos: o material

friável grosso no “underflow” do segundo estágio de deslamagem, e o friável fino no “underflow” do quarto estágio de deslamagem. Ambos os circuitos de flotação são constituídos dos estágios “rougher” e “scavenger” em células mecânicas e a etapa “cleaner” em coluna. Atualmente o concentrado “cleaner” obtido no circuito do friável fino é misturado com a alimentação do circuito de grossos.

Para realização deste estudo foi coletada uma amostra, com aproximadamente 4 (quatro) toneladas base seca, da fração de friável grosso. A amostra coletada foi acondicionada em tambores e transportada para o Setor de Tecnologia Mineral do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) em Belo Horizonte (MG), onde foram desenvolvidos os trabalhos experimentais.

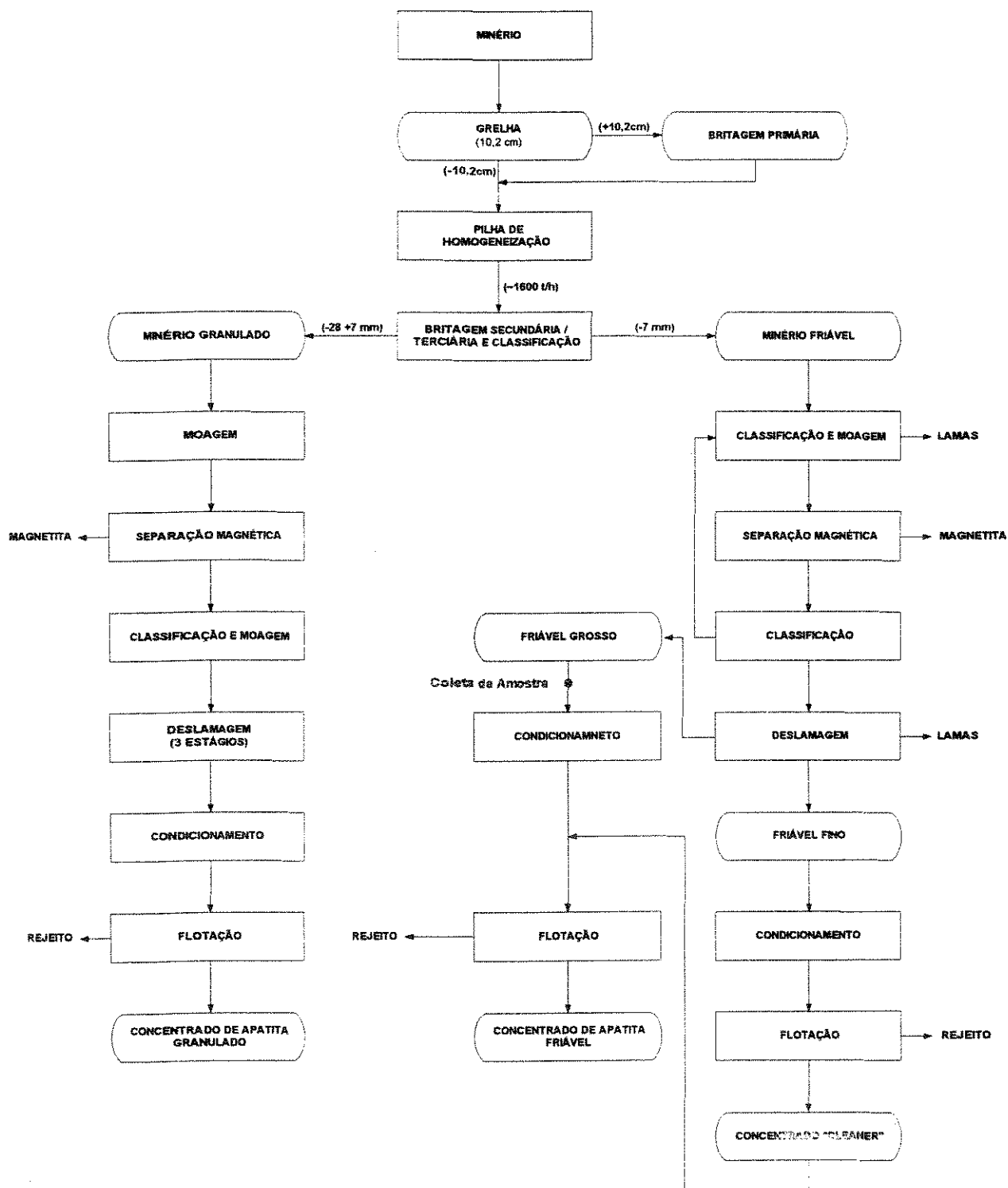


Figura III.2 - Fluxograma de blocos do circuito industrial da Fosfertil

III.2.3. Preparação das Amostras

As amostras recebidas foram preparadas através das etapas de secagem, homogeneização e quartejamento. A secagem das amostras foi realizada em estufa com controle automático da temperatura em 80°C. As amostras secas foram homogeneizadas em pilha longitudinal, sendo retomada duas vezes, e quarteeda em amostras com aproximadamente 40 kg. As amostras foram ensacadas para facilitar o armazenamento e alimentação da planta piloto. Na Figura III.3 tem-se o fluxograma do circuito utilizado na preparação das amostras.

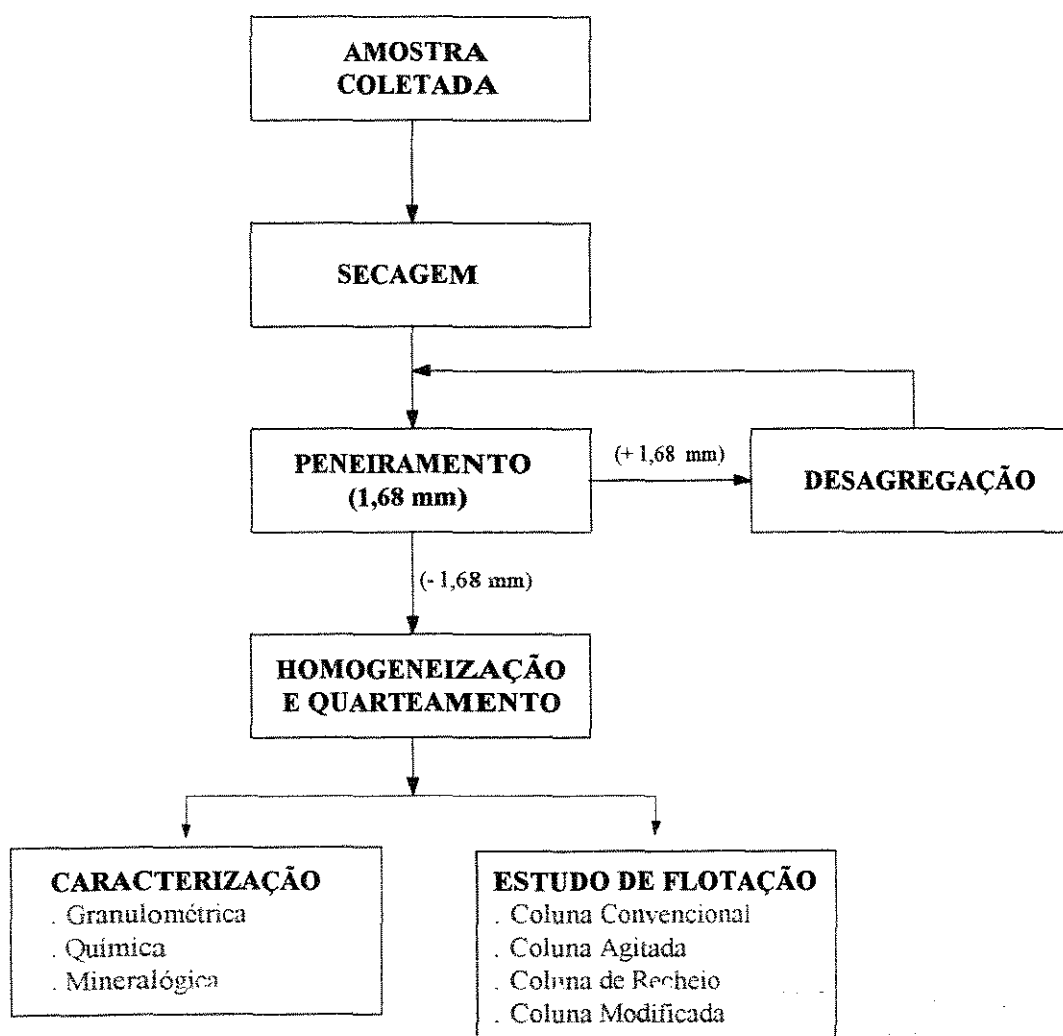


Figura III.3 - Fluxograma do circuito utilizado na preparação das amostras

III.2.4. Caracterização Granulométrica

A caracterização granulométrica das amostras foi realizada utilizando peneiras da série Tyler. O procedimento adotado para realização das análises granulométricas consistiu na deslamagem das amostras em 37 μm e peneiramento a seco da fração retida. Para realização das análises granulométricas foram utilizadas quantidades adequadas da amostra determinadas em função da granulometria do minério, da abertura da tela e do número de peneiras.

III.2.5. Caracterização Química

Os métodos de análises químicas utilizados para caracterização das amostras e determinação dos teores dos principais elementos nas frações granulométricas e nas amostras de alimentação, concentrado e rejeito dos testes de flotação foram:

- P_2O_5 - Colorimetria;
- BaSO_4 - Gravimetria;
- Al_2O_3 - Colorimetria;
- Fe_2O_3 - Absorção atômica;
- MgO - Absorção atômica;
- CaO - Gravimetria;
- SiO_2 - Fluorescência de raios - X.

Os resultados de P_2O_5 apresentados neste estudo referem-se ao fósforo apatítico contido nas amostras.

III.2.6. Caracterização Mineralógica

A caracterização mineralógica das amostras foi realizada com o objetivo de identificar e quantificar os minerais, determinar as associações mineralógicas e o grau

de liberação, principalmente, da apatita. Este estudo foi realizado em microscópio ótico de luz polarizada do tipo Leitz–Orthoplan utilizando lâminas delgadas de grãos. Essas lâminas foram preparadas com amostras representativas de 3,0 (três) gramas, misturando-se o material com uma resina sintética. Após a secagem dessa mistura foi realizado um desbaste em politriz até as lâminas atingirem uma espessura de aproximadamente 3,0 μm . Para minimizar o efeito do tamanho do grão sobre os resultados do estudo de caracterização mineralógica as amostras foram classificadas em quatro faixas granulométricas e realizado o estudo em cada fração separadamente. A partir desses resultados foram calculadas as composições mineralógicas das amostras de alimentação. O grau de liberação foi também determinado para cada fração granulométrica. Para o minério da Arafertil os estudos foram realizados nas seguintes frações granulométricas: + 210; - 210 + 105; - 105 + 53 e - 53 μm e, para a Fosfertil, nas frações: + 210; - 210 + 149; - 149 + 74 e - 74 μm .

Na identificação das fases minerais foram utilizadas técnicas auxiliares, tais como: (i) difratometria de raios-X, utilizando-se difratômetro de raios-X Rigaku modelo Geiseflex semi-automático com monocromador de cristal curvo de grafite e tubo de cobre e (ii) análises químicas qualitativas e quantitativas das amostras. Foram também identificadas as associações mineralógicas através da análise de imagens realizada no microscópio eletrônico de varredura (MEV), com analisador pontual por dispersão de energia (EDS). Estas análises foram feitas nos laboratórios do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e no Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (COPPE/UFRJ). O equipamento utilizado no CETEM foi um microscópio eletrônico de varredura (MEV) Leica Stereoscan 440, com sistema de microanálise por dispersão de energia Oxford Link L300, ambos acoplados a um analisador de imagens MMIA (*Mineral and Metallurgical Image Analysis*). Na COPPE, utilizou-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV) Zeiss 940-A com sistema de microanálise por energia dispersiva Oxford Link eXL-II, sendo todo o sistema controlado automaticamente pelo computador de análise de imagem IBAS-KONTROM. Para tais estudos, foram confeccionadas lâminas polidas de grãos metalizados com uma cobertura de carbono.

O grau de liberação da apatita foi determinado no microscópio ótico utilizando as lâminas delgadas preparadas com o minério classificado nas diferentes faixas granulométricas.

III.3. DESCRIÇÃO DAS COLUNAS CONVENCIONAL, AGITADA E DE RECHEIO

Para realização deste trabalho foram projetadas e construídas na oficina mecânica do Setor de Tecnologia Mineral do CDTN as colunas convencional e agitada e adquirida através de importação a coluna de recheio. A seguir é feita uma descrição sobre esses três tipos de coluna.

III.3.1. Coluna Convencional

A coluna convencional foi construída em módulos de tubo de acrílico com 10,2 cm de diâmetro interno e espessura de parede de 1,0 cm. A altura total da coluna é de 570,0 cm, sendo 167,0 cm do transbordo da fração flotada até o ponto de alimentação da polpa e 380,0 cm deste ponto até a entrada de ar na base da coluna. Tem-se ainda 15,0 cm abaixo do ponto de entrada de ar até a descarga da fração não flotada e 8,0 cm do transbordo da fração flotada até o topo da calha de coleta. Na Figura III.4 tem-se um desenho ilustrativo da coluna convencional mostrando todos os módulos conforme serão descritos a seguir:

- **módulo 1** - é o primeiro módulo de cima para baixo na coluna com 95,0 cm de comprimento e constitui a seção de limpeza ou camada de espuma. É flangeado apenas na extremidade inferior, possuindo em sua parte superior uma calha, também em acrílico, para coleta do material flotado;

- **módulo 2** - é flangeado nas duas extremidades e possui um comprimento de 120,0 cm. Nesse módulo se realiza a alimentação da polpa na coluna e está instalado um transmissor de nível para determinação da pressão da polpa no ponto superior;

- **módulo 3** - constituído de uma peça com 120,0 cm de comprimento e flangeado nas duas extremidades. Nele está instalado o segundo transmissor de nível para determinação da pressão da polpa no ponto inferior;

- **módulo 4** - é idêntico ao módulo anterior com 120,0 cm de comprimento e flangeado nas duas extremidades;

- **módulo 5** - é o último módulo de cima para baixo da seção de recuperação e tem 70,0 cm de comprimento. Na sua parte inferior está flangeada a câmara de expansão para o sistema de geração de bolhas da coluna. Os módulos 2 a 5 compõem basicamente a seção de recuperação da coluna, permitindo variar a sua altura através da retirada de um ou mais módulos;

- **módulo 6** - esse módulo possui um diâmetro interno de 20,0 cm, portanto diferente dos anteriores (10,2 cm), e comprimento de 27,0 cm. É o módulo onde se localizam os aeradores de borracha e o tubo de descarga da fração não flotada. A peça terminal tem 10,0 cm de altura e é um cone invertido ligado a um tubo de 1,27 cm de diâmetro para descarga da polpa. A união do módulo 6 com o 5 é feita através de uma redução concêntrica de 8,0 cm de altura flangeada nas duas extremidades. Esse módulo tem diâmetro maior que o da coluna de forma a permitir a instalação dos aeradores sem restrição da área disponível para escoamento da polpa. Todos os flanges são dotados de anéis de vedação em borracha e furos para fixação entre as peças.

Os módulos montados um sobre o outro constituem a coluna convencional utilizada neste trabalho.

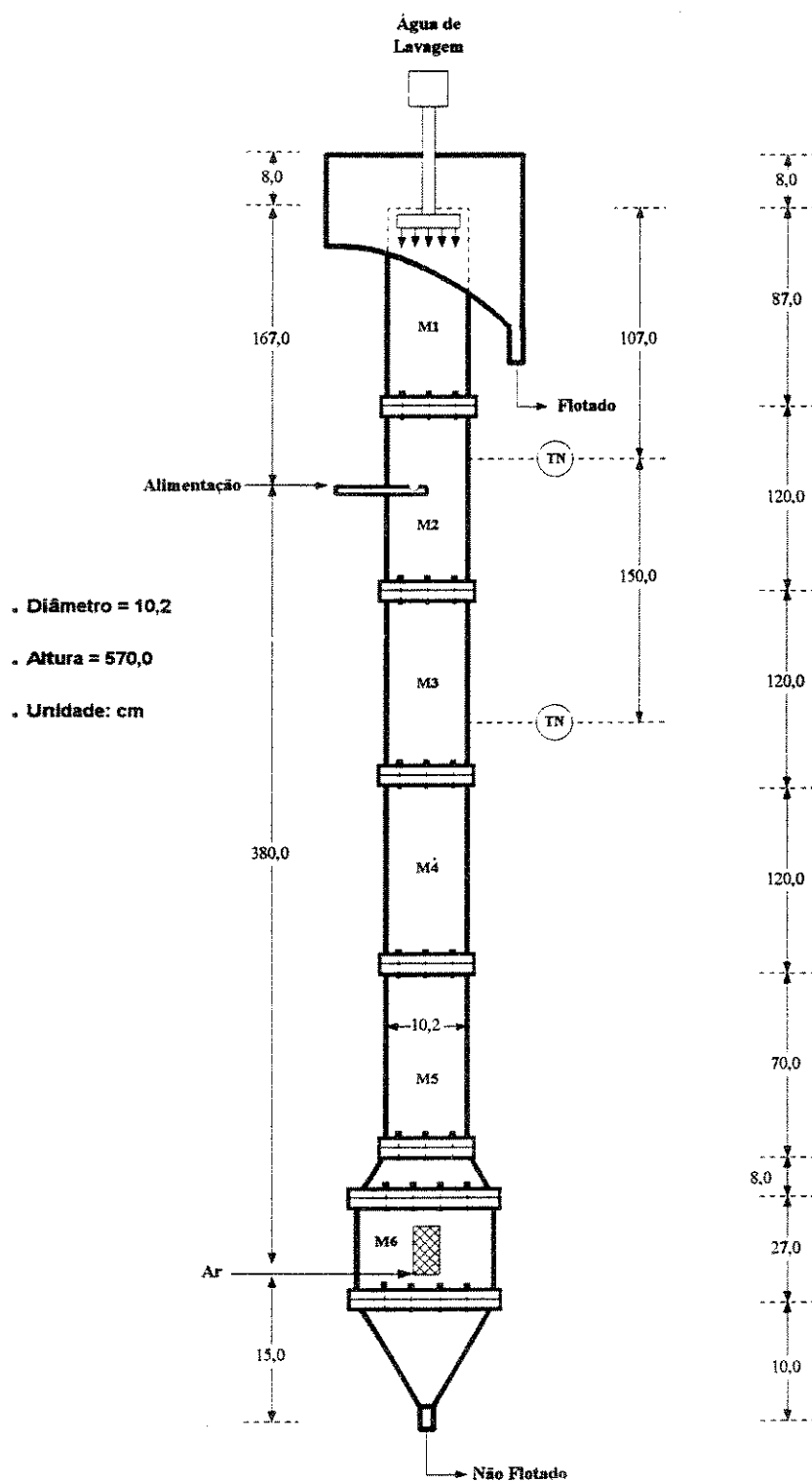


Figura III.4 - Desenho esquemático da coluna convencional

III.3.2. Coluna Agitada

A coluna agitada é a mesma coluna convencional, porém com um sistema de agitação instalado ao longo do seu eixo. Na Figura III.5 tem-se um desenho ilustrativo da coluna agitada com as respectivas dimensões e na Figura III.6 os detalhes do sistema de agitação que é constituído de um eixo em aço inoxidável 316 com diâmetro de 1,6 cm (Figura III.6-a) e hélices de tipos diferentes. O comprimento do eixo de agitação é variável em função da altura da seção de recuperação da coluna utilizada nos testes. Desta forma, o eixo foi construído em pedaços com alturas semelhantes às dos módulos da seção de recuperação da coluna acoplados entre si através de roscas de sentido contrário ao de rotação do eixo. Os suportes encaixados entre os flanges da coluna são utilizados para garantir o posicionamento do eixo verticalmente no centro da coluna (Figura III.6-b). Foram construídos, instalados e testados três tipos de hélices diferentes: turbina-disco de palhetas retas, turbina de palhetas inclinadas e palhetas tipo aerofólio (*Oldshue*, 1983). Nas Figuras III.6-c, III.6-d e III.6-e estão apresentados os desenhos esquemáticos com as respectivas dimensões das hélices.

Para evitar a turbulência na polpa causada pelo movimento do eixo foi instalado entre as hélices um tubo fixo com diâmetro de 2,1 cm revestindo o eixo em movimento. Este tubo é fixado na parede da coluna através de parafusos. O sistema de agitação da coluna, constituído de eixo/hélices, é acionado pela parte superior do eixo através de um sistema motor-redutor com controle de rotação através de um conversor de frequência. Para realização dos testes com a hélice do tipo aerofólio foram colocadas na parede interna da coluna, ao longo da seção de agitação, três defletores com largura de 1,0 cm para evitar o movimento circular da polpa dentro da coluna.

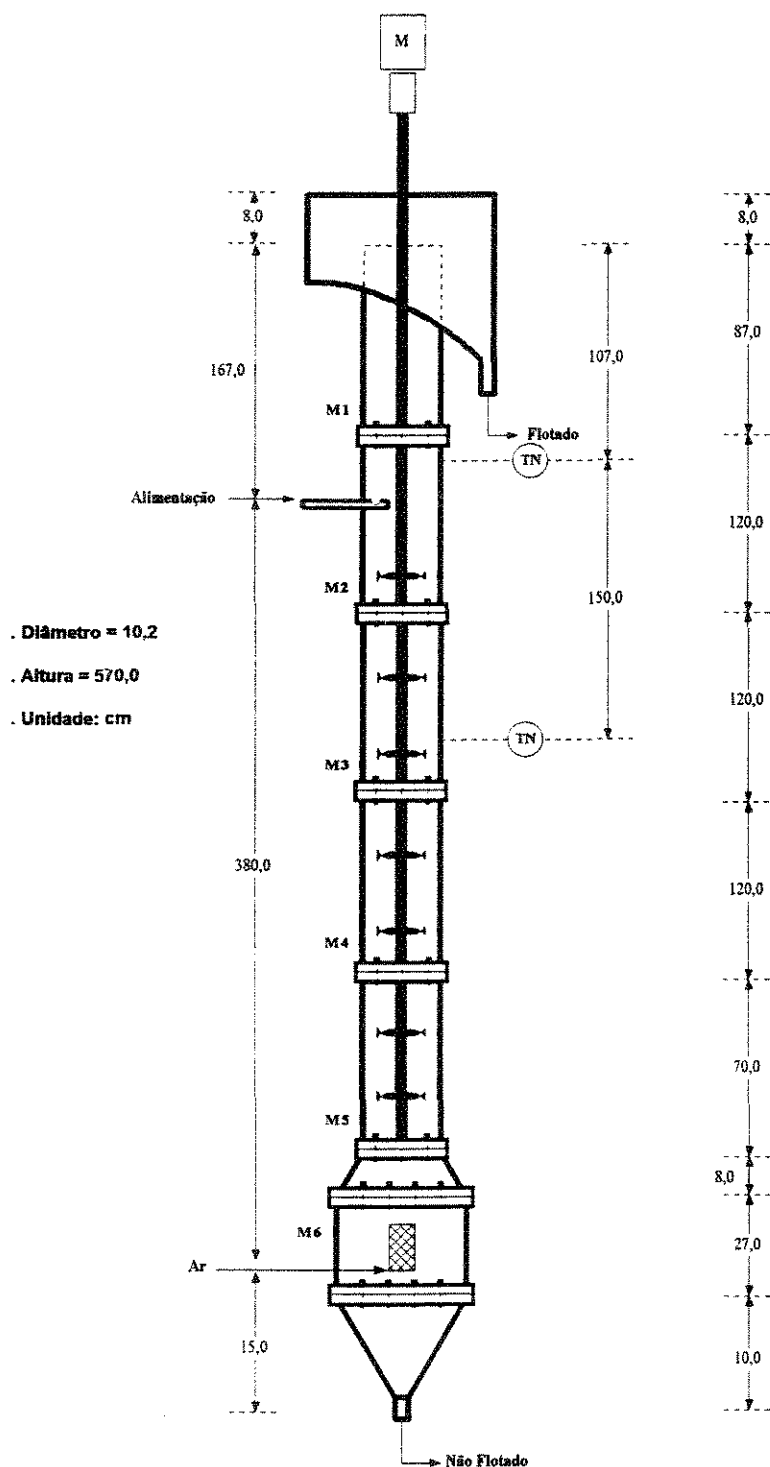


Figura III.5 - Desenho esquemático da coluna agitada

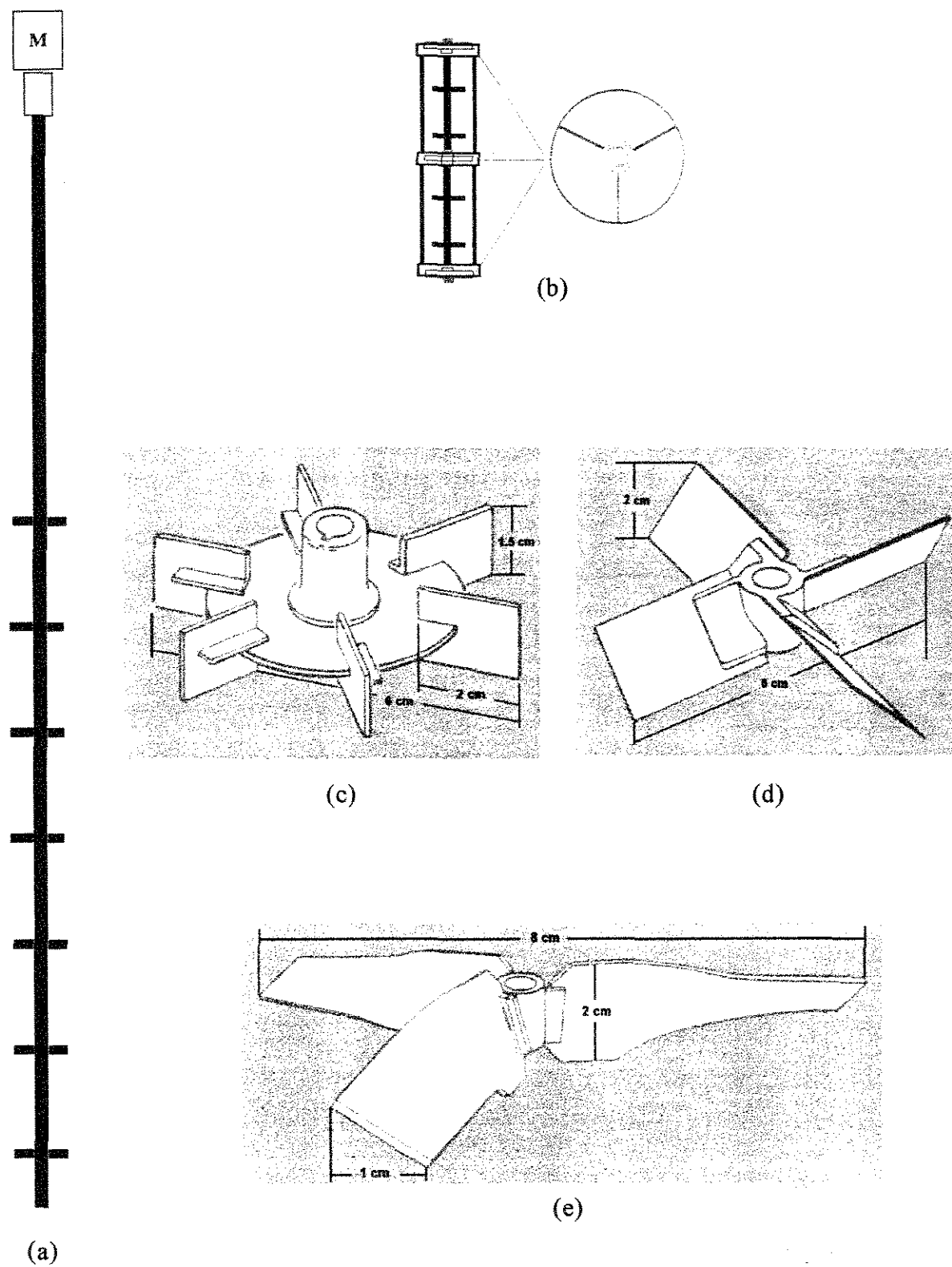


Figura III.6 – Detalhes do sistema de agitação.

III.3.3. Coluna de Recheio

Para realização deste trabalho foi selecionada e adquirida uma coluna de recheio, em escala piloto, da Companhia GL&V Process Equipment Group Inc. de Ontario - Canadá. Na Figura III.7 tem-se um desenho esquemático da mesma com as respectivas dimensões e alguns detalhes construtivos. Esta coluna é construída em acrílico com recheio de placas de aço inoxidável e possui um diâmetro interno de 10,2 cm e altura total de 530,0 cm, sendo 162,5 cm entre os pontos de alimentação da água de lavagem e de polpa e 347,5 cm entre este ponto e o de alimentação de ar na base da coluna. Tem-se ainda 10,0 cm na parte superior, entre o ponto de alimentação de água de lavagem e o transbordo da fração flotada e 10,0 cm, na parte inferior, entre o ponto de entrada de ar e descarga da fração não flotada. Conforme apresentada na Figura III.7 a coluna é constituída basicamente de quatro módulos de 122,5 cm de altura.

O ar é injetado na base da coluna de recheio através de um tubo simples e as bolhas são geradas através do choque do fluxo de ar com as placas corrugadas dispensando a utilização de um sistema de geração de bolhas. A alimentação de polpa é realizada no segundo módulo e a água de lavagem é introduzida no topo da coluna, sobre a camada de espuma, através de uma tubulação. Conforme apresentado no detalhe da Figura III.7 o recheio é constituído de várias placas dobradas em ângulo reto. Essas placas são posicionadas em sentido longitudinal, faceando a parede interna da coluna, formando pacotes de 15 cm de altura. Os pacotes são empilhados uns sobre os outros em toda a seção cilíndrica da coluna desde um pouco acima da entrada de ar, na base da coluna, até um pouco abaixo do ponto de alimentação da água de lavagem no topo da mesma.

Para determinação do “hold up” do ar e controle da altura da camada de espuma durante a operação estão instalados no corpo da coluna dois sensores de pressão com distância de 127,0 cm.

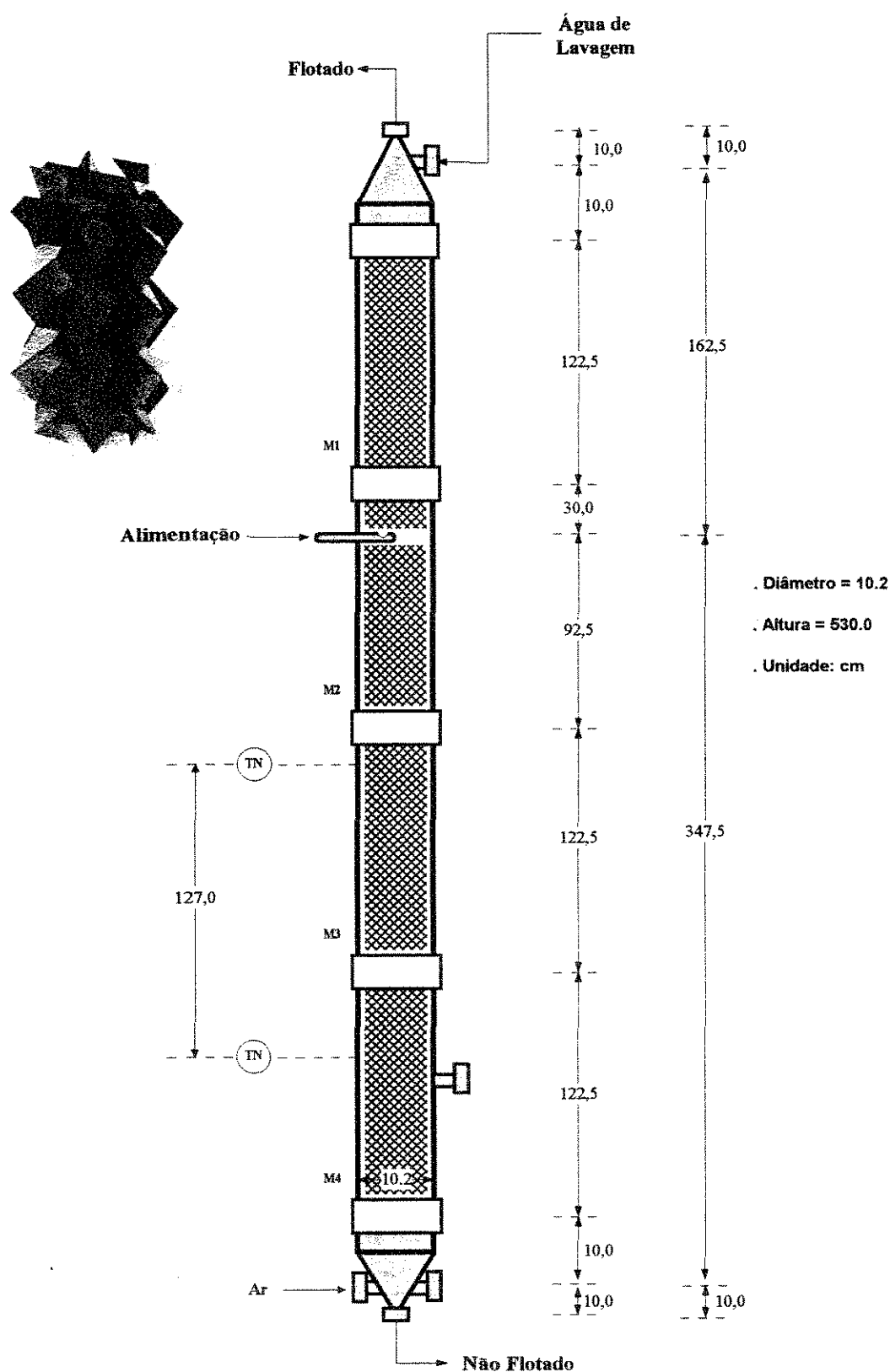


Figura III.7 - Desenho esquemático da coluna de recheio

III.3.4. Sistema de Aeração

Para geração de bolhas nas colunas convencional e agitada foi utilizado um sistema de aeração constituído de três aeradores instalados simetricamente em relação ao centro da seção transversal da coluna. Os aeradores foram construídos com um tubo de PVC perfurado, revestido de borracha natural microperfurada e coberto por uma tela metálica. A finalidade da tela é manter a uniformidade do lençol de borracha após a expansão causada pela pressão do ar, gerando, consequentemente, bolhas de tamanho uniforme.

Na Figura III.8 tem-se um desenho esquemático com as respectivas dimensões do aerador de borracha. Cada aerador possui 37,0 mm de diâmetro, 94,0 mm de altura e uma área superficial porosa de 109,2 cm². A área superficial porosa total do sistema de aeração é de 327,6 cm². Os furos na borracha foram realizados manualmente com a ponta de uma agulha fina obedecendo uma matriz de 60 microfuros por polegada quadrada. A borracha perfurada é colada na parte cilíndrica do tubo de PVC e fixada nas suas extremidades através de abraçadeiras. Cada aerador é fixado, através da sua extremidade inferior, em um suporte. O sistema, contendo os três aeradores de borracha, posicionados verticalmente, foi instalado dentro da câmara de expansão da coluna.

O ar comprimido é alimentado com pressão e vazão controladas no sistema de geração de bolhas através de uma tubulação. O ar passa previamente através de um filtro, que elimina possíveis contaminações de óleo proveniente do compressor e/ou partículas sólidas existentes no ar, de um regulador de pressão e de um rotâmetro de ar. O ar limpo com vazão e pressão controlada entre 20 a 30 psi passa através dos aeradores dilatando os furos existentes na borracha e consequentemente gerando as bolhas de ar.

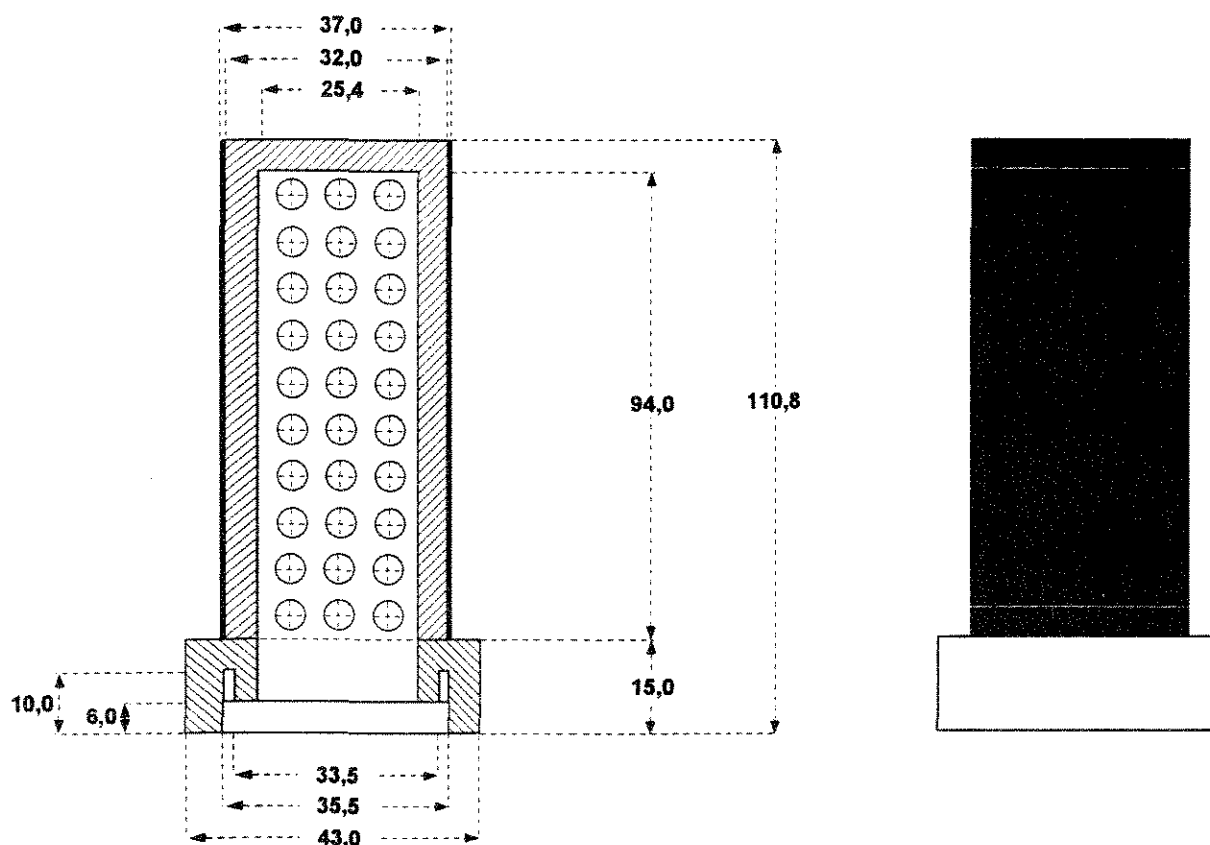


Figura III.8 - Desenho esquemático do aerador de borracha

III.3.5. Sistema de Água de Lavagem

O sistema de água lavagem utilizado nas colunas convencional e agitada consiste de um dispersor circular com diâmetro de 8,0 cm perfurado na parte inferior com furos de 0,1 cm para saída da água. O dispersor fica submerso, 10,0 cm na camada de espuma, abaixo do transbordo da fração flotada. A vazão de alimentação da água de lavagem é controlada e medida através de válvulas e rotâmetro.

Na coluna de recheio o sistema de água de lavagem consiste de apenas um tubo adicionando água com vazão controlada através do rotâmetro, no topo da camada de espuma.

III.3.6. Sistema de Controle

A estratégia utilizada para controle das colunas convencional, agitada e de recheio consistiu basicamente em ajustar e manter constantes os valores de vazão e pressão do ar, vazão da água de lavagem e altura da camada de espuma. As vazões de água de lavagem e de ar foram controladas manualmente através de rotâmetros e a pressão do ar através de um regulador. A altura da camada de espuma foi controlada automaticamente através de um controlador lógico programável que realiza a medição de pressão, através de dois transmissores de nível, em dois pontos da seção de recuperação das colunas e atua na vazão da bomba de polpa da fração não flotada. Dessa forma, o sistema é constituído de dois transmissores de nível modelo LD-301 instalados em cada coluna, um controlador lógico programável CD-600 da *Smar Equipamentos Industriais Ltda* e um conversor de frequência para cada bomba de polpa da fração não flotada.

Os transmissores de nível estão instalados no corpo da coluna e têm como função determinar os valores de pressão em dois pontos da seção de recuperação. Os valores determinados são transformados em sinais elétricos de 4 a 20 mA, enviados para o controlador e transformados novamente em valores de pressão. Utilizando tais valores na equação III.1 obtém-se o valor da altura da camada de espuma. No controlador CD-600, o valor determinado para a altura da camada de espuma é comparado ao valor de “set point” estabelecido previamente pelo operador. O controlador envia um sinal elétrico para o conversor de frequência aumentar ou diminuir a rotação da bomba e conseqüentemente o fluxo de polpa da fração não flotada, de forma a manter constante a altura da camada de espuma. Assim, é possível estabelecer um determinado valor para a altura da camada de espuma e mantê-lo constante.

$$L = \frac{(P_1 \times h_2 - P_2 \times h_1)}{(P_1 - P_2) + (h_2 - h_1) \times \rho_e \times g} \quad (\text{III.1})$$

onde:

L - altura da camada de espuma (cm);

h_1 - altura do sensor superior ao transbordo da coluna (cm);

h_2 - altura do sensor inferior ao transbordo da coluna (cm);

ρ_e - densidade média da espuma (g/cm^3);

P_1 - pressão no sensor superior (kPa);

P_2 - pressão no sensor inferior (kPa);

g - aceleração da gravidade (cm/s^2).

Neste trabalho foi estimado um valor de $0,2 \text{ g/cm}^3$ para a densidade de espuma.

III.3.7. Condicionadores

Para preparação e condicionamento da polpa com os reagentes de flotação foram utilizados 1 (um) tanque e 2 (dois) condicionadores. O tanque tem como objetivo receber o minério seco a uma taxa constante e água com vazão controlada para preparação da polpa à uma concentração de sólidos preestabelecida. A polpa com a concentração de sólidos ajustada é alimentada por gravidade no primeiro condicionador, onde é adicionado o regulador de pH, hidróxido de sódio, e o depressor, amido de milho do tipo collamil, para depressão dos minerais de ganga. A polpa flui do primeiro para o segundo condicionador por gravidade, onde foi adicionado o coletor que tem a função de induzir propriedades hidrofóbicas na superfície das partículas de apatita a serem flotadas. O tanque possui uma saída lateral e os condicionadores possuem 3 (três) saídas para permitir ajuste no tempo de residência da polpa com os reagentes de flotação.

A polpa condicionada é alimentada na coluna convencional, agitada ou de recheio.

III.3.8. Bombas

Durante a realização dos testes foram utilizadas bombas peristálticas para dosagem de reagentes e de parafuso para bombeamento da polpa. As bombas peristálticas são constituídas de um sistema motor-redutor da SEW, para acionamento dos roletes, e cabeça de acrílico. Essas cabeças são fabricadas e as bombas montadas no

Setor de Tecnologia Mineral do CDTN. A variação da rotação do sistema motor-redutor e, conseqüentemente, da vazão da bomba é realizada através de um conversor de frequência. Com isso é possível manter a relação reagente/minério constante para cada condição operacional e realizar ajustes finos da dosagem de reagentes. Para bombeamento da polpa de alimentação e do rejeito da coluna foram utilizadas bombas de parafuso do tipo Nemo modelo NE-15A da Netzsch. Essas bombas são adequadas para utilização em unidades piloto de colunas de flotação devido principalmente a sua característica de bombeamento contínuo da polpa. Para variação da rotação e conseqüentemente da vazão de polpa bombeada foi utilizado um variador mecânico de velocidade na bomba de alimentação e um conversor de frequência na bomba de rejeito. O conversor é acionado através do controlador lógico programável CD-600 para que a rotação da bomba e conseqüentemente o fluxo de polpa seja variado automaticamente de tal maneira a manter a altura da camada de espuma constante.

III.3.9. Alimentador de Minério

Para alimentação de minério na unidade piloto, a uma taxa constante, foi utilizado um alimentador com características adequadas para material com presença de minerais argilosos. O alimentador é constituído de um silo cilíndrico/cônico e de um disco giratório na base, acionado por um sistema motor-redutor. A taxa de alimentação de sólidos é ajustada através da variação da altura do material sobre o disco. Para facilitar o escoamento do minério é fixado ao disco um dispositivo que gira internamente na parte cônica do silo, atuando como um raspador. Assim, minérios de baixa densidade aparente, com umidade elevada e presença de minerais argilosos são removidos das paredes do silo e fluem para o ponto de descarga. O silo é construído em aço inoxidável e possui capacidade de 60 litros.

III.3.10. Reagentes

Neste estudo foram utilizados os mesmos reagentes que estão sendo usados nas unidades industriais da Arafertil e Fosfertil. Como regulador de pH foi utilizado hidróxido de sódio comercial, diluído à uma concentração de 5 % e como depressor dos

minerais de ganga o amido de milho do tipo collamil. Como coletor da apatita foi utilizado o óleo de arroz para o minério da Arafertil e hidrocol, ácido graxo aniônico parcialmente hidrogenado da Hidrovegs, e KE-883, sulfusuccinato de sódio da Henkel para o minério da Fosfertil.

O collamil foi fornecido pela Refinações de Milho Brasil, preparado através de gelatinização a frio com hidróxido de sódio numa relação amido: hidróxido de sódio de 4:1 e diluído à uma concentração de 1,0 %.

Os coletores óleo de arroz e hidrocol foram preparados através de saponificação com hidróxido de sódio, sendo o óleo de arroz saponificado a 70,0 °C e o hidrocol a temperatura ambiente, utilizando uma relação coletor/hidróxido de sódio de 7:1. O processo de saponificação foi realizado durante 15,0 minutos e as soluções foram diluídas à uma concentração de 2,0 %. O coletor KE-883 foi preparado apenas pela diluição em água a uma concentração de 0,5 %. Os valores da concentração de cada reagente foram estabelecidos principalmente em função da sua dosagem e de um valor de vazão adequado para cada bomba utilizada.

III.4. DESCRIÇÃO DA UNIDADE PILOTO COM AS COLUNAS CONVENCIONAL, AGITADA E DE RECHEIO

Para realização deste estudo foi instalada no Setor de Tecnologia Mineral do CDTN uma unidade piloto constituída de um silo/alimentador (SL-1/AL-1), para alimentação do minério a uma taxa constante, um tanque (TQ-1), para preparação da polpa, dois condicionadores (CN-1 e CN-2), necessários ao ajuste do pH e condicionamento dos reagentes depressor e coletores, e as colunas convencional/agitada (CC-1/CA-1) e de recheio (CR-1) para flotação da apatita. Para dosagem dos reagentes e bombeamento da polpa de alimentação e da fração não flotada foram utilizadas bombas peristáltica e de parafuso, respectivamente. Os sistemas de geração de bolhas e de água de lavagem foram instalados nas colunas convencional e agitada. Em todas as colunas foi instalado o sistema de controle da interface polpa/espuma.

Nas Figuras III.9 a III.11 estão apresentados os fluxogramas dos circuitos com as colunas convencional, agitada e de recheio, respectivamente. O minério fosfático é alimentado a uma taxa constante através do silo/alimentador de disco em um tanque juntamente com água para preparação da polpa a uma determinada concentração de sólidos. A polpa é alimentada por gravidade no primeiro condicionador para ajuste do pH com hidróxido de sódio e depressão dos minerais de ganga, silicatos, carbonatos e óxidos de ferro, através da adição de uma solução de amido de milho do tipo collamil gelatinizado. Após o ajuste do pH e condicionamento do depressor a polpa é alimentada por gravidade no segundo condicionador onde são adicionados o coletor óleo de arroz ou hidrocol e KE-883. A polpa condicionada com os reagentes depressores e coletores é diluída e alimentada nas colunas convencional, agitada ou de recheio através de uma bomba de parafuso Netzsch.

A polpa alimentada na coluna flui por gravidade através da seção de recuperação em contracorrente com as bolhas de ar geradas na base através dos aeradores de borracha, no caso das colunas convencional e agitada, ou através do choque do fluxo de ar com as placas corrugadas, no caso da coluna de recheio. As partículas hidrofóbicas de apatita são coletadas pelas bolhas de ar, transportadas para a camada de espuma ou seção de limpeza e descarregadas por transbordo na parte superior da coluna. As partículas não coletadas, ou hidrofílicas, fluem para baixo pela seção de recuperação e são descarregadas na parte inferior da coluna através de uma bomba de parafuso Netzsch de velocidade variável. Essa bomba permite manter constante a altura da camada de espuma através da variação do fluxo de polpa. Para isso, a sua velocidade é ajustada através de um conversor de frequência comandado por um controlador lógico programável que recebe sinal de valores de pressão de dois transmissores de nível instalados nas paredes das colunas.

Na parte superior da seção de limpeza, 10,0 cm abaixo do transbordo da camada de espuma, é adicionada a água de lavagem numa quantidade suficiente para obtenção de um valor de “bias” positivo. A água de lavagem tem como objetivo reduzir a quantidade de partículas de ganga arrastadas pelas bolhas de ar para a fração flotada e consequentemente elevar o teor de P_2O_5 no concentrado.

Os produtos obtidos na fração flotada e não flotada da coluna, concentrado e rejeito, são amostrados, secados, pesados e preparados para análises químicas de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 e calculados os balanços de massa. Os resultados obtidos permitem uma análise do efeito de cada variável de processo e operacional testada e, conseqüentemente, uma comparação da eficiência dos três tipos de coluna estudados.

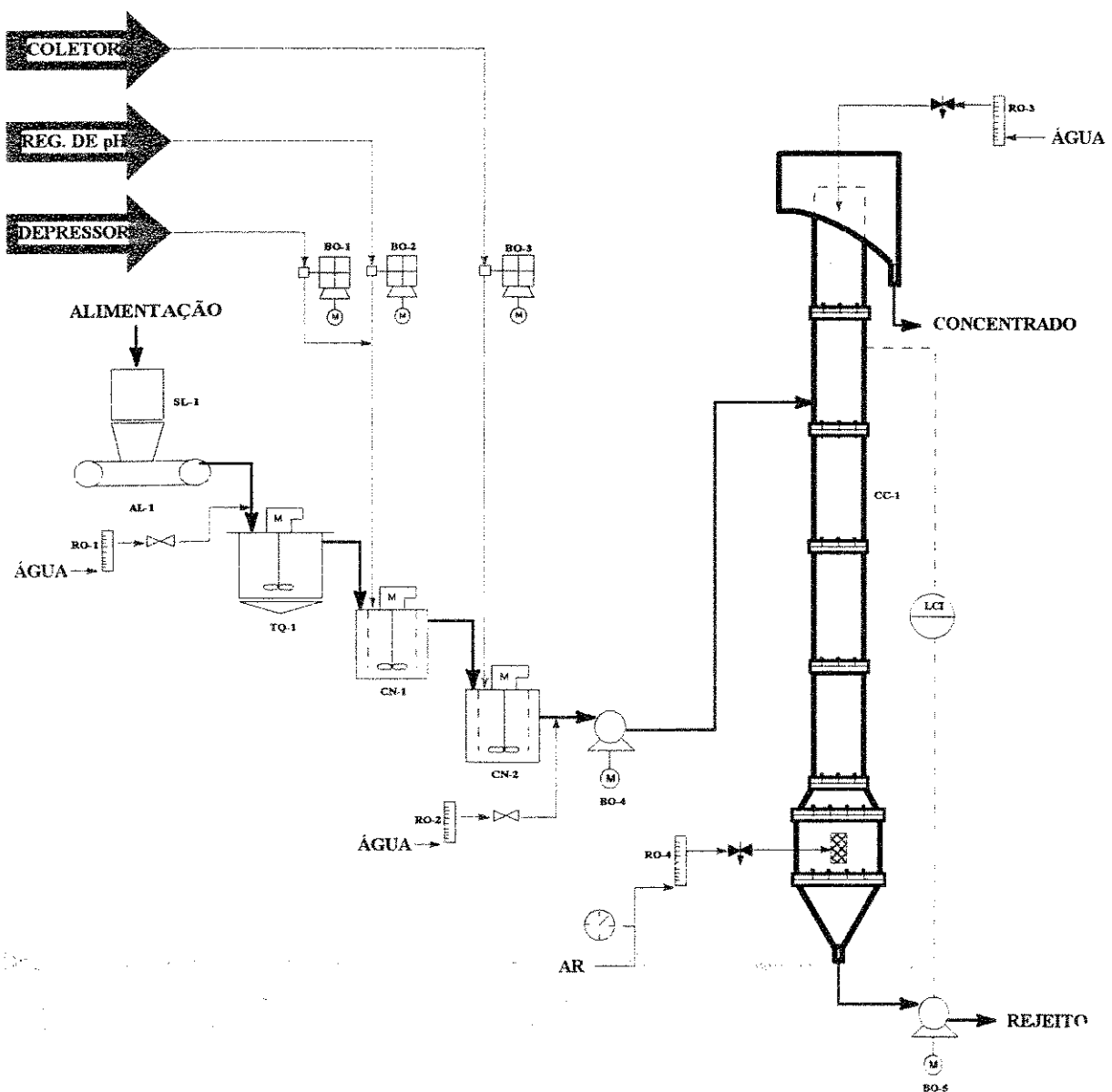


Figura III.9 – Fluxograma do circuito utilizando a coluna convencional

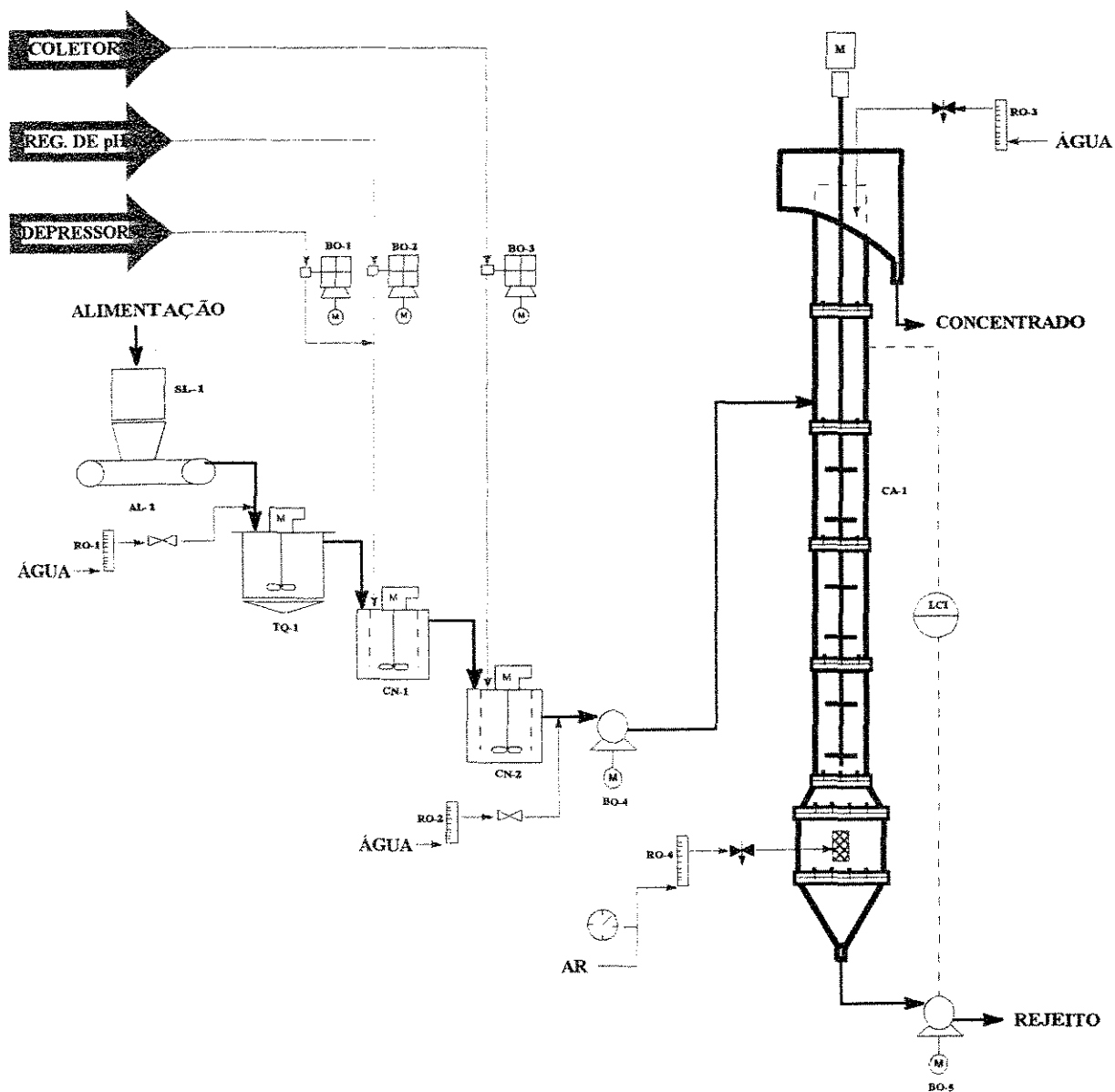


Figura III.10 - Fluxograma do circuito utilizando a coluna agitada

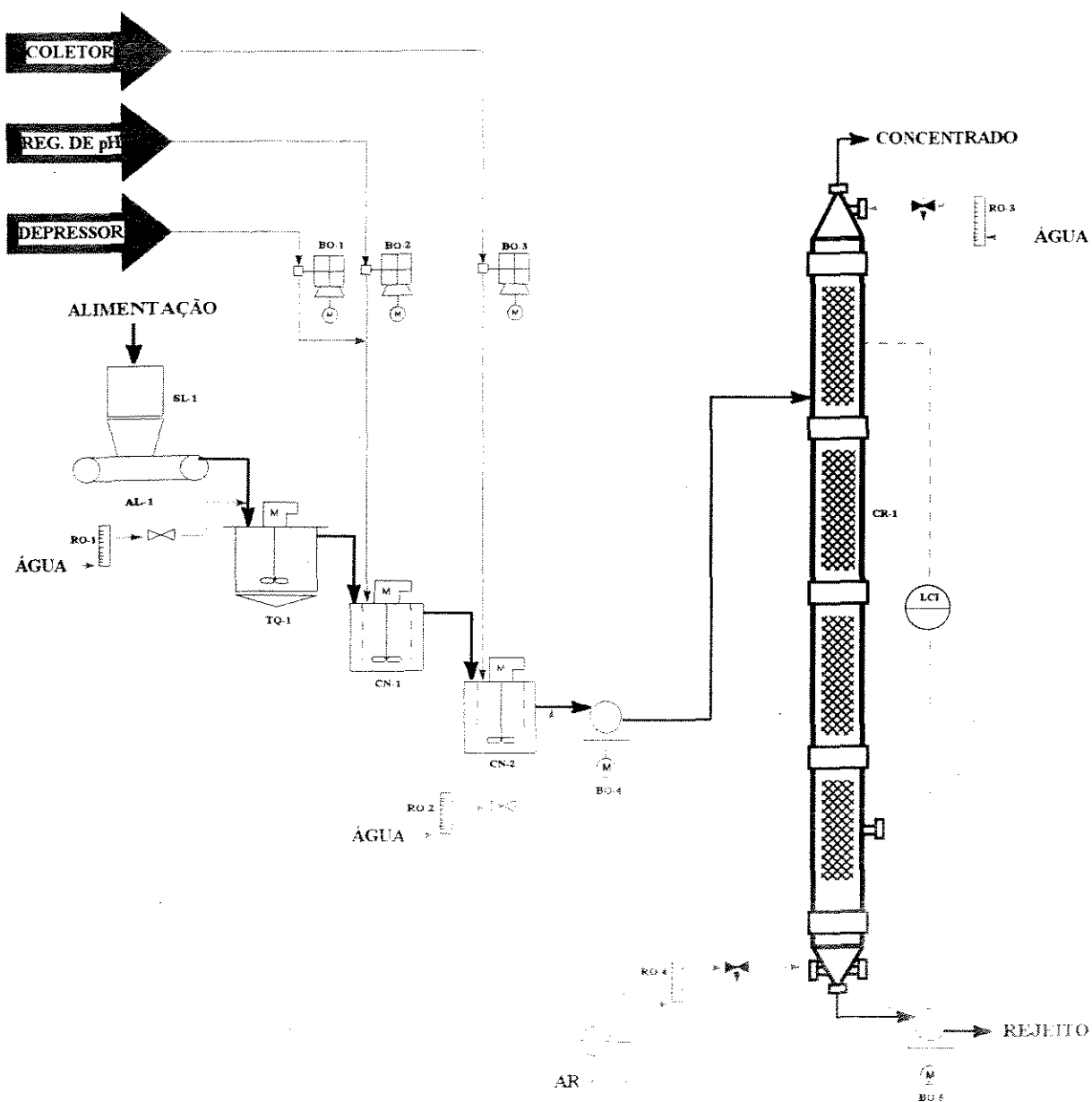


Figura III.11 - Fluxograma do circuito utilizando a coluna de recheio

III.5. TESTES DE FLOTAÇÃO UTILIZANDO AS COLUNAS CONVENCIONAL, AGITADA E DE RECHEIO

Foram realizados testes de flotação utilizando as colunas convencional, agitada e de recheio. Os testes tiveram como principal objetivo verificar o comportamento da flotação de partículas com granulometria relativamente grossa utilizando as amostras de minério fosfático coletadas nos circuitos industriais da Arafertil (Figura III.1) e Fosfertil (Figura III.2). Para isto, foram estudadas as variáveis de processo e operacionais e otimizadas as condições de flotação relativas à tipo de coluna e de amostra estudada.

O planejamento dos experimentos tomou como base estudar o efeito de cada parâmetro isoladamente. Nesse contexto, em cada série de ensaios foi estudado o efeito de uma variável, enquanto as demais eram mantidas constantes. Os valores otimizados eram utilizados na série seguinte de testes. As variáveis mantidas constantes, com os seus respectivos níveis, durante a realização dos testes nas três colunas utilizando as amostras da Arafertil e Fosfertil foram:

VARIÁVEL	ARAFÉRTIL	FOSFÉRTIL
• taxa de alimentação de sólidos (kg/h)	40,0	30,0
• concentração de sólidos no tanque (%)	40,0	50,0
• agitação dos condicionadores (rpm)	925,0	910,0
• concentração de sólidos nos condicionadores (%)	40,0	50,0
• tempo de condicionamento do collamil (min)	9,0	16,0
• tempo de condicionamento do óleo de arroz (min)	13,0	-
• tempo de condicionamento do hidrocol (min)	-	23,0
• tempo de condicionamento do KE - 883 (min)	-	23,0

A seguir estão apresentadas as variáveis com os respectivos níveis estudados nas colunas convencional, agitada e de recheio.

III.5.1. Coluna Convencional

As variáveis estudadas na coluna convencional com as suas respectivas faixas de valores foram as seguintes:

a) Amostra da Arafertil

- dosagem de collamil : 0,0 a 200,0 g/t;
- dosagem de óleo de arroz : 90,0 a 150,0 g/t;
- pH : 10,5 a 12,0;
- tempo de residência da polpa : 7,5 a 15,0 min;
- altura da camada de espuma : 40,0 a 120,0 cm;
- velocidade superficial do ar : 0,50 a 1,50 cm/s;
- % sólidos na alimentação da coluna : 20,0 a 40,0 %;
- velocidade superficial da água de lavagem : 0,00 a 0,35 cm/s.

b) Amostra da Fosfertil

- dosagem de collamil : 370,0 a 530,0 g/t;
- dosagem de hidrocol : 300,0 a 450,0 g/t;
- dosagem de KE – 883 : 25,0 a 100,0 g/t;
- tempo de residência da polpa : 8,0 a 11,0 min;
- altura da camada de espuma : 40,0 a 80,0 cm;
- pH : 9,0 a 10,5.

Para realização dos testes nas colunas agitada e de recheio foram utilizadas as dosagens dos reagentes e o valor de pH otimizados na coluna convencional.

III.5.2. Coluna Agitada

As variáveis estudadas na coluna agitada, com as suas respectivas faixas de valores foram as seguintes:

a) Amostra da Arafertil

- tipo de hélice: turbina-disco de palhetas retas e turbina de palhetas inclinadas;
- número de hélice: 3; 5 e 7;
- distância entre as hélices: 20; 30 e 60 cm;
- velocidade das hélices: 0; 100; 200; 300; 400; 500 e 600 rpm.

b) Amostra da Fosfertil

- tipo de hélice: palhetas tipo aerofólio;
- número de hélice: 5;
- distância entre as hélices: 30 cm;
- velocidade das hélices: 0; 100; 200; 300; 400 e 500 rpm.

III.5.3. Coluna de Recheio

As variáveis estudadas na coluna de recheio, utilizando a amostra de minério fosfático da Arafertil, com as suas respectivas faixas de valores foram as seguintes:

- dosagem de flotanol: 0,0 a 115,0 g/t;
- velocidade superficial do ar: 1,3 a 5,0 cm/s;
- velocidade superficial da água de lavagem: 0,0 a 0,5 cm/s;
- altura da camada de espuma: 100,0 a 300,0 cm;
- % de sólidos na alimentação da coluna: 20,0 a 40,0;
- taxa de alimentação de sólidos: 20,0 a 60,0 kg/h.

Com a amostra de minério fosfático da Fosfértil foram realizados testes na coluna de recheio utilizando as condições otimizadas da coluna convencional e ajustada a vazão de ar.

III.6. CÁLCULO DOS BALANÇOS DE MASSAS

Os testes efetuados no presente estudo consistiram essencialmente em caracterizar as frações flotada e não flotada obtidas em diferentes condições operacionais, onde os principais parâmetros foram variados dentro de determinadas faixas, segundo a programação apresentada no item anterior. Os resultados dos ensaios foram traduzidos pelas recuperações e teores dos elementos de interesse (P_2O_5 , Fe_2O_2 e SiO_2) associados às respectivas condições operacionais.

Os parâmetros utilizados para cálculo das condições operacionais e do balanço de massa para cada teste estão relacionados a seguir:

- tipo de coluna: convencional,agitada e de recheio;
- características básicas de cada coluna:
 - ◆ diâmetro interno;
 - ◆ diâmetro do eixo;
 - ◆ altura;
 - ◆ volume;
- pressão da polpa na coluna;
- distância entre os sensores de pressão;
- rotação do eixo: coluna agitada;
- vazão de sólidos na alimentação;
- teor de fósforo, ferro e silício na alimentação;
- percentagem de sólidos na polpa de alimentação;
- tamanho de partículas na alimentação (d_{80});

- percentagem de sólidos no condicionamento;
- tempo de condicionamento;
- pH da polpa de alimentação;
- vazão e concentração de reagentes;
- vazão de água de lavagem;
- vazão de ar.

Para cada condição operacional, foram determinadas as respostas do processo traduzidas pelas seguintes variáveis:

- vazão de sólidos na fração flotada;
- teor de fósforo, ferro e silício na fração flotada;
- percentagem de sólidos na fração flotada;
- vazão de sólidos na fração não flotada;
- teor de fósforo, ferro e silício na fração não flotada;
- percentagem de sólidos na fração não flotada;
- altura da camada de espuma;
- pressão na coluna: ponto superior e inferior.

Uma correta avaliação de resultados em qualquer programa experimental de testes baseia-se na adequada confiabilidade dos dados, ou seja, em valores estatisticamente válidos. No caso específico deste estudo, os teores dos elementos nos diversos fluxos e a distribuição de massas nas frações flotada e não flotada constituem a base fundamental para a avaliação dos testes.

A determinação dos teores dos elementos de interesse constitui uma operação tecnicamente simples, uma vez que a amostragem dos diversos fluxos – usualmente homogêneos – garante uma adequada representatividade das frações. No entanto, sabe-se que os teores determinados pelas análises estão sujeitos a erros intrínsecos aos

métodos analíticos ou a erros associados a amostragem, ao manuseio ou ao quarteamento das amostras.

Por outro lado, a determinação das massas de cada fluxo através de amostragens diretas apresenta normalmente um alto grau de imprecisão, uma vez que os inevitáveis erros de cronometragem, manuseio, preparação e pesagens das amostras somam-se à irregularidade de vazão dos fluxos. Por essa razão, a utilização de amostragem direta para a determinação da distribuição de massas não é recomendada, mesmo para unidades de pequeno porte. Torna-se, portanto, fundamental a adoção de uma metodologia alternativa para a determinação da distribuição de massas, independente de sua medida direta. Nesse sentido, foi adotada no presente trabalho uma metodologia proposta por Smith & Ichiyen (1973), das Universidades de McGill e Toronto, Canadá, e desenvolvida por Fernandes et al. (1994) e Oliveira, M. L. M. (1997), que permite o ajuste do balanço de massa baseado somente nas análises químicas dos elementos constituintes. Adicionalmente, o método permite corrigir os teores “medidos” desses elementos de forma a harmonizar os dados, minimizando as expectativas de erros entre os valores ajustados e os valores reais que são desconhecidos. Supõe-se, neste caso, que os erros não apresentam correlação entre si e têm uma distribuição estatística normal.

Para o processamento dos dados experimentais foi utilizado um programa computacional próprio para computadores pessoais, desenvolvido em Visual Basic 4.0 da Microsoft, e adaptado para ambiente Windows 95, com suporte do programa Excel – versão 7.0. A partir dos parâmetros operacionais e dos valores “medidos” das variáveis de resposta, o programa efetua a avaliação completa do teste, incluindo os ajustes nos teores dos elementos de controle e os balanços de massa e metalúrgicos.

III.6.1. Características do Programa de Cálculo

O programa computacional desenvolvido para o acompanhamento e avaliação deste trabalho é constituído basicamente de duas rotinas. Através de “caixas de diálogo” interativas, a primeira rotina permite a montagem de um **Banco de Dados**, onde podem ser registradas todas as informações relativas à cada teste, tais como: número, data, objetivos e executores, além das condições operacionais e respectivas variáveis de resposta. A partir do número do teste, definido pelo usuário, a segunda rotina executa os cálculos intermediários requeridos na avaliação do teste, ajusta os teores e balanços de massa, e apresenta os resultados finais em forma de tabela contendo todas as informações requeridas para a avaliação de cada teste.

As Figuras III.12 a III.15 ilustram as “caixas de diálogo” utilizadas para a entrada de dados e montagem do **Banco de Dados**. A Figura III.16 ilustra a tabela de resultados.

The image shows a screenshot of a software dialog box titled "Caracterização do teste". The dialog box contains several input fields and buttons. The fields are: "TESTE No.:" with the value "113", "CÓDIGO DO TESTE:" with the value "CC - 41", "DATA DO TESTE:" with three dropdown menus, "TIPO DE COLUNA UTILIZADA" with a dropdown menu, "OBJETIVO DO TESTE:" with a text box containing "Realizar a flotação na coluna convencional utilizando as melhores condições.", "TÉCNICO RESPONSÁVEL:" with a dropdown menu, and "OPERADOR RESPONSÁVEL:" with a dropdown menu. There are two buttons on the right: "OK" and "Cancelar".

Figura III.12 - Caixa de diálogo - Caracterização do teste

Dados Experimentais (I)

AMOSTRAGEM DO CONCENTRADO Massa de polpa (g) : 3800 Massa de sólidos (g) : 1370 Tempo de amostragem (s) : 180 Teor de P2O5 (%) : 25,03 Teor de Fe2O3 (%) : 21,33 Teor de SiO2 (%) : 2,81	AMOSTRAGEM DO REJEITO Massa de polpa (g) : 2920 Massa de sólidos (g) : 266 Tempo de amostragem (s) : 120 Teor de P2O5 (%) : 7,63 Teor de Fe2O3 (%) : 32,04 Teor de SiO2 (%) : 36,82
AMOSTRAGEM DA ALIMENTAÇÃO MINÉRIO ALIMENTADO Massa de sólidos (g) : 1274 Tempo de amostragem (s) : 120 Teor de P2O5 (%) : 19,86 Teor de Fe2O3 (%) : 24,50 Teor de SiO2 (%) : 12,91 ÁGUA DE PREPARAÇÃO DA POLPA Volume medido (ml) : 1000 Tempo de amostragem (s) : 60	DENSIDADE DAS PARTÍCULAS Alimentação : 3.36 g/cm3 Concentrado : 3.43 g/cm3 Rejeito : 3.24 g/cm3 DIÂMETRO DAS PARTÍCULAS (d80) Alimentação : 200 micra Concentrado : 157 micra Rejeito : 288 micra

Figura III.13 – Caixa de diálogo – Dados experimentais

Água e reagentes

VOLUME DOS CONDICIONADORES Condicionador 1 : 10.7 litros Condicionador 2 : 16.02 litros Condicionador 3 : 0 litros	VAZÃO DE ÁGUA ADICIONADA Diluição da polpa : 1000 ml/minuto Lavagem na coluna : 70 litros/hora Arraste do flotado : 0 ml/minuto
--	---

REAGENTE 1 ▼ Vazão (ml/min) : 9,1 Concentração (%) : 1	REAGENTE 2 ▼ Vazão (ml/min) : 9,1 Concentração (%) : 5	REAGENTE 3 ▼ Vazão (ml/min) : 9,3 Concentração (%) : 1	REAGENTE 4 ▼ Vazão (ml/min) : 4,4 Concentração (%) : 1
REAGENTE 5 ▼ Vazão (ml/min) : 0 Concentração (%) : 0	REAGENTE 6 ▼ Vazão (ml/min) : 0 Concentração (%) : 0	REAGENTE 7 ▼ Vazão (ml/min) : 0 Concentração (%) : 0	

Figura III.14 - Caixa de diálogo – Água e reagentes

Parâmetros operacionais da coluna

COLUNAS CONVENCIONAL E AGITADA		ROTÂMETRO DE GÁS – CALIBRAÇÃO	
DIÂMETRO INTERNO (cm)	DIÂMETRO DO EIXO (cm)	Temperatura (oK)	Pressão (kg/cm ²)
10,2	1,6	294	
DISTÂNCIAS (cm)		CONDIÇÕES DE TRABALHO	
Aerador/alimentação	Aerador/transbordo	Temperatura (oK)	Pressão (psi)
540	360	298	
ROTAÇÃO DO EIXO (coluna agitada)		POSIÇÃO DO FLUTUADOR	
		4	

COLUNA DE RECHEIO	
VOLUME MEDIDO	ALTURA MEDIDA

PRESSÕES NA COLUNA		OUTROS PARÂMETROS	
PRESSÕES MEDIDAS (kPa)		CAMADA DE ESPUMA	
Ponto Superior	Ponto Inferior	Altura total	
8,5	19,3	100	
Distância entre as tomadas de pressão (m)		pH DA POLPA	
1,5		Valor medido	
		11.6	

OK

Cancelar

Figura III.15 – Caixa de diálogo – Parâmetros operacionais da coluna

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA									
TESTE N°:					DATA:				
TIPO DE COLUNA:									
OBJETIVO:									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
ETAPA	VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)								
	* Percentagem de sólidos (%)								
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1		** Tempo de residência (min) ** Percentagem de sólidos (%) ** Soda (g/t) ** Collamii (g/t)						
	* Condicionador 2		** Tempo de residência (min) ** Percentagem de sólidos (%) ** Óleo de Arroz (g/t) ** Flotanol (g/t) ** pH da polpa						
	* Água de diluição (l/h)								
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar ** Água de lavagem ** Polpa ** Bias						
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%) * Altura da camada de espuma (cm) * Tempo de residência da polpa (min) * Tempo de residência das partículas (min) * Rotação na coluna agitada (r.p.m.) * Capacidade de transporte (g/cm ² .min) * Diâmetro médio de bolha (mm) * Hold up do ar (%) * BIAS								
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO									
CONCENTRADO									
REJEITO									

Figura III.16 – Tabela de resultados

CAPÍTULO IV

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

IV.1. INTRODUÇÃO

Para aplicação de um processo de concentração física a um determinado minério é necessário que previamente seja feito um estudo de caracterização completo. Esse estudo normalmente compreende uma caracterização granulométrica, química e mineralógica e tem como objetivo conhecer a granulometria e identificar e quantificar os elementos e os minerais constituintes do minério, as associações mineralógicas e o grau de liberação principalmente do mineral de interesse.

Neste capítulo será apresentado o estudo de caracterização granulométrica, química e mineralógica realizado com as amostras de minério fosfático da Arafertil e Fosfertil. O estudo compreendeu basicamente a determinação da granulometria, o teor e distribuição dos principais elementos nas frações granulométricas, as composições química e mineralógica e o grau de liberação da apatita em ambas as amostras. Além disto, foi também determinada as associações mineralógicas da apatita com os minerais de ganga.

IV.2. CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA

As distribuições granulométricas das amostras coletadas nas unidades industriais da Arafertil e Fosfertil utilizadas neste estudo estão apresentadas na Tabela IV.1 e Figura IV.1. Os resultados mostram que o minério da Fosfertil apresenta granulometria mais grossa do que o da Arafertil.

Nas Tabelas IV.2 e IV.3 e Figuras IV.2 e IV.3 estão apresentados os teores e distribuições de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas diversas frações granulométricas das amostras da Arafertil e da Fosfertil e a distribuição de massa. Os resultados mostram que o teor de P_2O_5 mantém-se praticamente constante nas frações granulométricas da amostra da Arafertil e é crescente com a redução da granulometria na amostra da Fosfertil. O teor de Fe_2O_3 é crescente e o de SiO_2 decrescente com a redução da granulometria em ambas as amostras. Com relação às distribuições de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 pode-se verificar que, na amostra da Arafertil, tem-se em ordem decrescente de concentração SiO_2 , P_2O_5 e Fe_2O_3 e, na amostra

da Fosfertil, tem-se, em ordem decrescente, SiO_2 , Fe_2O_3 e P_2O_5 para tamanhos superiores a $150\ \mu\text{m}$ e para tamanhos inferiores ocorre uma inversão entre Fe_2O_3 e P_2O_5 .

Tabela IV.1 – Distribuição granulométrica das amostras da Arafertil e Fosfertil

Tamanho		Arafertil		Fosfertil	
(malhas)	(micra)	% Peso	% Acumulada	% Peso	% Acumulada
28	590	-	-	2,0	2,0
35	420	2,8	2,8	4,1	6,1
48	297	4,8	7,6	6,6	12,7
65	210	9,5	17,1	11,8	24,5
100	149	18,3	35,4	27,9	52,4
150	105	20,4	55,8	18,5	70,9
200	74	16,0	71,8	14,2	85,1
270	53	10,2	82,0	5,8	90,9
325	44	8,7	90,7	3,8	94,7
400	37	3,3	94,0	1,1	95,8
-400	-37	6,0	100,0	4,2	100,0
Alimentação		100,0	-	100,0	-

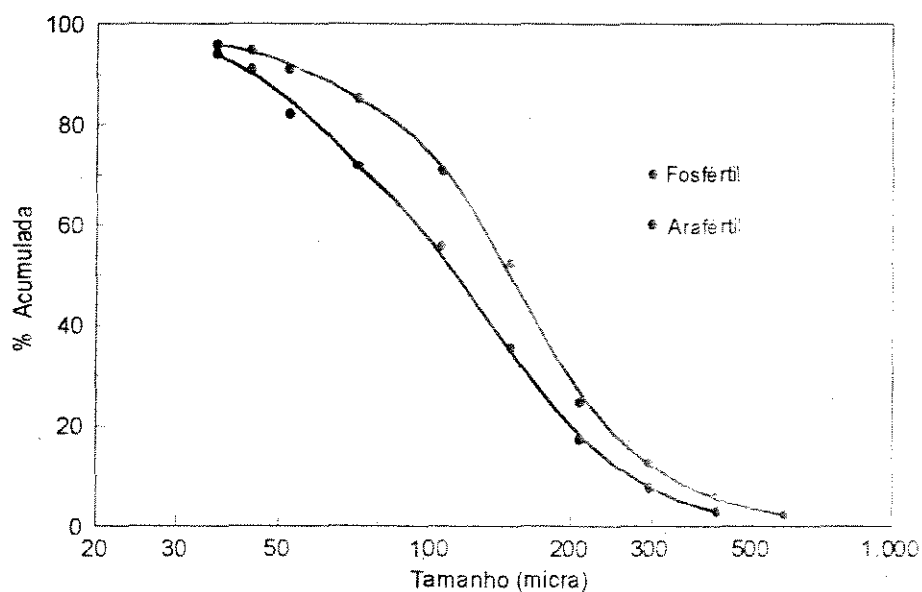


Figura IV.1 - Distribuição granulométrica acumulada das amostras da Arafertil e Fosfertil

Tabela IV.2 - Teor e distribuição de Massa, P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Arafertil

Tamanho		Teor (%)			Distribuição (%)			
Malhas	Micra	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
35	420	19,8	13,2	11,50	2,8	2,7	2,3	5,3
48	297	21,4	12,1	9,70	7,6	7,5	5,9	12,7
65	210	24,5	13,2	7,29	17,1	18,4	13,7	23,9
100	149	23,8	12,2	8,10	35,4	39,0	27,0	47,7
150	105	20,9	15,3	5,52	55,8	59,2	47,0	65,9
200	74	19,5	18,2	5,70	71,8	74,0	65,1	80,6
270	54	19,2	19,3	4,96	82,0	83,2	77,3	88,7
325	44	19,6	19,4	4,96	90,7	91,2	87,8	95,7
400	37	20,1	20,2	3,78	94,0	94,4	92,0	97,7
-400	-37	19,6	21,3	2,33	100,0	100,0	100,0	100,0
Alimentação		21,2	16,1	6,20	-	-	-	-

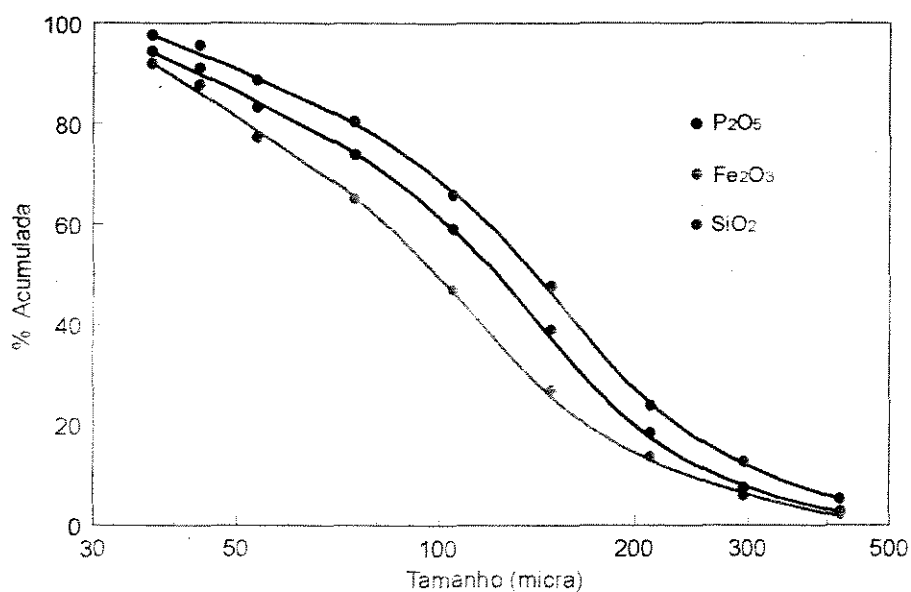


Figura IV.2 – Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Arafertil

Tabela IV.3 – Teor e distribuição de Massa, P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Fosfertil.

Tamanho		Teor (%)			Distribuição (%)			
Malhas	Micra	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
28	590	2,17	11,10	46,1	2,0	0,4	2,2	2,8
35	420	3,81	10,90	46,0	6,1	1,9	6,5	8,5
48	297	6,33	9,97	43,2	12,7	5,8	12,8	17,1
65	210	9,14	8,68	40,0	24,5	16,1	22,7	31,4
100	149	11,40	8,20	34,5	52,4	46,1	44,7	60,5
150	105	12,50	9,76	29,8	70,9	68,0	62,1	77,2
200	74	12,40	11,70	26,6	85,1	84,7	78,1	88,6
270	53	12,00	14,40	23,9	90,9	91,3	86,2	92,8
325	44	10,90	16,20	23,0	94,7	95,2	92,2	95,5
400	37	10,30	18,20	22,0	95,8	96,3	94,1	96,2
-400	-37	9,52	14,90	30,3	100,0	100,0	100,0	100,0
Alimentação		10,57	10,38	33,1		-	-	-

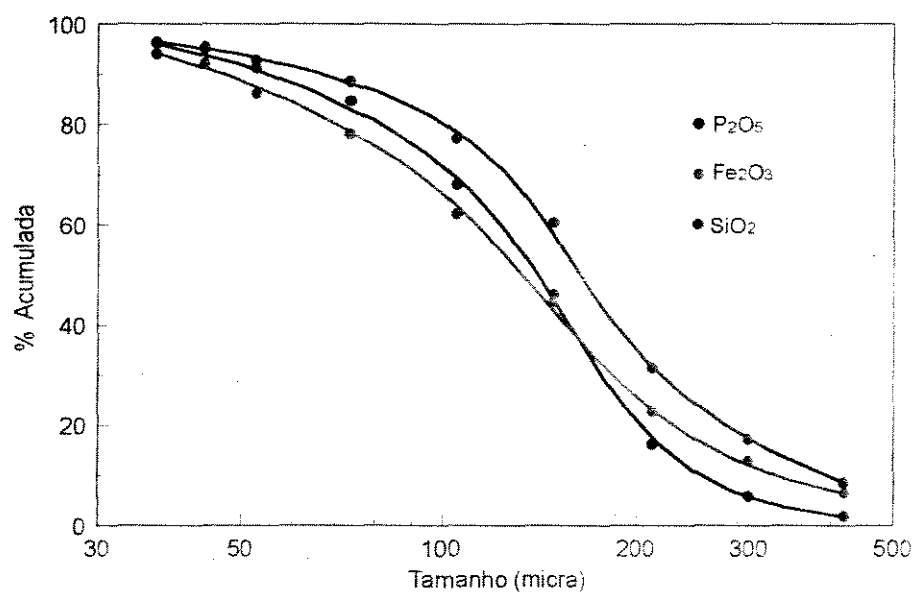


Figura IV.3 – Distribuição de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 nas frações granulométricas da amostra da Fosfertil

IV.3. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA

Na Tabela IV.4 e Figura IV.4 estão apresentadas as composições químicas das amostras da Arafertil e Fosfertil coletadas para realização deste estudo. Esses resultados mostram que o teor de P_2O_5 da amostra da Arafertil é aproximadamente o dobro do teor da amostra da Fosfertil. Por outro lado, a amostra da Arafertil apresenta uma diferença entre o teor de P_2O_5 apatítico e o de P_2O_5 total, indicando a presença de fósforo em outros minerais além da apatita. Os teores dos contaminantes SiO_2 e MgO são mais elevados na amostra da Fosfertil e o de Al_2O_3 na amostra da Arafertil. O teor de Fe_2O_3 é semelhante nas duas amostras.

Tabela IV.4 - Composição química das amostras da Arafertil e Fosfertil

Composto	Teor (%)	
	Arafertil	Fosfertil
P_2O_5 Total	23,5	10,5
P_2O_5 Apatítico	20,7	10,5
Fe_2O_3	15,6	12,7
CaO	31,8	18,0
MgO	1,10	10,7
SiO_2	6,62	19,1
$BaSO_4$	5,43	-
Al_2O_3	2,70	1,20

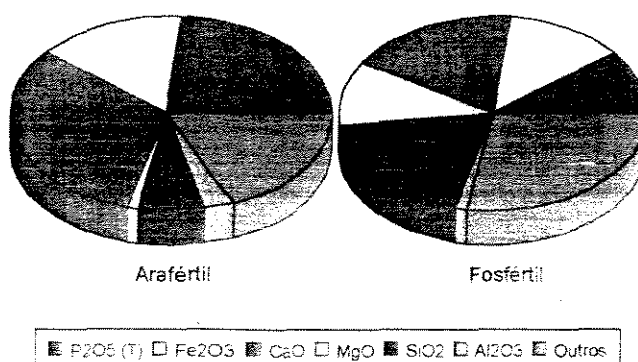


Figura IV.4 - Diagramas da composição química das amostras

IV.4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

A caracterização mineralógica das amostras de fosfato da Arafértil e Fosfértil foi realizada com o objetivo de identificar e quantificar os minerais, determinar as suas associações mineralógicas e o grau de liberação da apatita. Para permitir a obtenção de resultados satisfatórios as amostras foram classificadas em diferentes faixas granulométricas e estudada cada fração separadamente. A seguir estão apresentados os resultados e comentários do estudo de caracterização mineralógica realizado com as amostras da Arafértil e Fosfértil.

IV.4.1. Amostra da Arafértil

A composição mineralógica, o grau de liberação da apatita e as associações dos minerais foram determinados na amostra da Arafértil com o minério classificado nas seguintes faixas granulométricas: + 210; - 210 + 105; - 105 + 53 e - 53 μm . A partir da composição mineralógica e da massa contida em cada fração foi determinada a mineralogia da amostra original. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV.5 e Figura IV.5 e mostram que o minério caracteriza-se por conter principalmente apatita (granular e microcristalina) e minerais opacos (ilmenita, magnetita, hematita e goethita), além de quantidades subordinadas de vermiculita, quartzo, barita, minerais de titânio (rutilo, titanita e anatásio), monazita e feldspato sericitizado. O teor de apatita é decrescente e o de minerais opacos crescente com a redução da granulometria. Na Figura IV.6 são apresentadas fotomicrografias do minério nas diversas frações granulométricas.

Tabela IV.5 – Composição mineralógica da amostra da Arafertil
e de suas frações granulométricas

Minerais	Amostra	Fração Granulométrica (μm)			
		+ 210	- 210 + 105	- 105 + 53	- 53
Apatita Granular	18,9	21,3	21,3	17,7	14,2
Apatita Microcristalina	9,6	16,9	9,8	8,8	4,5
Opacos ⁽¹⁾	54,3	38,4	50,7	57,0	69,3
Vermiculita ⁽²⁾	5,2	10,1	5,0	4,9	2,3
Barita	3,6	6,3	4,7	2,3	1,1
Quartzo	3,2	5,9	3,4	2,7	1,2
Ti-minerais ⁽³⁾	3,5	1,1	3,0	4,0	5,5
Monazita	1,3	1,0	1,3	1,3	1,3
Feldspato Sericitizado	0,9	0,8	0,7	1,4	0,6
Carbonato	Traços	traços	traços	traços	traços

- (1) Os minerais opacos foram identificados em análises difratométricas como ilmenita, magnetita, goethita e hematita;
(2) Dentre as micas, predomina a vermiculita, estando também presentes a clorita e moscovita;
(3) O grupo de minerais de titânio engloba essencialmente rutilo, titanita e anatásio.

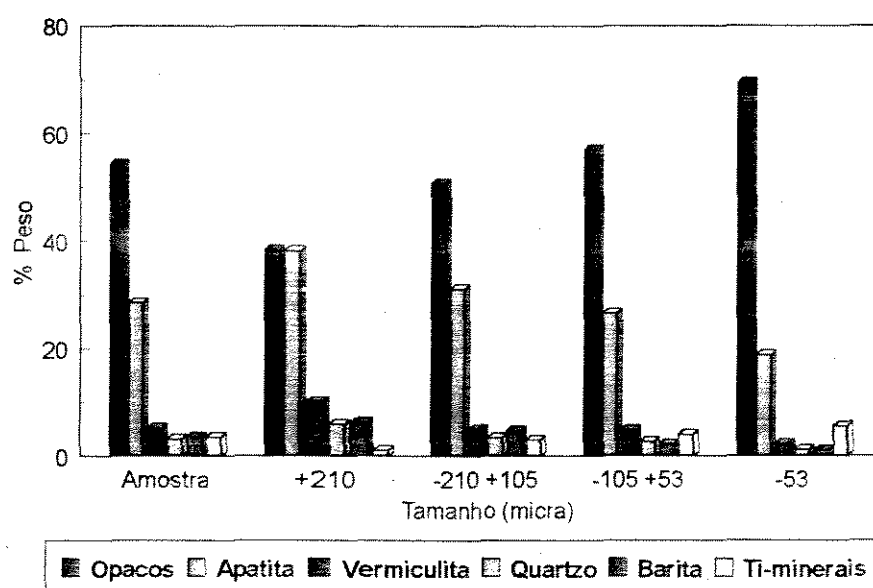


Figura IV.5 – Representação gráfica da composição mineralógica da amostra da Arafertil e de suas frações granulométricas

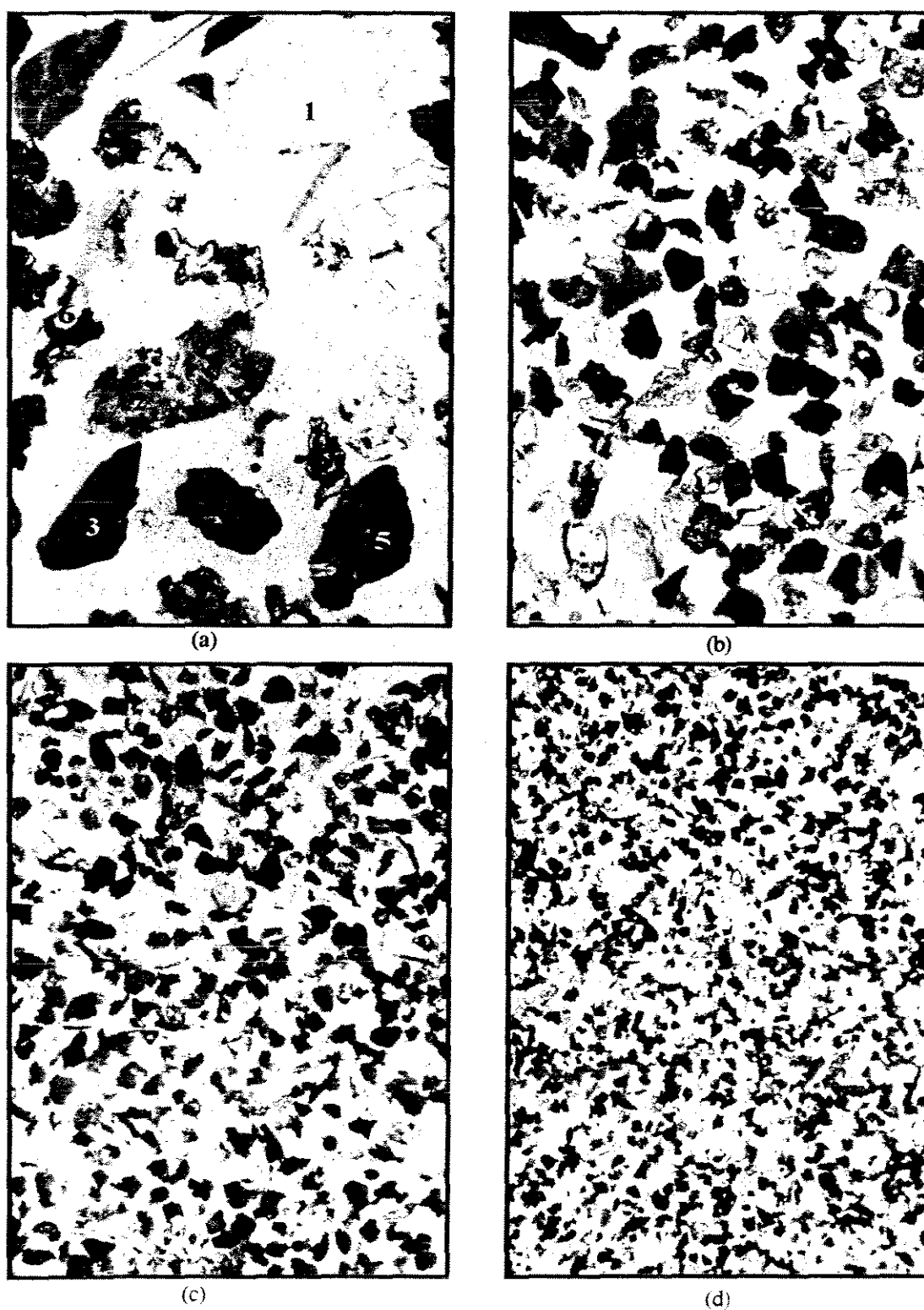


Figura IV.6 – Fotomicrografias do minério apatítico da Arafertil nas frações granulométricas: (a) + 210; (b) - 210 + 105; (c) -105 + 53 e (d) - 53 μm . Minerais identificados: apatita granular (1); apatita microcristalina (2); minerais opacos (3); vermiculita (4); minerais de titânio (5) e quartzo (6)

As percentagens em peso apresentadas nos resultados de caracterização mineralógica foram calculadas a partir das percentagens em volume, obtidas no microscópio ótico, e das densidades dos minerais extraídas de Dana (1969).

Além da identificação e quantificação das fases minerais foram também observadas suas formas de ocorrência e interrelações, destacando-se:

- o mineral-minério, apatita, possui duas formas de ocorrência, sendo aqui denominadas apatita granular e microcristalina. Embora a quantificação da apatita granular tenha sido relativamente simples, o mesmo não ocorreu com a apatita microcristalina, devido a sua associação ou disseminação com outros minerais. De modo geral a apatita granular é límpida, enquanto a microcristalina tem aspecto turvo conforme pode ser observado na Figura IV.7. Observa-se uma frequente associação da apatita com minerais opacos;
- em análise realizada no microscópio eletrônico de varredura (MEV) foi possível observar que a apatita microcristalina ocorre comumente associada à gorceixita $((\text{Ba,Ca,Sr})\text{Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, sugerindo tratar-se de produto de alteração da apatita granular (Figura IV.8). Relictos de apatita granular preservam-se em meio a esses produtos de alteração;
- é frequente a ocorrência de barita associada à apatita, conforme se observa na Figura IV.9, obtida através da análise de imagem de elétrons retroespalhados no microscópio eletrônico de varredura. Vale ressaltar que a quantificação da barita ao microscópio ótico é difícil, principalmente nas frações mais finas e, portanto, seu percentual pode estar subestimado;
- de modo geral, o feldspato encontra-se parcialmente substituído por moscovita, caolinita e carbonato.

A partir dos resultados obtidos no estudo de caracterização mineralógica foi determinado o grau de liberação da apatita nas diversas frações granulométricas e calculado para a amostra original. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV.6 e Figura IV.10 e mostram que o grau de liberação da apatita granular é mais elevado que o da apatita microcristalina, principalmente nas frações finas.

O grau de liberação da apatita granular varia de 37 a 95% e o da apatita microcristalina de 39 a 78% da fração grossa (+ 210 μm) para a fração fina (- 53 μm), respectivamente. Os graus de liberação da apatita granular e microcristalina na amostra composto são apenas 70 e 62 %, respectivamente. Os principais minerais associados à apatita granular são os opacos (Figura IV.7), barita e ainda apatita microcristalina intercrescida com gorceixita (Figura IV.11). Inclusões de monazita e carbonato são eventualmente observadas. As partículas de apatita microcristalina associada com gorceixita não foram consideradas como grãos mistos, pois a quantificação separada desses minerais ao microscópio ótico é muito difícil.



(a)



(b)

Figura IV.7 – Fotomicrografias do minério da Arafertil na fração granulométrica + 210 μ m, exibindo grãos de apatita microcristalina turva (1) e granular limpa (2). As fotos apresentadas foram obtidas ao microscópio ótico com nicóis descruzados (a) e cruzados (b)

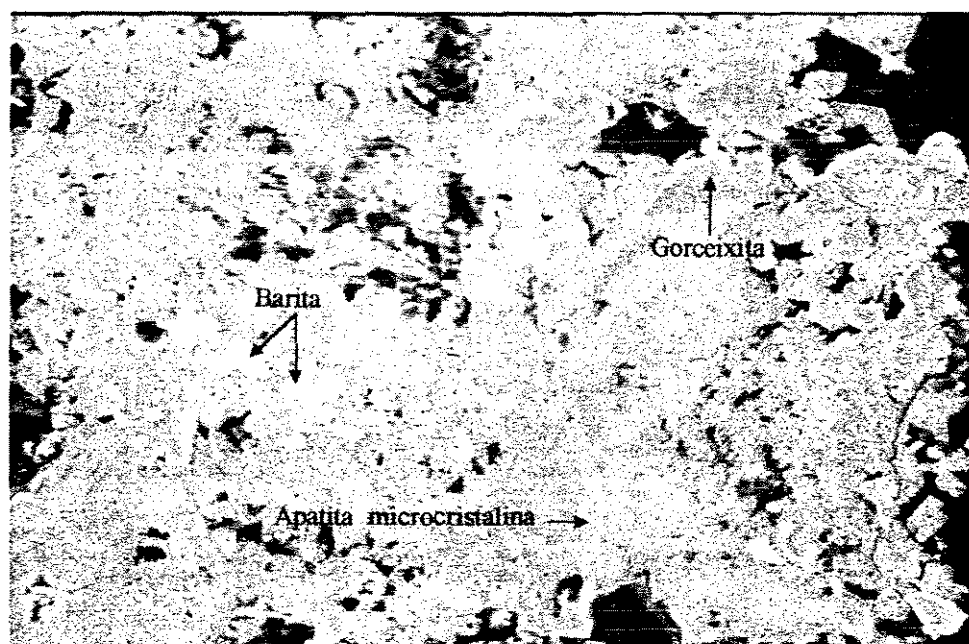


Figura IV.8 – Imagem de elétrons retroespalhados, obtida em microscópio eletrônico de varredura, mostrando apatita granular alterada à gorceixita e apatita microcristalina

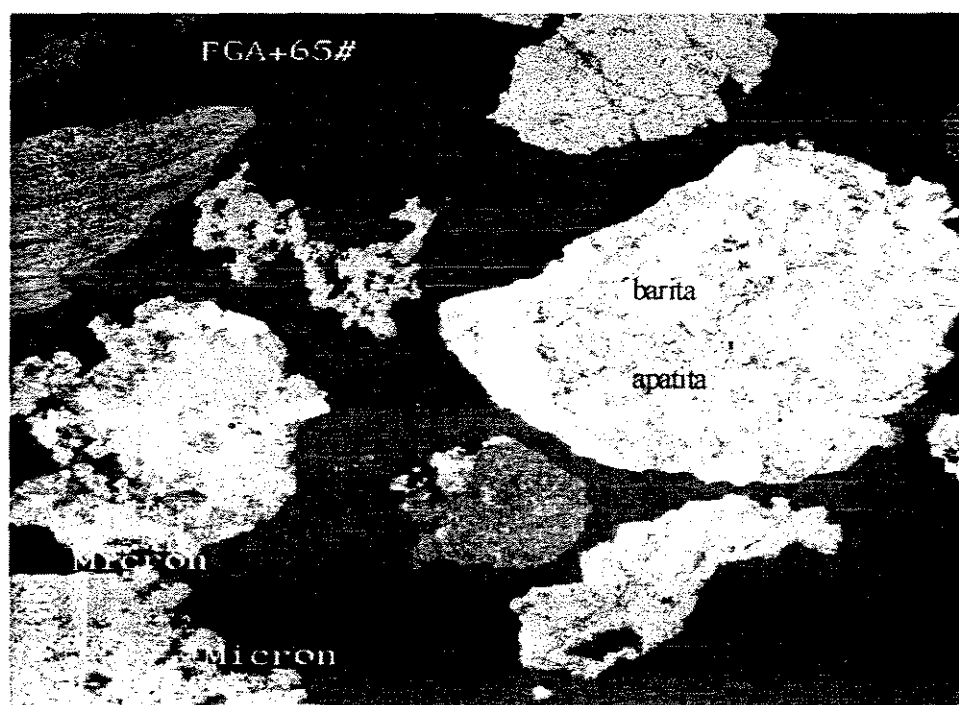


Figura IV.9 – Imagem de elétrons retroespalhados obtida em microscópio eletrônico de varredura, mostrando detalhe da apatita associada com barita

Tabela IV.6 - Grau de liberação da apatita granular e microcristalina da amostra da Arafertil e de suas frações granulométricas

Fração Granulométrica (μm)	Grau de Liberação (%)	
	Apatita Granular	Apatita Microcristalina
+ 210	37	39
- 210 + 105	66	61
- 105 + 53	82	69
- 53	95	78
Amostra	70	62

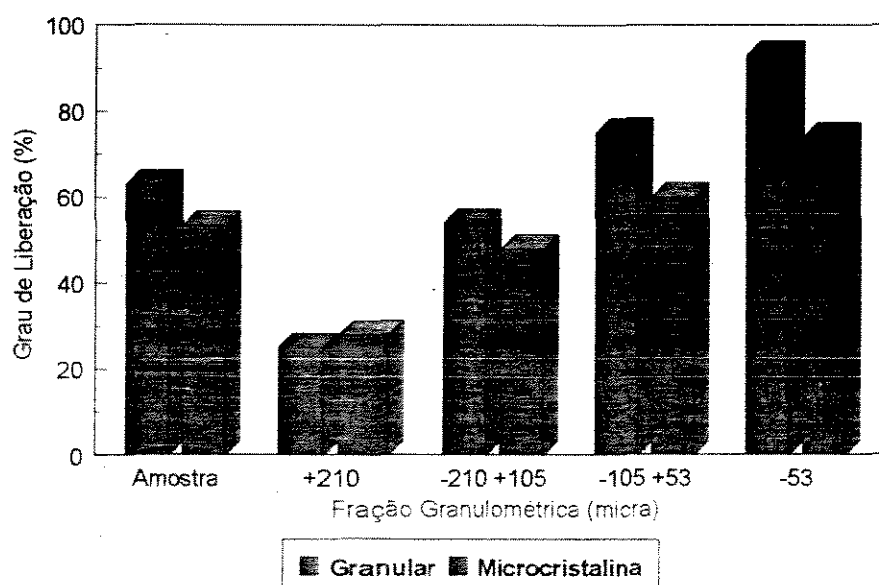


Figura IV.10 - Representação gráfica do grau de liberação da apatita granular e microcristalina da Arafertil

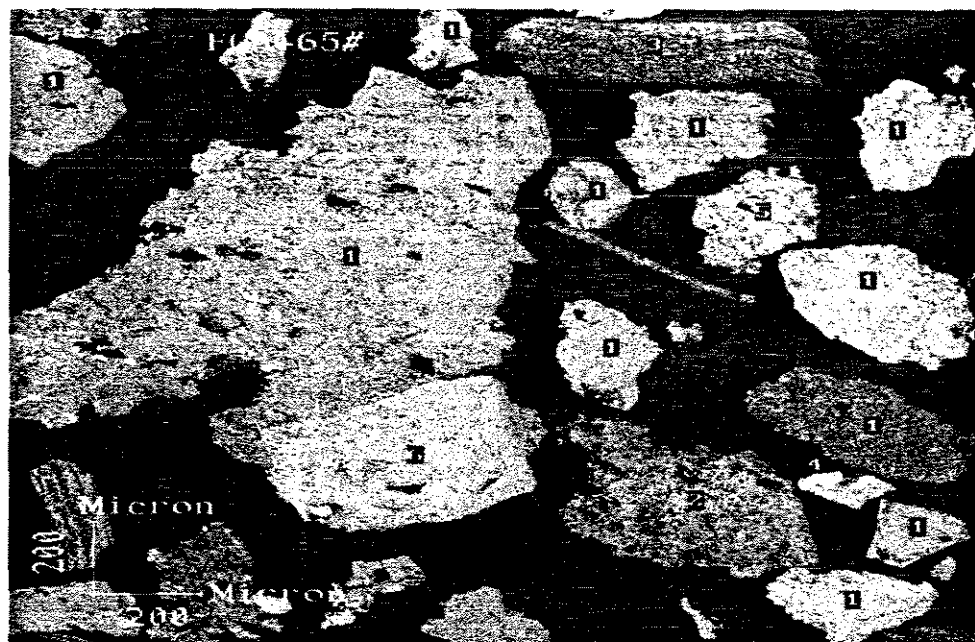


Figura IV.11 – Imagem de elétrons retroespalhados da amostra FGA + 210 µm, obtida via microscópio eletrônico de varredura, mostrando apatita (1), quartzo com inclusões de óxido de ferro (2), clorita (3), barita (4), partícula mista de apatita com óxido de ferro (5) e magnetita (6) parcialmente incluída na apatita.

IV.4.2. Amostra da Fosfertil

Para a amostra de minério fosfático da Fosfertil foi determinada a composição mineralógica, o grau de liberação da apatita e as associações dos minerais com o material classificado nas seguintes faixas granulométricas: + 210; - 210 + 149; - 149 + 74 e - 74 µm. A partir da composição mineralógica e da massa contida em cada fração foi determinada a mineralogia da amostra original. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV.7 e Figura IV.12 e mostram que o minério é composto essencialmente de apatita, vermiculita, piroxênio (diopsídio), minerais opacos (magnetita, ilmenita, e goethita) e minerais de titânio (anatásio, perovskita e titanita). Na Figura IV.13 são apresentadas fotomicrografias do minério nas diversas frações granulométricas

Tabela IV.7 – Composição mineralógica da amostra da Fosfertil e de suas frações granulométricas

Minerais	Amostra	Fração Granulométrica (µm)			
		+ 210	- 210 + 149	- 149 + 74	- 74
Apatita	22,7	16,4	25,6	27,2	17,5
Opacos ⁽¹⁾	26,0	16,9	19,9	27,1	44,7
Piroxênio ⁽²⁾	20,9	23,1	26,2	18,5	16,1
Ti-minerais ⁽³⁾	14,7	9,8	13,6	17,3	17,9
Vermiculita	13,2	31,1	10,7	6,8	3,1
Carbonato	2,0	2,6	3,2	1,5	0,7
Quartzo	< 1,0	< 1,0	0,8	0,8	< 1,0
Feldspato ⁽⁴⁾	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,8	< 1,0
Monazita	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

(1) Os minerais opacos são magnetita, ilmenita e goethita;

(2) O piroxênio foi identificado, através de difratometria de raios-x, como sendo diopsídio;

(3) Os minerais de titânio incluem anatásio, perovskita e titanita;

(4) O feldspato encontra-se parcialmente alterado à sericita e alguma caolinita.

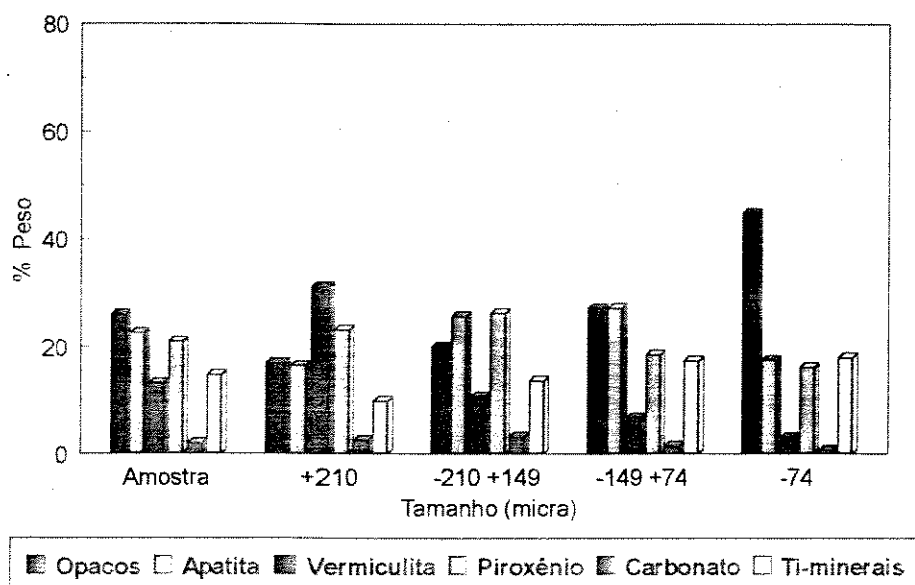


Figura IV.12 – Representação gráfica da composição mineralógica da amostra da Fosfertil e de suas frações granulométricas

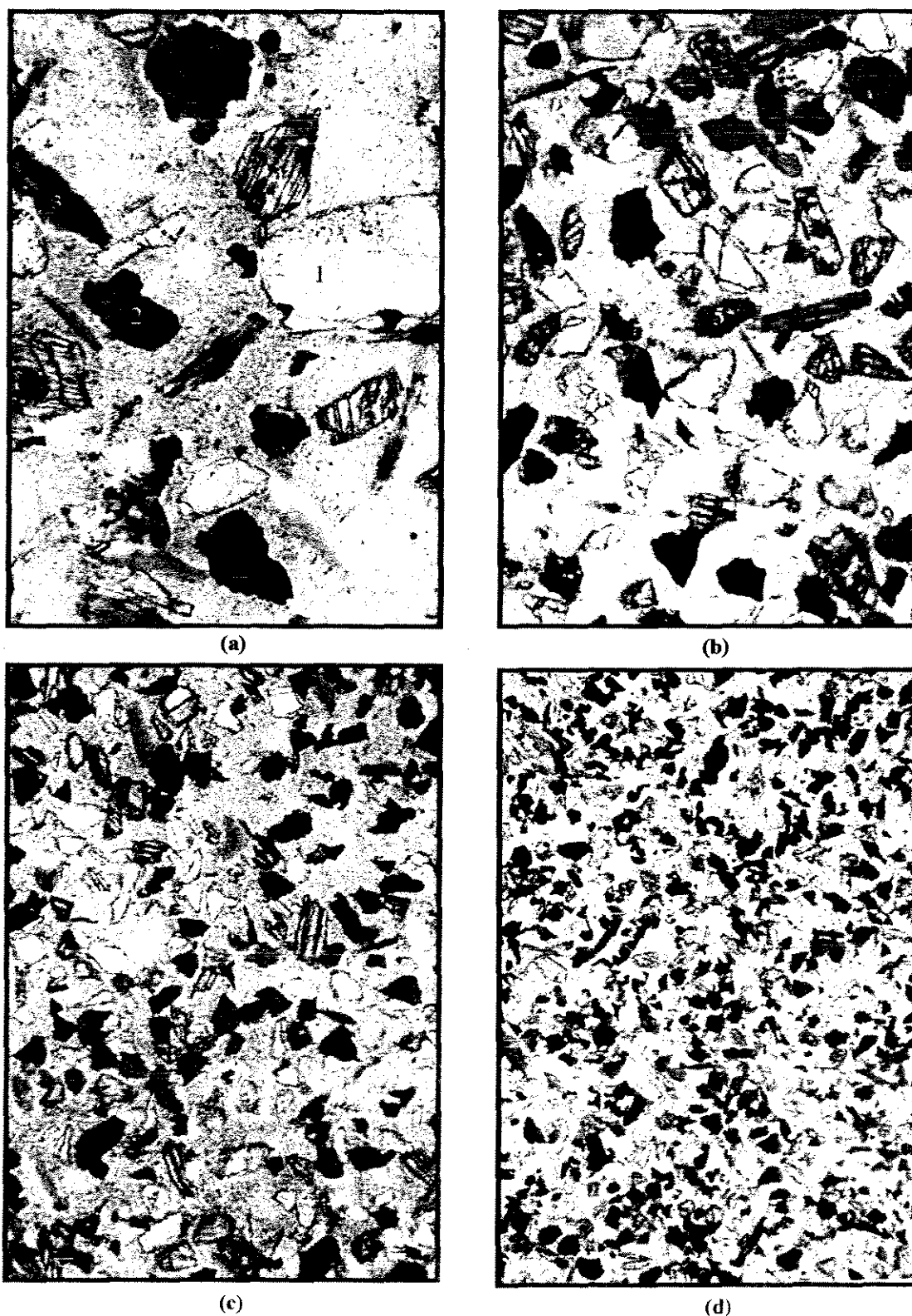


Figura IV.13 – Fotomicrografias do minério apatítico da Fosfertil nas frações granulométricas: (a) + 210; (b) - 210 + 149; (c) - 149 + 74 e (d) - 74 μm . Minerais identificados: apatita (1); opacos (2); vermiculita (3); piroxênio (4) e minerais de titânio (5)

Sob o ponto de vista da composição e associações mineralógicas, pode-se destacar que:

- o mineral-minério, apatita, ocorre essencialmente de forma granular e límpida, conforme pode ser observado na Figura IV.14. O teor de apatita varia de 16,4 a 27,2 %, estando mais concentrado nas frações intermediárias ($- 210 + 149$ e $- 149 + 74 \mu\text{m}$). O teor dos minerais opacos é crescente com a redução da granulometria, atingindo níveis elevados (44,7 %) na fração fina ($- 74 \mu\text{m}$);
- no microscópio eletrônico, pode-se observar que a apatita possui composição a base de cálcio, fósforo e flúor. Ressalta-se também pequenas variações na sua composição, conforme pode ser visto pelos diferentes tons de cinza na eletronicmicrografia da Figura IV.15. Essas variações refletem um enriquecimento em sódio e estrôncio ao longo de fraturas intragranulares. Foi também possível identificar ao microscópio eletrônico de varredura abundantes inclusões de monazita na apatita, como mostram as eletronicmicrografias das Figuras IV.15 e IV.16, e ainda intercrescimento de apatita com feldspato (Figura IV.17);
- o minério contém abundantes quantidades de micas, com ampla predominância de vermiculita, tendo-se quantidades subordinadas de clorita. O teor de micas é significativamente decrescente com a redução da granulometria, variando de 31,1 % na fração grossa ($+ 210 \mu\text{m}$) para 3,1 % na fração fina ($- 74 \mu\text{m}$);
- o carbonato, identificado através de difratometria de raios-x como calcita e dolomita, exhibe grãos livres ou estão comumente associados ao piroxênio, como produtos de sua alteração. Podem também ocorrer como finas inclusões na apatita.



(a)



(b)

Figura IV.14 – Fotomicrografias do minério apatítico da Fosfertil na fração + 210 μm , destacando-se grãos límpidos de apatita granular (1). As fotos apresentadas foram obtidas ao microscópio ótico com nicóis descruzados (a) e cruzados (b)

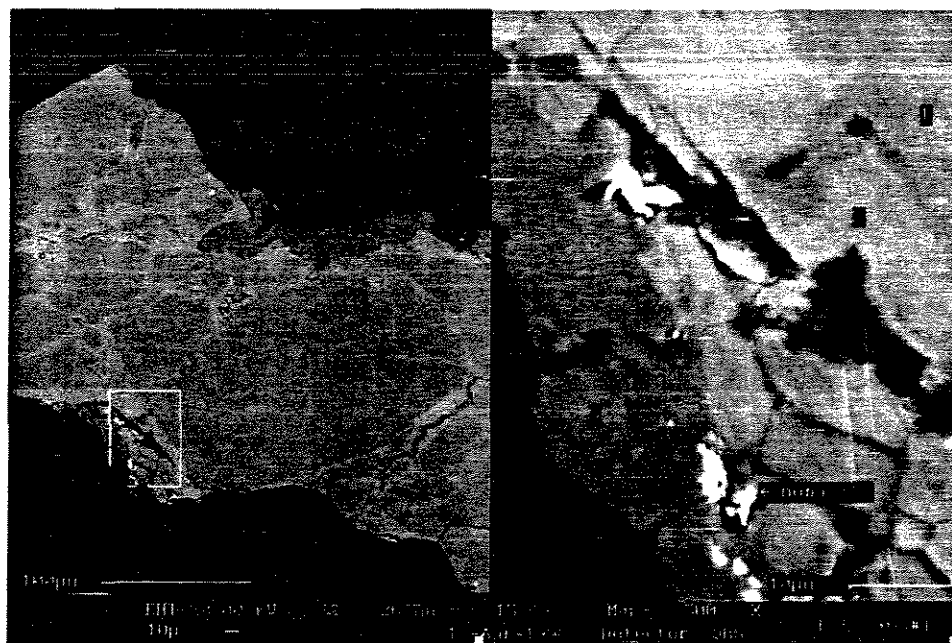


Figura IV.15 – Imagem de elétrons retroespalhados obtida via microscópio eletrônico de varredura, destacando-se grão de apatita fraturado com inclusões de monazita

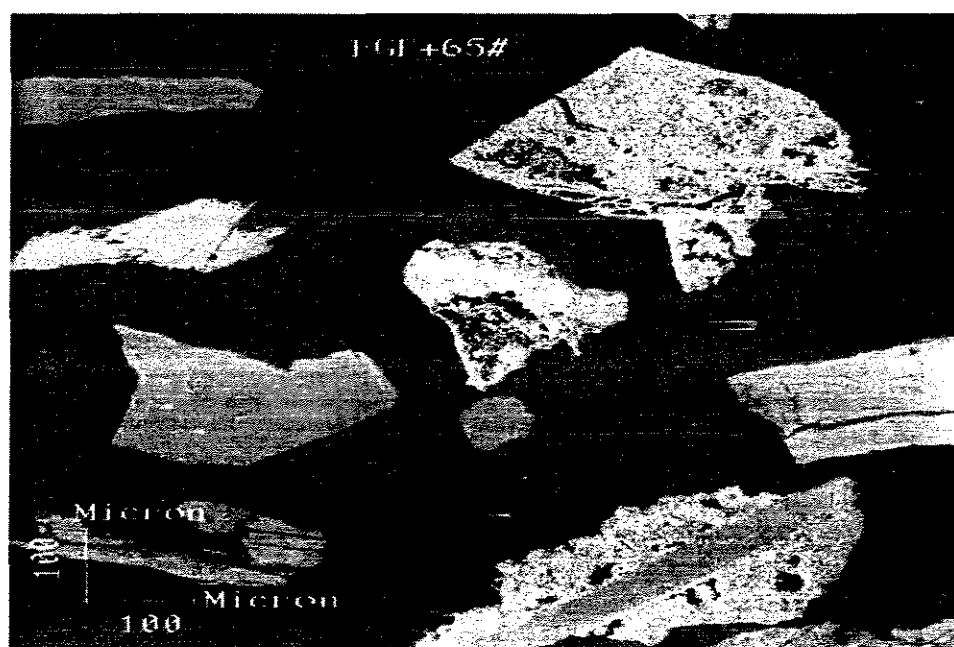


Figura IV.16 - Imagem de elétrons retroespalhados obtida em microscópio eletrônico de varredura, mostrando as inclusões de monazita (pintas amarelas) na apatita (azul)

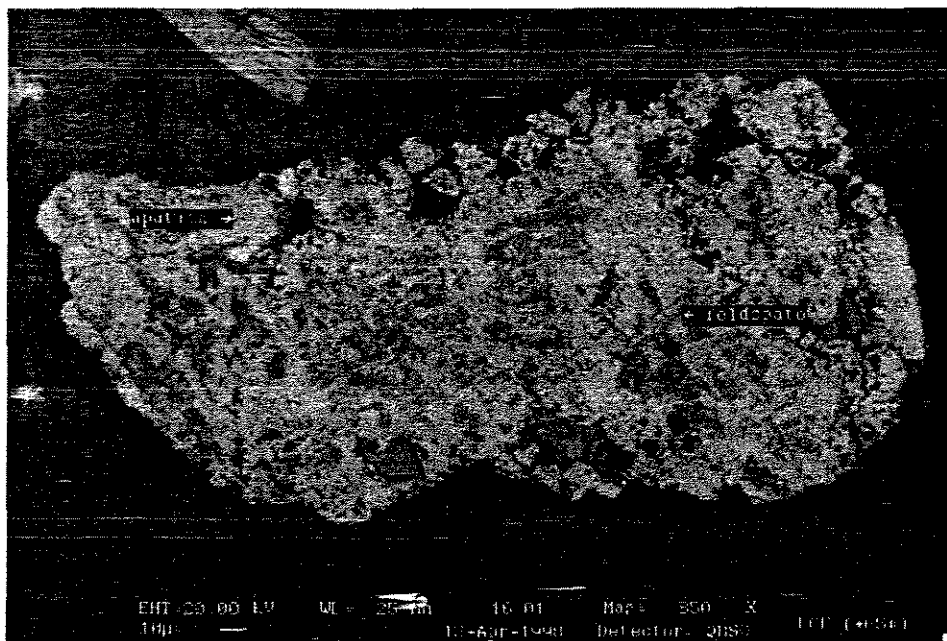


Figura IV.17 – Imagem de elétrons retroespalhados obtida através de microscópio eletrônico de varredura em grão de apatita intercrescido com feldspato

A partir dos resultados obtidos no estudo de caracterização mineralógica foi determinado o grau de liberação da apatita nas diversas frações granulométricas e calculado para a amostra original. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela IV.8 e Figura IV.18 e mostram que o grau de liberação da apatita varia de 88 % na fração grossa (+ 210 μm) a 96 % na fração fina (- 74 μm). O grau de liberação da apatita na amostra composta é 93 %. De modo geral, a apatita ocorre associada a todas as fases minerais presentes, mas associa-se preferencialmente aos minerais opacos e de titânio.

Tabela IV.8 - Grau de liberação da apatita da amostra da Fosfertil
e de suas frações granulométricas

Fração Granulométrica (μm)	Grau de Liberação (%)
+ 210	88
- 210 + 149	93
- 149 + 74	95
- 74	96
Amostra	93

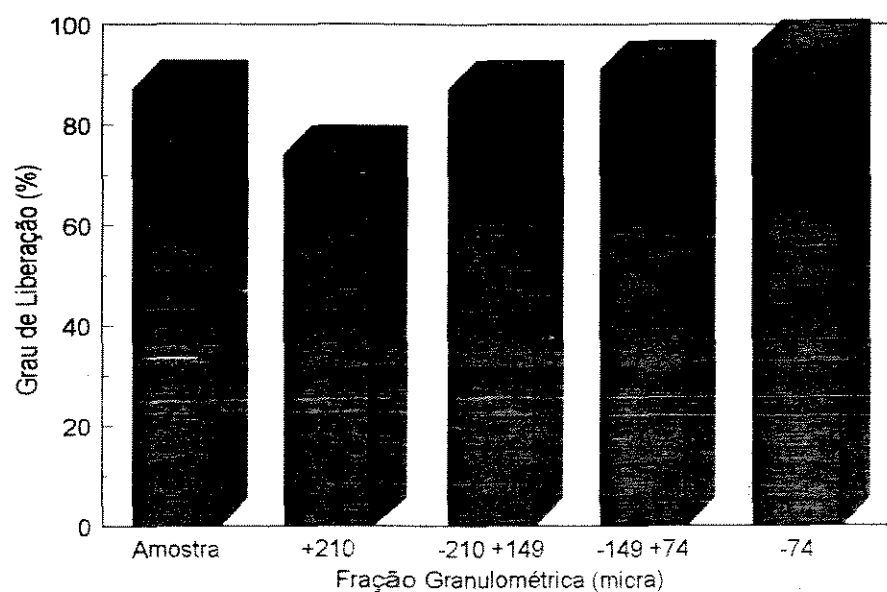


Figura IV.18 - Representação gráfica do grau de liberação da apatita da Fosfertil

CAPÍTULO V

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AMOSTRA DA ARAFÉRTIL

V.1. INTRODUÇÃO

No capítulo anterior foram apresentados os resultados obtidos no estudo de caracterização granulométrica, química e mineralógica realizado com as amostras de minério fosfático da Arafertil e Fosfertil. A caracterização das amostras foi realizada com o objetivo de subsidiar os estudos de flotação desenvolvidos nas colunas convencional, agitada e de recheio.

Neste capítulo serão apresentados os resultados do estudo de flotação realizado com a amostra de minério fosfático da Arafertil. Esse estudo teve como objetivo avaliar a eficiência das colunas convencional, agitada e de recheio sobre o rendimento da flotação. O estudo compreendeu a avaliação do efeito das variáveis sobre o processo de flotação e a determinação das condições otimizadas para cada tipo de coluna. Os resultados de cada teste foram quantificados a partir de três amostragens realizadas no concentrado, rejeito e alimentação e na determinação dos teores de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 . As condições otimizadas de uma série de testes foram utilizadas na série seguinte.

Na parte inferior das Tabelas, apresentadas neste trabalho, estão os valores médios das variáveis mantidas constantes e dentro da Tabela está indicado através de asterisco o melhor teste de cada série.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados do estudo de flotação realizado nas colunas convencional, agitada e de recheio utilizando a amostra de minério fosfático da Arafertil.

V.2. COLUNA CONVENCIONAL

A coluna convencional tipo canadense vem sendo utilizada pela Arafertil para concentração de minério fosfático. Entretanto, os rendimentos obtidos com a fração grossa não têm sido satisfatórios.

Com o objetivo de determinar a eficiência da coluna convencional utilizando a amostra deste minério fosfático, com granulometria grossa, foram estudadas as seguintes variáveis: dosagem de collamil, dosagem de óleo de arroz, pH, velocidade superficial do ar, tempo de residência da polpa, altura da camada de espuma, concentração de sólidos na alimentação da coluna e velocidade superficial da água de lavagem. As faixas de dosagem de reagentes e de pH estudadas na coluna convencional foram definidas com base nos valores utilizados pela Arafertil, para flotação da fração grossa, na unidade industrial. As faixas das variáveis da coluna foram definidas em função de valores típicos utilizados em coluna.

Os resultados obtidos nos testes de flotação realizados na coluna convencional estão apresentados nas Tabelas V.1 a V.8 e Figuras V.1 a V.8. No Anexo I tem-se as condições operacionais e os resultados obtidos em cada teste.

A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo de variáveis realizado.

V.2.1. Dosagem de Collamil

O amido de milho do tipo collamil tem como função atuar sobre as superfícies dos minerais de ganga, tais como: quartzo, feldspato, mica, calcita, dolomita, hematita, etc., conferindo-lhes características hidrofílicas que impedem a coleta destes minerais pelas bolhas de ar e conseqüentemente a sua flotabilidade. Para essa amostra de fosfato, a adição do collamil visa aumentar a seletividade da flotação da apatita com relação aos minerais de ganga.

Nesse trabalho foram realizados testes variando a dosagem de collamil de 0,0 a 200,0 g/t. Os resultados obtidos na fração flotada, concentrado, da coluna convencional estão apresentados na Tabela V.1 e Figura V.1 e mostram que, conforme esperado, o teor de P_2O_5 foi crescente e o de Fe_2O_3 e SiO_2 decrescente com o aumento da dosagem de collamil. Entretanto, a recuperação de P_2O_5 foi decrescente. Essa redução na recuperação de P_2O_5 pode ser atribuída à capacidade do collamil, quando em dosagens elevadas, de deprimir também a apatita. Foi considerado como sendo 140,5 g/t uma dosagem adequada

de collamil para depressão dos minerais de ganga da amostra de minério da Arafertil. Com essa dosagem de collamil obteve-se um concentrado de apatita com teor e recuperação de P_2O_5 de 28,5 % e 79,4 %, respectivamente.

Tabela V.1 - Efeito da dosagem do collamil sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Collamil (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC - 1	0,0	25,53	14,72	1,96	73,8	84,8	69,9	15,4
CC - 2	117,3	27,61	11,64	2,11	65,4	83,2	51,5	13,7
CC - 3*	140,5	28,51	9,58	1,51	60,8	79,4	37,8	9,2
CC - 4	172,3	29,45	9,68	1,45	54,9	73,0	33,5	8,0
CC - 5	202,8	29,77	8,21	1,41	52,2	70,6	27,3	7,4

• Taxa Alimentação Sólidos = 41,0 kg/h • pH = 11,4 • Óleo de Arroz = 127,8 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm • % de Sólidos = 30,5 • Vel. Sup. do Ar = 1,37 cm/s

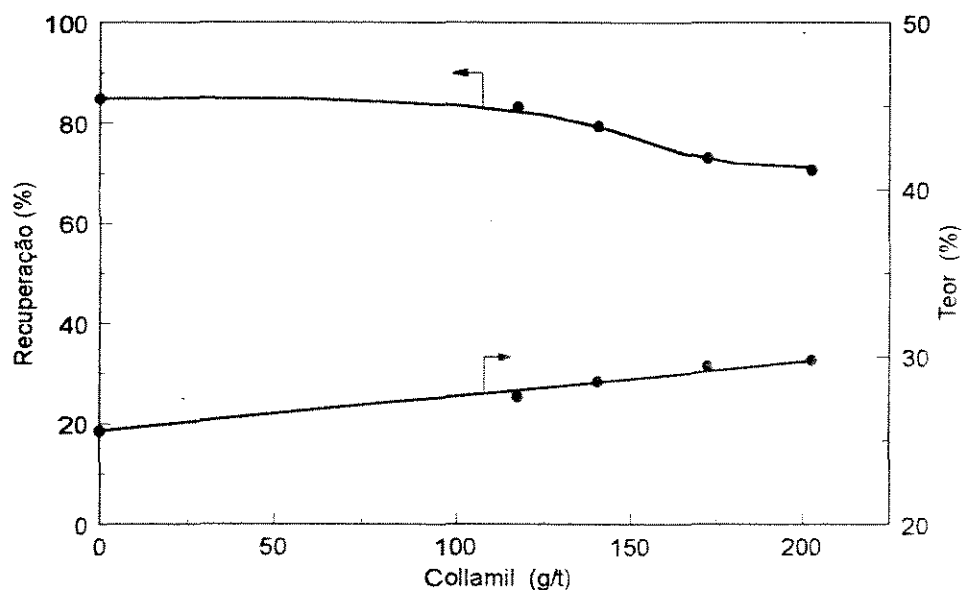


Figura V.1 - Efeito da dosagem de collamil sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	Óleo de Arroz (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC - 6	91,2	31,14	8,01	1,09	40,0	55,7	20,2	4,5
CC - 7	114,0	29,85	8,57	1,18	49,0	67,0	27,1	6,0
CC - 8*	135,3	28,49	9,67	1,49	56,2	73,0	35,0	8,8
CC - 9	155,0	27,97	11,16	1,51	60,8	77,5	42,9	9,8

- Taxa Alimentação Sólidos = 39,5 kg/h
- pH = 11,7
- Veloc. Sup. do Ar = 1,37 cm/s
- Camada de Espuma = 60,0 cm
- % de Sólidos = 29,7
- Collamil = 156,2 g/t

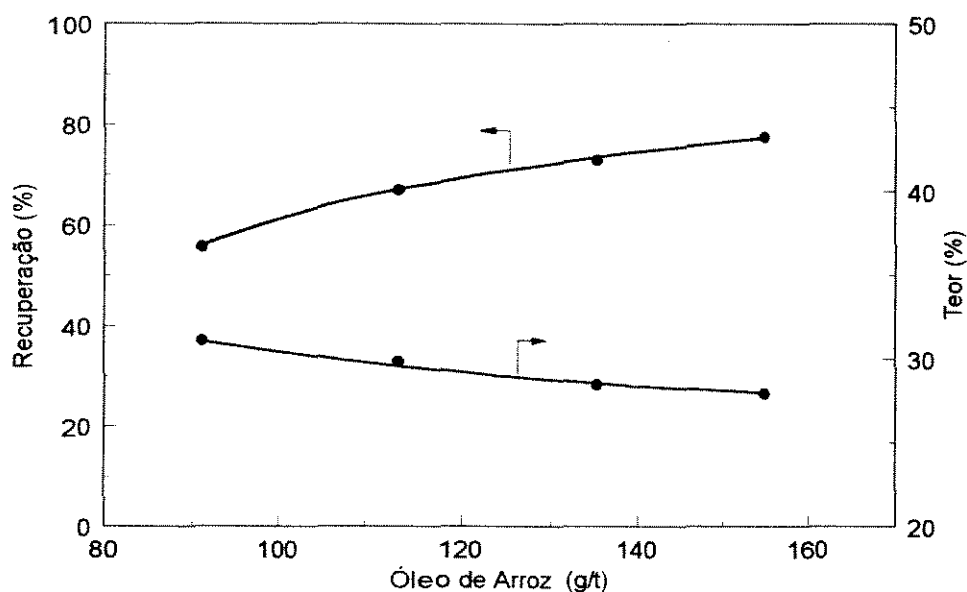


Figura V.2 - Efeito da dosagem de óleo de arroz sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.2.3. pH

No processo de flotação o pH é uma variável importante porque altera as características da polpa através da variação da concentração de íons. Isto permite uma maior ou menor adsorção dos reagentes coletores e/ou depressoires sobre a superfície das partículas minerais. Com base nos valores de pH utilizados na unidade industrial da Arafertil, nesse estudo foram realizados testes variando o pH de 10,5 a 12,0. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.3 e Figura V.3 e mostram que o teor de P_2O_5 manteve-se praticamente constante e a recuperação atingiu valores mais elevados na faixa de pH compreendida entre 11,1 a 11,6. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 também foram mais elevados nessa faixa de pH. Em função dos valores de recuperação de P_2O_5 obtidos, foi considerada a faixa de pH 11,1 a 11,6 como sendo a mais adequada para flotação da apatita do minério fosfático da Arafertil. Utilizando o valor de pH = 11,6 obteve-se um concentrado com teor de 27,8 % e recuperação de 82,5 % de P_2O_5 .

Tabela V.3 - Efeito do valor do pH sobre os teores e recuperações
de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	pH	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 10	10,5	28,05	7,47	1,88	59,4	74,7	33,8	10,1
CC – 11	11,1	26,96	12,93	2,04	69,1	82,9	58,1	13,8
CC – 12*	11,6	27,79	11,63	1,95	66,6	82,5	50,5	12,7
CC – 13	12,1	28,00	8,31	1,37	55,5	70,0	32,8	7,1

• Taxa Aliment. Sólidos = 39,3 kg/h • Vel. Sup. Ar = 1,37 cm/s • Óleo de Arroz = 135,3 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm • % de Sólidos = 29,9 • Collamil = 155,0 g/t

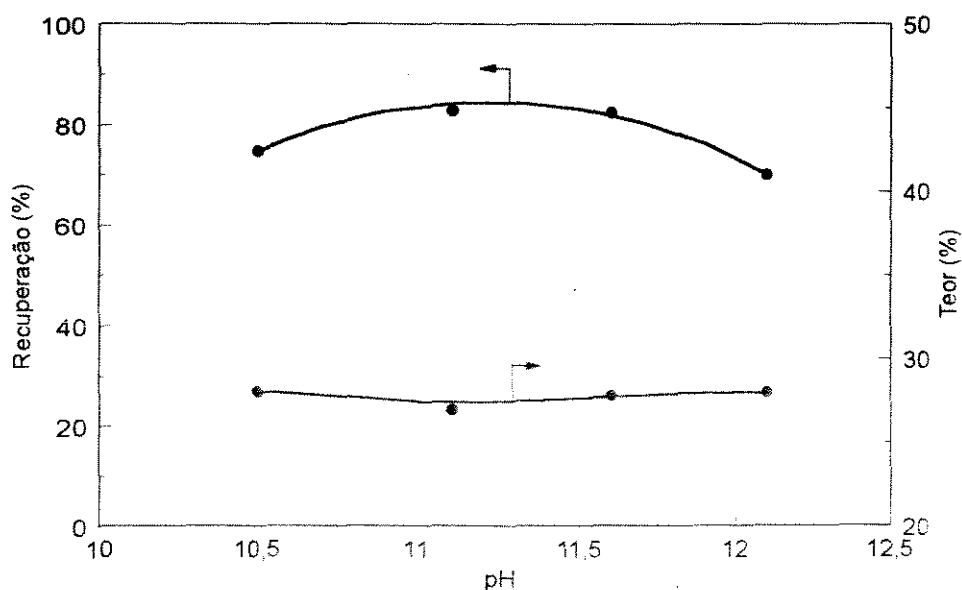


Figura V.3 - Efeito do valor do pH sobre o teor e recuperação
de P_2O_5 no concentrado

Teste	Veloc. Sup. do Ar (cm/s)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC - 14	0,51	27,02	11,47	2,26	67,4	84,7	50,1	15,5
CC - 15*	0,91	27,32	10,34	2,12	65,6	82,0	47,6	13,5
CC - 16	1,35	27,50	11,73	2,15	64,7	82,7	48,8	14,2

• Taxa Alimentação Sólidos = 41,5 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 124,5 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm • % de Sólidos = 31,1 • Collamil = 143,3 g/t

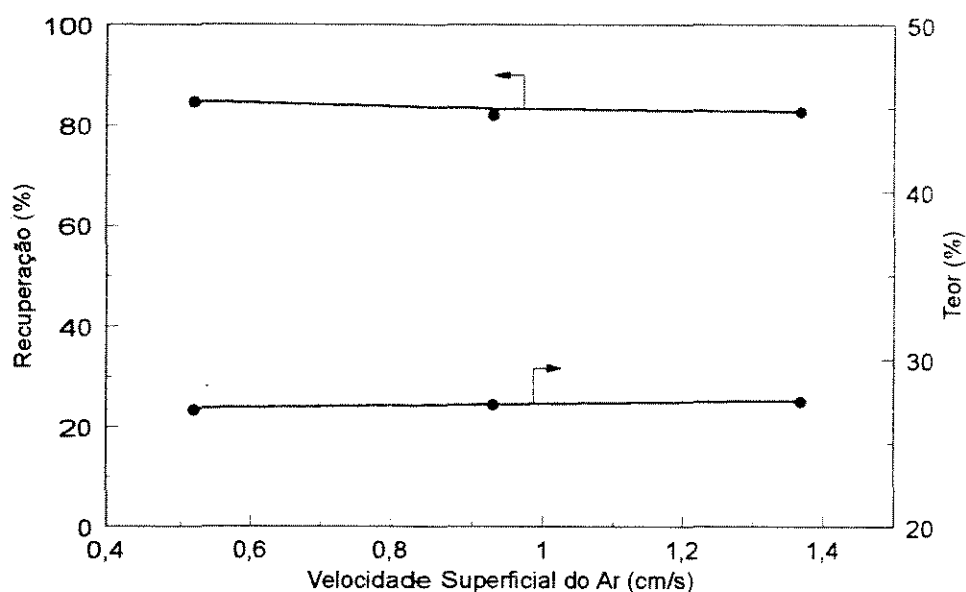


Figura V.4 - Efeito da velocidade superficial do ar sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.2.5. Tempo de Residência da Polpa

O tempo de residência da polpa é outra variável que tem influência, principalmente, sobre a recuperação do mineral de interesse. Normalmente, quanto maior o tempo de residência da polpa na coluna maior será a sua recuperação. Entretanto, aumentos significativos no tempo de residência podem acarretar uma redução do teor do mineral de interesse na fração flotada.

O tempo de residência da polpa na coluna foi calculado utilizando a vazão de polpa do “underflow” da coluna e o volume efetivamente ocupado pela polpa na seção de recuperação, que está compreendido entre o ponto de injeção de ar na base da coluna e a interface polpa-espuma. O volume efetivo ocupado pela polpa em uma determinada seção da coluna pode ser obtido pela diferença entre o volume dessa seção e o volume ocupado pelo ar. O volume ocupado pelo ar é determinado a partir do valor do “hold up” do ar obtido em cada teste.

Foram realizados testes variando o tempo de residência da polpa na coluna de 7,5 a 15,0 minutos. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.5 e Figura V.5 e mostram que houve um ligeiro decréscimo no teor e uma ligeira elevação na recuperação de P_2O_5 com o aumento do tempo de residência. Foi considerado como sendo 8,6 minutos um tempo de residência adequado para flotação da apatita. Com esse valor de tempo de residência obteve-se um concentrado com teor e recuperação de P_2O_5 de 31,4 % e 79,0 %, respectivamente. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 foram crescentes com o aumento do tempo de residência da polpa na coluna.

Teste	Tempo de Residência (min)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC – 17*	8,6	31,41	9,96	1,52	62,9	79,0	43,4	10,8
CC – 18	12,0	29,87	10,99	1,75	63,3	79,1	44,6	12,1
CC – 19	14,3	29,10	11,42	1,96	68,2	82,7	51,6	14,4

• Taxa Alimentação Sólidos = 40,7 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 131,2 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm • % de Sólidos = 30,7 • Collamil = 149,9 g/t

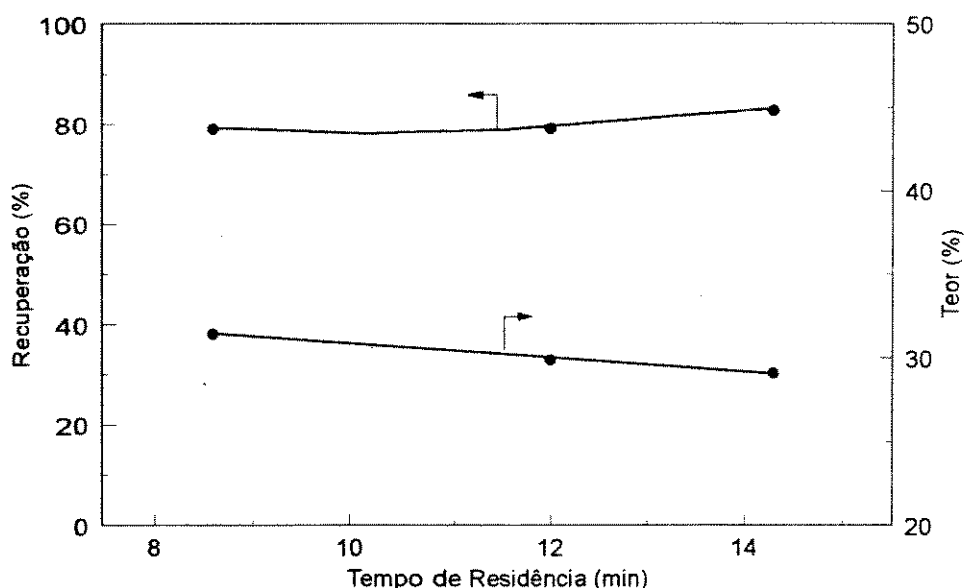


Figura V.5 - Efeito do tempo de residência sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.2.6. Altura da Camada de Espuma

A altura da camada de espuma é uma variável importante com relação a seletividade do processo de flotação. Na flotação de apatita o arraste hidráulico constitui o problema básico de contaminação da fração flotada pelos minerais de ganga. Dessa forma, uma camada relativamente baixa pode ser suficiente, uma vez que o arraste das partículas de ganga é eliminado próximo à interface polpa-espuma.

Nesse trabalho foram realizados testes variando a altura da camada de espuma de 40,0 a 120,0 cm. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.6 e Figura V.6 e mostram que essa variável praticamente não teve influência sobre o processo de flotação, acarretando apenas um ligeiro acréscimo no teor e uma redução na recuperação de P_2O_5 com o aumento da altura da camada de espuma. Tal fato, provavelmente ocorreu devido o baixo grau de liberação da apatita com relação aos minerais de ganga presentes na fração flotada. Foi considerado como sendo 60,0 cm uma altura de camada de espuma adequada para flotação da apatita. Com esse valor de altura de camada de espuma obteve-se um concentrado com teor de 27,2 % e recuperação de 87,4 % de P_2O_5 .

Tabela V.6 - Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Camada de Espuma (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 20	40,0	27,25	11,38	2,90	70,3	87,4	52,1	20,4
CC – 21*	60,0	27,22	12,54	2,77	71,6	87,4	57,8	19,4
CC – 22	80,0	27,96	12,22	2,75	69,3	84,9	56,0	18,3
CC – 23	100,0	29,17	11,32	2,01	63,5	80,4	49,2	12,3
CC – 24	120,0	29,26	9,84	2,01	62,9	80,4	41,8	12,4

• Taxa Aliment. Sólidos = 39,6 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 138,6 g/t
 • Vel. Sup. do Ar = 0,88 cm/s • % de Sólidos = 29,7 • Collamil = 157,5 g/t

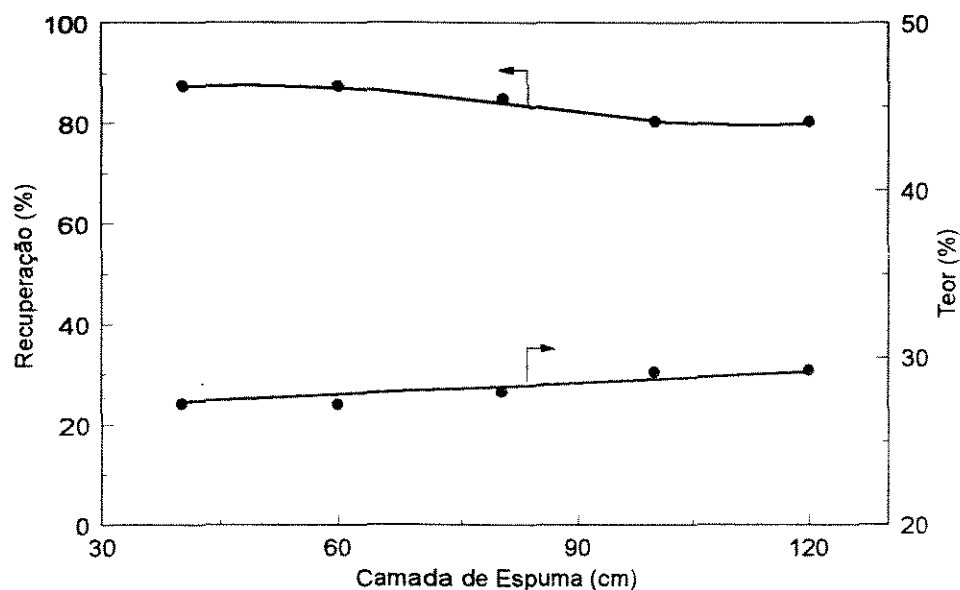


Figura V.6 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	% de Sólidos	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC - 25	19,5	29,03	11,97	1,86	64,9	80,7	50,6	11,7
CC - 26	24,6	28,96	12,66	1,72	66,6	82,9	52,2	11,3
CC - 27*	29,5	28,54	13,01	1,63	66,4	82,6	54,5	10,8
CC - 28	34,4	28,20	12,51	1,84	67,1	83,2	52,3	12,4
CC - 29	39,2	28,07	12,71	1,67	65,8	82,0	53,2	11,0

- Taxa Alimentação Sólidos = 39.4 kg/h
- pH = 11,5
- Óleo de Arroz = 136,1 g/t
- Camada de Espuma = 60.0 cm
- Vel. Sup. Ar = 0.88 cm/s
- Collamil = 149,8 g/t

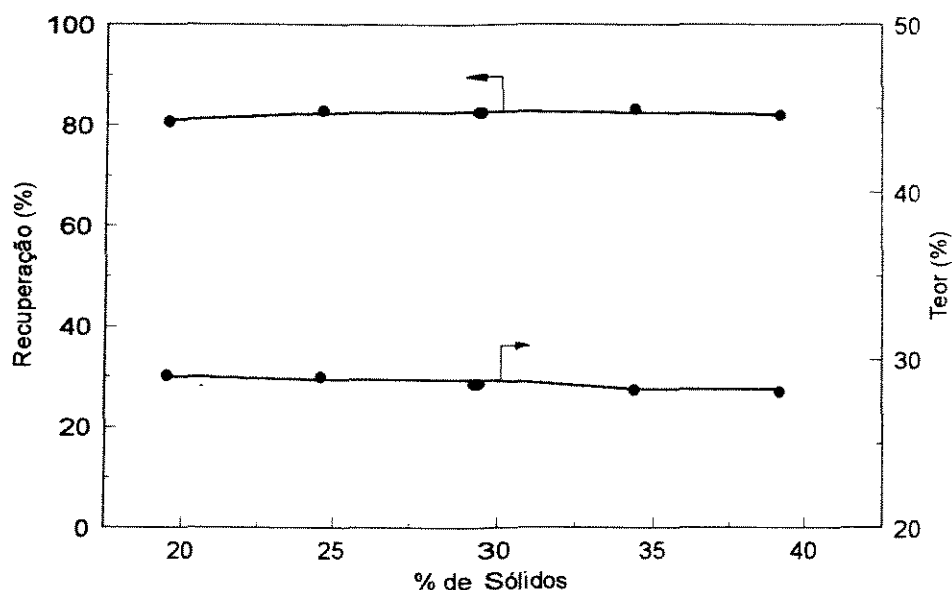


Figura V.7 - Efeito da concentração de sólidos sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.2.8. Velocidade Superficial da Água de Lavagem

A água de lavagem tem como principal função substituir a água de alimentação da polpa na fração flotada, minimizar o arraste hidráulico das partículas hidrofílicas e aumentar a altura e a estabilidade da camada de espuma. Os valores de vazão de água de lavagem utilizadas nesse estudo foram transformados em velocidade superficial de água de lavagem, que é definida como sendo a relação entre a vazão de água de lavagem e a área da seção transversal da coluna.

Os testes foram realizados variando a velocidade superficial da água de lavagem de 0,00 a 0,35 cm/s. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.8 e Figura V.8 e mostram que, conforme esperado, o teor de P_2O_5 foi crescente com o aumento da quantidade de água de lavagem. Essa variável não teve efeito significativo sobre a recuperação de P_2O_5 , mantendo-a praticamente constante em toda a faixa testada. Foi considerado como sendo 0,27 cm/s uma velocidade superficial de água de lavagem suficiente para limpeza da camada de espuma e redução dos contaminantes na fração flotada. Com esse valor de velocidade superficial de água de lavagem obteve-se um concentrado com teor e recuperação de P_2O_5 de 31,2 e 78,8 %, respectivamente. Os teores

dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram decrescentes com o aumento da quantidade de água de lavagem.

Tabela V.8 - Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Veloc. Sup. Água de Lavagem (cm/s)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 30	0,00	29,34	11,70	1,98	57,7	75,1	37,5	9,7
CC – 31	0,15	28,51	12,12	2,37	62,4	79,3	42,0	12,6
CC – 32*	0,30	31,37	8,24	1,91	56,8	77,3	27,9	8,6
CC – 33	0,37	31,76	8,01	1,86	58,20	76,7	24,9	8,4

• Taxa Alimentação Sólidos = 37,3 kg/h • pH = 11,4 • Óleo de Arroz = 142,1 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm • % de Sólidos = 28,6 • Collamil = 146,5 g/t

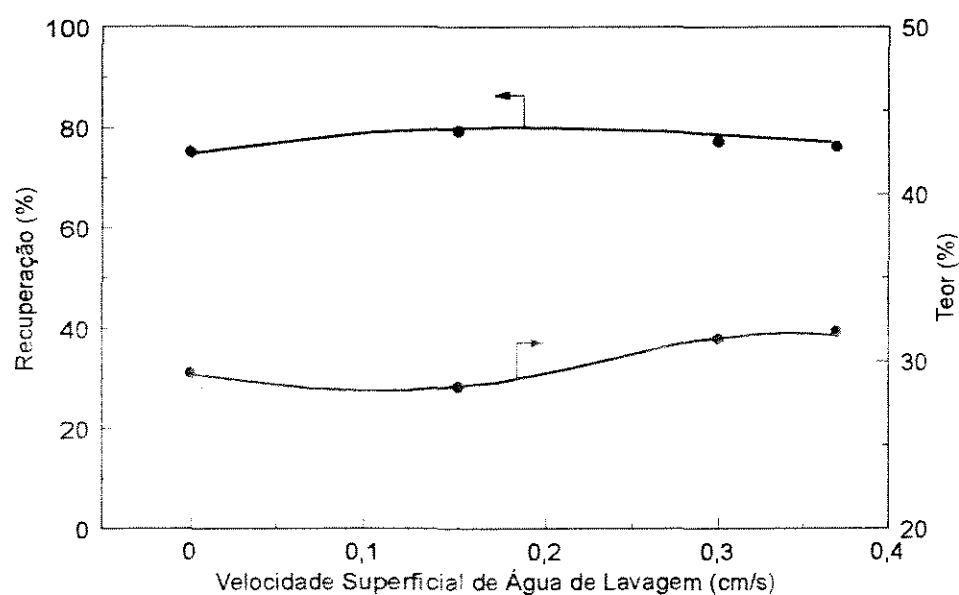


Figura V.8 - Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Utilizando as condições otimizadas foi realizado um teste durante 8 (oito) horas de operação, onde foram realizadas 5 (cinco) amostragens nas frações flotada e não flotada e 3 (três) na alimentação. Os resultados obtidos estão apresentados no Anexo I (Teste CC-34) e no balanço de massa da Figura V.9. Esses resultados mostram que foi obtido um concentrado com teor e recuperação de P_2O_5 de 29,8 e 79,3 %, respectivamente. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 12,1 e 1,90 %, respectivamente. Com base nesses resultados pode-se verificar que na concentração da amostra com granulometria grossa de minério fosfático da Arafertil utilizando a coluna convencional obteve-se um concentrado de apatita com baixo teor de P_2O_5 e nível de recuperação satisfatório, sendo o teor do contaminante Fe_2O_3 significativamente elevado para um concentrado de apatita. O baixo nível de teor de P_2O_5 e elevado dos contaminantes obtidos no concentrado final deve-se provavelmente ao elevado grau de associação da apatita com os minerais de ganga.

As condições utilizadas para obtenção destes resultados foram as seguintes:

- dosagem de collamil (g/t) : 156,3
- dosagem de óleo de arroz (g/t) : 144,7
- pH : 11,5
- velocidade superficial do ar (cm/s) : 0,96
- tempo de residência da polpa (min) : 8,7
- altura da camada de espuma (cm) : 59,0
- concentração de sólidos (%) : 28,2
- velocidade superficial da água de lavagem (cm/s) : 0,24

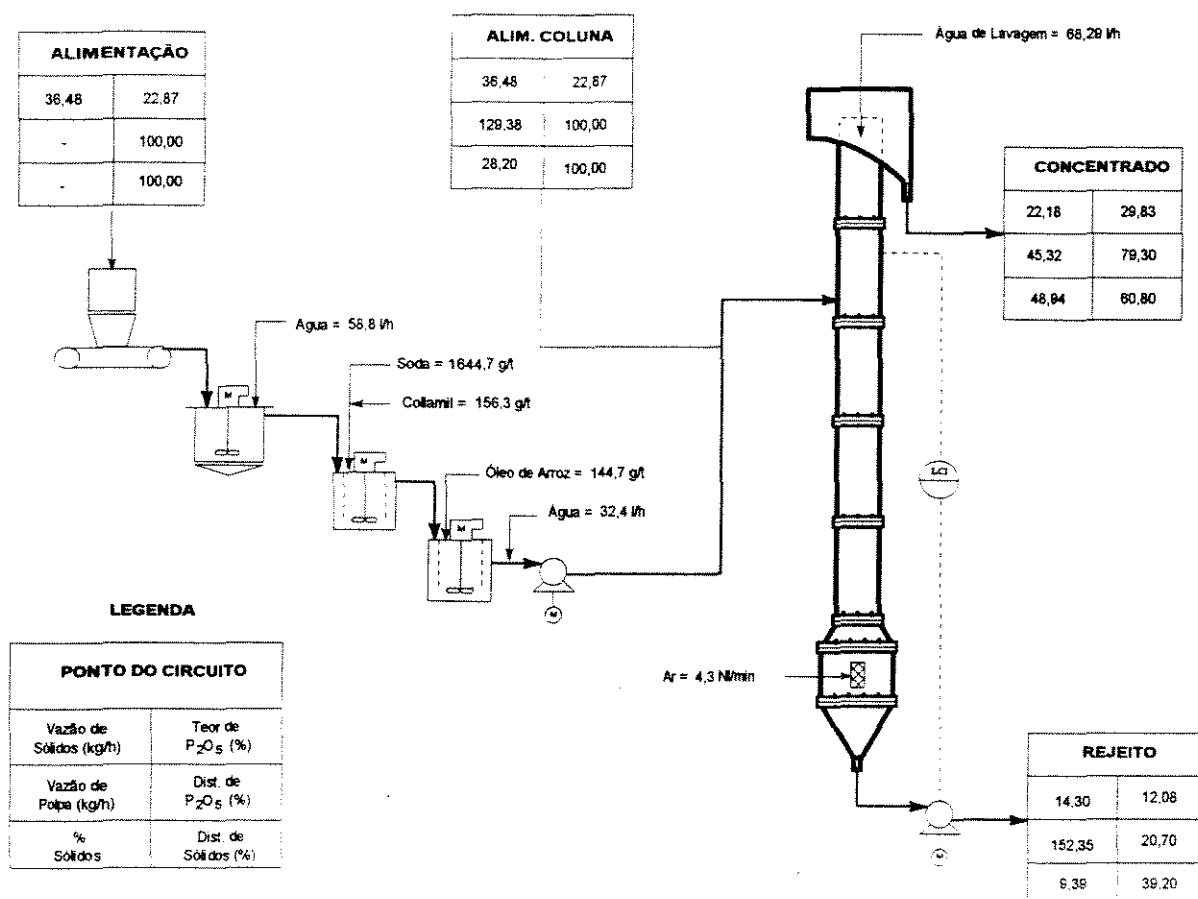


Figura V.9 – Balanço de massa da flotação em coluna convencional com amostra da Arafertil

V.3. COLUNA AGITADA

Nesse estudo foi também determinada a eficiência da coluna agitada utilizando a amostra de minério fosfático, com granulometria grossa, da Arafertil. A coluna utilizada nos testes foi a convencional, porém com um sistema de agitação interno constituído de várias hélices montadas sobre um eixo posicionado no centro da coluna. Esse eixo é acionado através de um sistema motor-redutor com conversor de frequência para ajuste da rotação.

Na coluna agitada foram utilizadas as condições otimizadas, na coluna convencional, das variáveis: dosagem de coletor, dosagem de depressor, pH, velocidade superficial do ar e de água de lavagem, tempo de residência da polpa, altura da camada de espuma e concentração de sólidos, e estudadas as seguintes variáveis:

- tipo de hélice: turbina-disco de palhetas retas e turbina de palhetas inclinadas;
- número de hélice: 3; 5 e 7;
- rotação das hélices: 0; 100; 200; 300; 400; 500 e 600 rpm.

Os resultados obtidos nos testes realizados na coluna agitada estão apresentados nas Tabelas V.9 a V.12 e Figuras V.10 a V.13. No Anexo II tem-se as condições operacionais e os resultados obtidos em cada teste. A seguir serão apresentados os resultados e comentários sobre as variáveis estudadas na coluna agitada.

V.3.1. Hélice Turbina-Disco de Palhetas Retas

Para promover o contato das partículas de apatita com as bolhas de ar na seção de coleta da coluna foram realizados testes utilizando hélices com agitação radial do tipo turbina-disco de palhetas retas. Esses testes foram realizados utilizando 3 (três), 5 (cinco) e 7 (sete) hélices distribuídas ao longo da seção de coleta da coluna. Cada hélice era constituída de 6 (seis) palhetas. Foram testadas rotações das hélices de 0 a 600 rpm.

Os resultados obtidos nos testes estão apresentados nas Tabelas V.9 a V.11 e Figuras V.10 a V.12. Esses resultados mostram que a agitação da polpa na seção de

Teste	Rotação (rpm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CA - 1	0	28,44	10,60	1,61	68,9	84,3	46,3	11,4
CA - 2	100	27,78	12,36	1,63	71,0	82,9	55,3	11,5
CA - 3	200	28,13	11,73	1,53	68,1	81,5	47,0	11,1
CA - 4	300	28,30	11,69	1,52	63,2	75,5	45,3	9,7
CA - 5	400	28,16	11,15	1,48	62,0	74,3	41,5	9,6
CA - 6	500	27,81	12,09	1,49	62,5	73,8	46,9	9,4
CA - 7	600	27,60	11,54	1,56	65,0	77,6	44,1	11,0

- Taxa Alimentação Sólidos = 39,7 kg/h
- pH = 11,6
- Óleo de Arroz = 136,8 g/l
- Camada de Espuma = 60,0 cm
- % de Sólidos = 39,0
- Collamil = 146,5 g/l

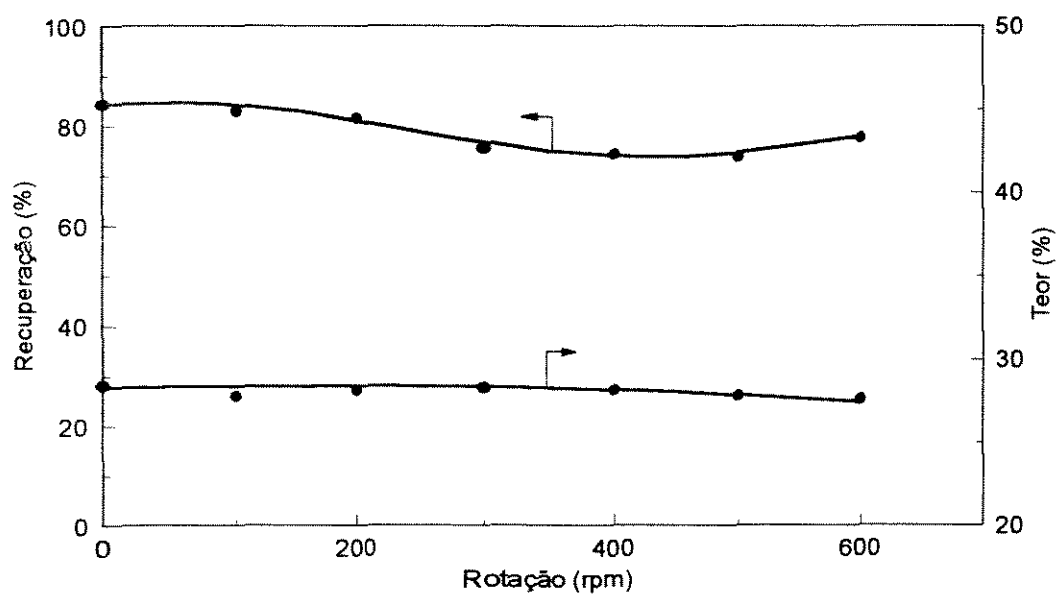


Figura V.10 - Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado
(número de hélices = 3)

Tabela V.10 - Efeito da rotação sobre o teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 5)

Teste	Rotação (rpm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CA – 8	0	28,44	10,86	1,61	68,9	84,3	46,3	11,4
CA – 9	100	28,08	11,56	1,48	68,8	82,3	46,6	10,8
CA – 10	200	28,60	11,41	1,46	63,8	77,4	42,0	10,1
CA – 11	300	28,62	10,69	1,42	62,0	74,9	38,2	9,7
CA – 12	400	28,95	10,61	1,49	61,5	75,3	37,7	10,0
CA – 13	500	29,22	11,23	1,49	61,5	75,5	40,1	9,8
CA – 14	600	29,09	11,06	1,57	61,5	75,0	42,2	9,7

- Taxa Alimentação Sólidos = 39,7 kg/h
- pH = 11,6
- Óleo de Arroz = 135,5 g/t
- Camada de Espuma = 60,0 cm
- % de Sólidos = 39,0
- Collamil = 145,6 g/t

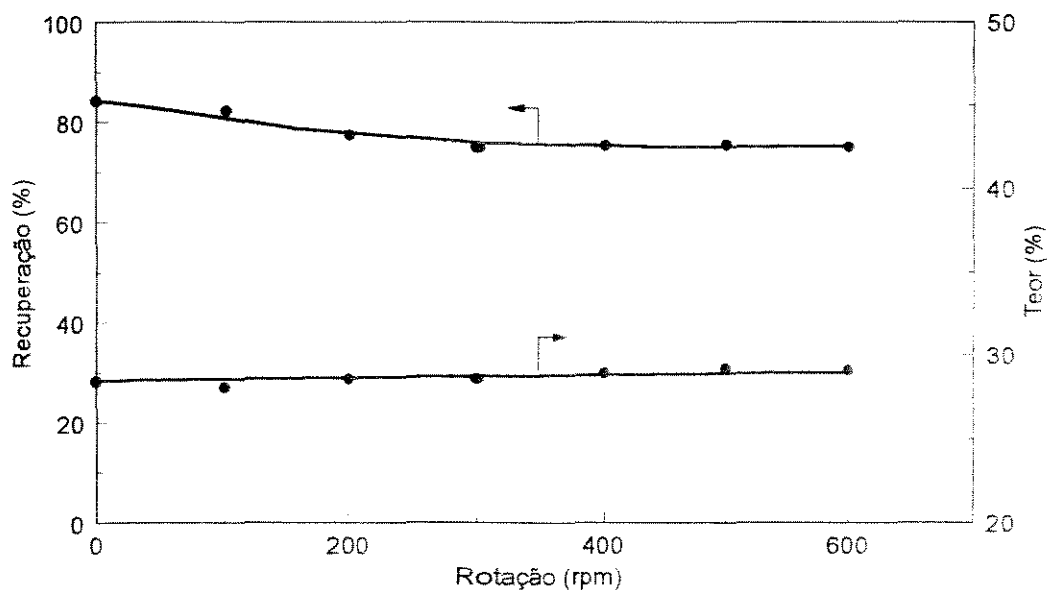


Figura V.11 - Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 5)

Tabela V.11 - Efeito da rotação sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 7)

Teste	Rotação (rpm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CA – 15	0	28,23	10,60	1,51	69,5	84,4	44,0	11,3
CA – 16	100	28,33	10,68	1,40	66,4	81,2	44,6	9,5
CA – 17	200	29,21	9,99	1,31	62,1	76,9	38,4	8,4
CA – 18	300	29,24	9,82	1,29	59,1	72,5	36,0	7,8
CA – 19	400	29,38	9,83	1,28	58,5	72,6	35,1	7,8
CA – 20	500	29,28	10,47	1,28	60,3	74,3	38,8	7,9
CA – 21	600	29,22	10,48	1,40	62,5	76,4	40,6	8,9

- Taxa Alimentação Sólidos = 41,3 kg/h
- pH = 11,7
- Óleo de Arroz = 128,5 g/t
- Camada de Espuma = 60,0 cm
- % de Sólidos = 40,2
- Collamil = 140,2 g/t

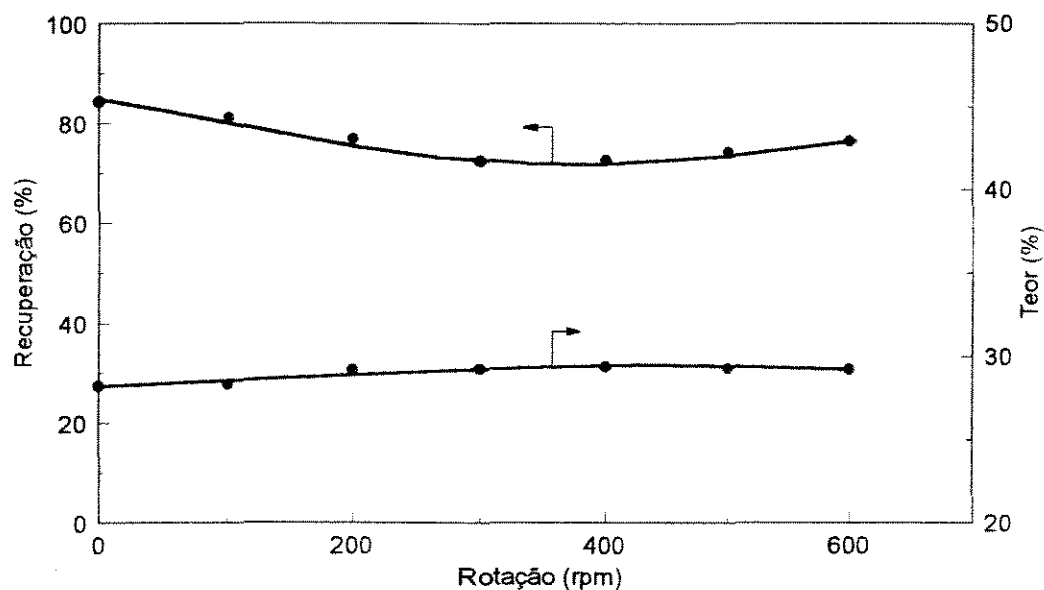


Figura V.12 - Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 7)

V.3.2. Hélice Turbina de Palhetas Inclinadas

Foram também realizados testes utilizando hélices com agitação axial do tipo turbina de palhetas inclinadas. Com esse tipo de hélice foram realizados testes utilizando 7 (sete) hélices constituídas de 4 (quatro) palhetas inclinadas de 45 graus, instaladas ao longo do eixo da coluna. A rotação das hélices foi variada de 0 a 600 rpm.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.12 e Figura V.13. Esses resultados mostram que a agitação da polpa, através de hélices tipo turbina de palhetas inclinadas, na seção de coleta da coluna acarretou uma redução significativa na recuperação de P_2O_5 . Essa redução da recuperação de P_2O_5 foi de aproximadamente 20 % ao introduzir apenas 100 rpm de agitação na polpa. Para valores maiores de agitação a redução da recuperação de P_2O_5 não foi tão significativa. O teor de P_2O_5 manteve-se praticamente constante para a faixa de rotação estudada.

A redução significativa da recuperação de P_2O_5 deve-se, provavelmente, à melhor eficiência da agitação obtida com hélices tipo turbina de palhetas inclinadas quando comparada com as hélices tipo turbina-disco de palhetas retas.

O aumento da eficiência da agitação acarretou uma maior turbulência da polpa favorecendo a descoleta das partículas de apatita das bolhas de ar, sem contudo aumentar o nível de contaminação do concentrado.

Tabela V.12 - Efeito da rotação sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado (número de hélices = 7)

Teste	Rotação (rpm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CA – 22	0	28,23	10,60	1,51	69,5	84,4	44,0	11,3
CA – 23	100	28,84	11,63	1,34	55,6	70,4	36,2	6,6
CA – 24	300	30,26	11,30	1,37	46,4	59,7	28,6	5,6
CA – 25	400	30,31	10,90	1,27	45,0	59,3	25,7	5,2
CA – 26	500	29,79	11,38	1,23	47,1	60,1	30,4	5,1
CA – 27	600	29,14	11,56	1,28	44,9	57,3	29,4	5,1

• Taxa Alimentação Sólidos = 39,8 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 132,7 g/t
 • Camada de Espuma = 62,5 cm • % de Sólidos = 39,4 • Collamil = 136,6 g/t

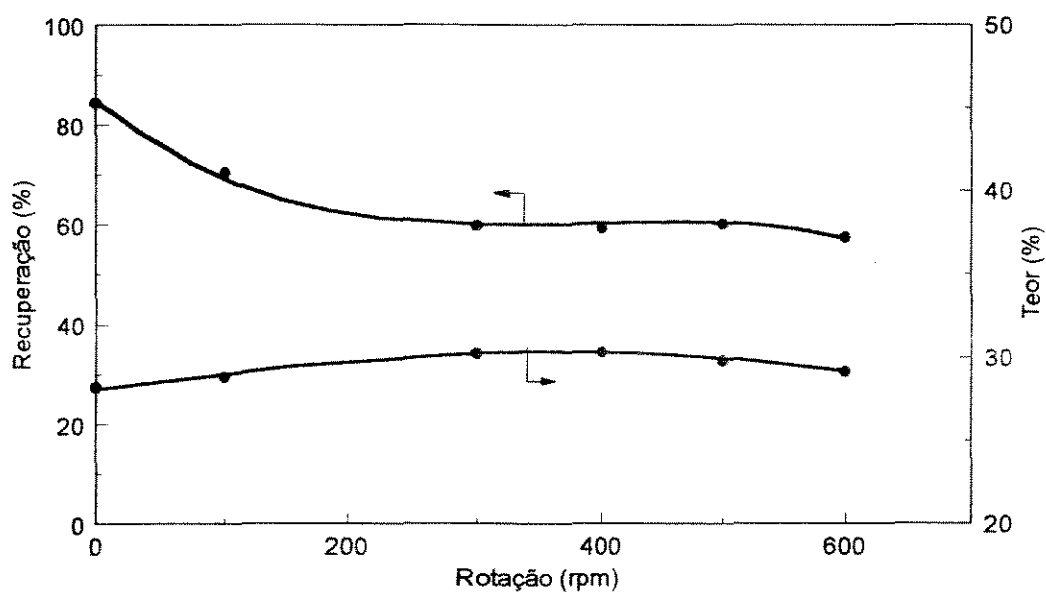


Figura V.13 - Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado (número de hélices = 7)

Na Figura V.14 e Anexo II (Teste CA – 28) tem-se as condições operacionais e os resultados obtidos no teste realizado com 5 (cinco) hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação de 100 rpm. Esses resultados mostram que foi obtido um concentrado com teor de 28,1 % e recuperação de 82,3 % de P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 11,6 e 1,48 %, respectivamente.

As condições utilizadas para obtenção desses resultados foram:

- dosagem de collamil (g/t) : 146,5
- dosagem de óleo de arroz (g/t) : 132,9
- dosagem de flotanol (g/t) : 59,7
- pH : 11,7
- velocidade superficial do ar (cm/s) : 0,88
- tempo de residência da polpa (min) : 10,6
- altura da camada de espuma (cm) : 60,0
- concentração de sólidos (%) : 39,0
- velocidade superficial da água de lavagem (cm/s) : 0,20
- agitação (rpm) : 100

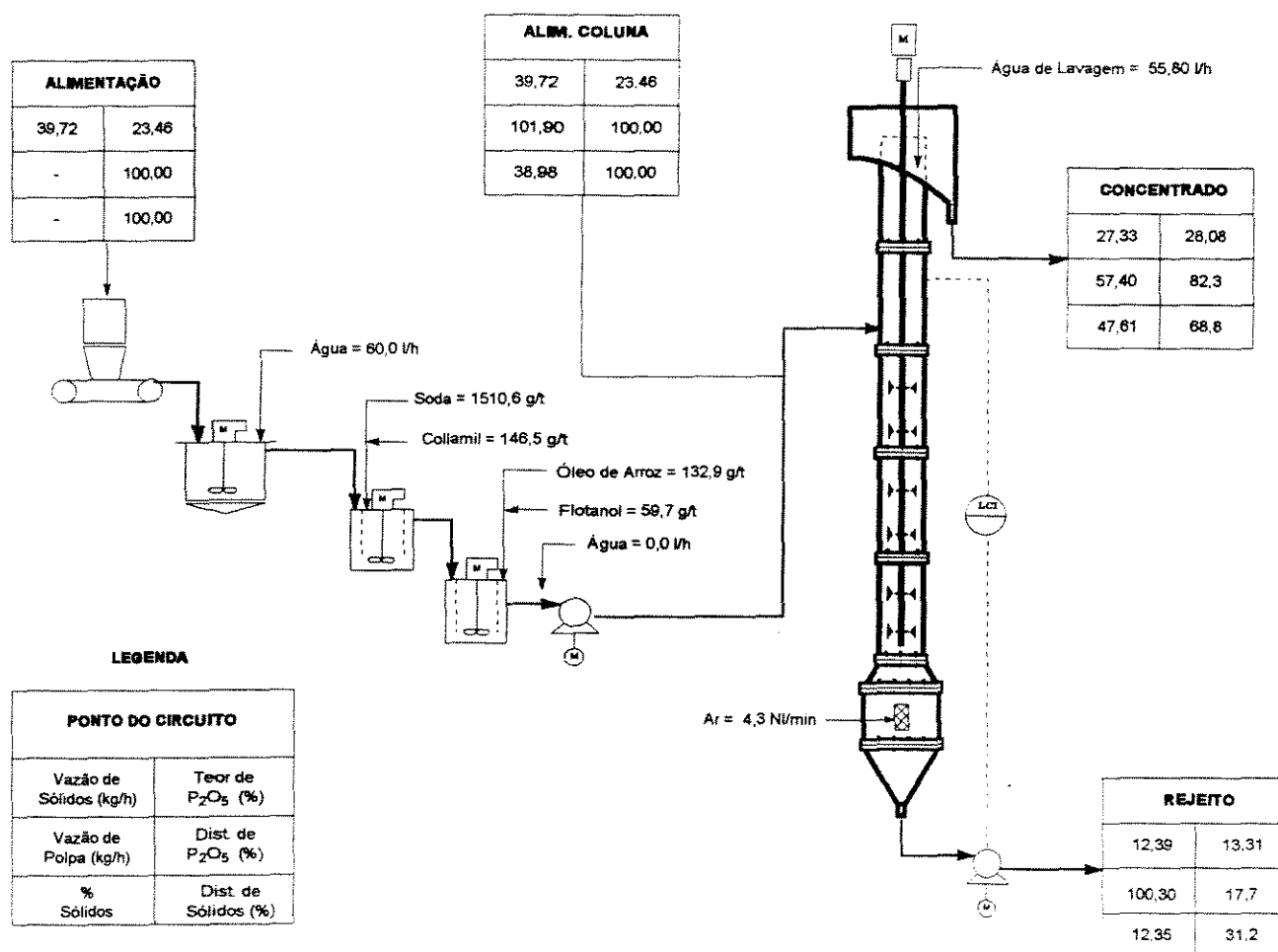


Figura V.14 – Balanço de massa da flotação em coluna agitada com amostra da Arafertil

V.4. COLUNA DE RECHEIO

Os testes de flotação realizados na coluna de recheio tiveram como objetivo verificar o seu comportamento na flotação da apatita utilizando uma amostra de minério fosfático, com granulometria grossa, da Arafertil. Considerando que as condições hidrodinâmicas da coluna de recheio diferem significativamente da coluna convencional foram utilizadas as dosagens de reagente otimizadas para a coluna convencional e estudadas as seguintes variáveis: dosagem de flotanol, velocidade superficial do ar, altura da camada de espuma, velocidade superficial da água de lavagem, concentração de sólidos e taxa de alimentação de sólidos na coluna.

Os resultados obtidos na coluna de recheio estão apresentados nas Tabelas V.13 a V.18 e Figuras V.15 a V.20. As condições operacionais e os resultados obtidos em cada teste estão apresentados no Anexo III. A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos com as variáveis estudadas.

V.4.1. Dosagem de Flotanol

O Flotanol D-14B é um agente tensoativo, eterpolialquilenoglicol, da Clariant e tem como principal função no processo de flotação reduzir o tamanho das bolha e aumentar a estabilidade da camada de espuma. Para redução do tamanho das bolhas e estabilização da camada de espuma na coluna de recheio, que não possui sistema de geração de bolhas e normalmente trabalha com alturas de camada de espuma elevadas, foram realizados testes com adição de espumante na polpa de alimentação.

Os resultados obtidos nos testes variando a dosagem de Flotanol D-14B de 0,0 a 115,0 g/t estão apresentados na Tabela V.13 e Figura V.15. Esses resultados mostram que o teor de P_2O_5 manteve-se praticamente constante e a sua recuperação foi crescente até uma dosagem de 85,3 g/t e decrescente para valores superiores. A redução da recuperação de P_2O_5 , para dosagens superiores de Flotanol, pode ser atribuída a uma provável formação de espuma na seção de coleta da coluna.

Foi considerado como sendo 85,3 g/t uma dosagem adequada de Flotanol D-14B para flotação de apatita da amostra estudada na coluna de recheio. Com essa dosagem de Flotanol D-14B obteve-se um concentrado com teor de 29,4 % e recuperação de apenas 65,6 % de P_2O_5 .

Teste	Flotanol (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CR - 1	0,0	31,03	6,92	1,83	37,7	53,8	15,1	6,6
CR - 2	29,6	30,84	8,98	1,55	42,3	60,1	22,2	6,2
CR - 3	58,5	30,00	9,31	1,30	44,6	62,6	26,3	5,3
CR - 4*	85,3	29,39	12,26	1,40	48,6	65,6	34,5	6,4
CR - 5	115,6	30,46	12,78	1,31	44,2	61,2	32,4	5,5

• Taxa de Aliment. Sólidos = 41,5 kg/h • Vel. Sup. do Ar = 3,33 cm/s • Óleo de Arroz = 128,6 g/t
 • Vel. Sup. Água Lavagem = 0,35 cm/s • Camada de Espuma = 196,6 cm • % de Sólidos = 31,0

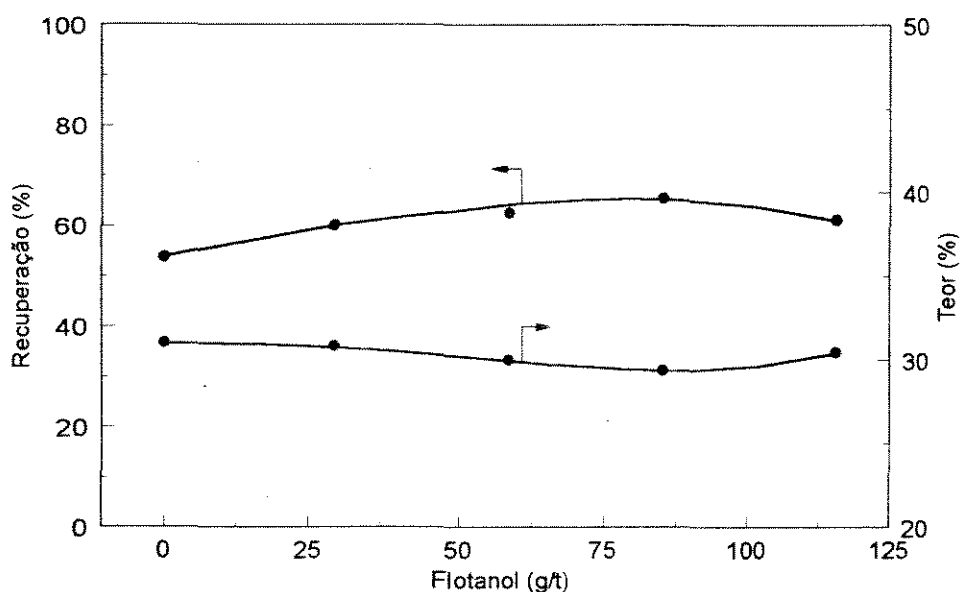


Figura V.15 - Efeito da dosagem de Flotanol sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.4.2. Velocidade Superficial do Ar

Em função dos baixos níveis de recuperação de P_2O_5 obtidos na série de testes anterior e considerando as características da coluna de recheio, sem sistema de geração de bolhas, foram realizados testes variando a velocidade superficial do ar até valores mais elevados que os normalmente utilizados na coluna convencional.

Os resultados obtidos nos testes variando a velocidade superficial do ar de 1,30 a 5,00 cm/s estão apresentados na Tabela V.14 e Figura V.16. Esses resultados mostram que a recuperação de P_2O_5 no concentrado foi crescente e o teor decrescente, até uma velocidade superficial do ar de 3,99 cm/s. Para valores superiores de velocidade superficial do ar houve uma redução na recuperação de P_2O_5 , provavelmente, devido o excesso de ar e à formação de espuma na seção de recuperação da coluna. O teor do contaminante SiO_2 , no concentrado de apatita, manteve-se constante e o de Fe_2O_3 foi crescente com o aumento da velocidade superficial do ar.

Foi considerado como sendo 3,99 cm/s um valor de velocidade superficial de ar adequado para flotação da apatita na coluna de recheio. Esse valor é considerado elevado se comparado ao determinado para a coluna convencional (0,91 cm/s). Isto deve-se a não existência de sistema de geração de bolhas na coluna de recheio e portanto a produção de bolhas com tamanhos maiores, mesmo utilizando agente tensoativo. Com esse valor de velocidade superficial de ar obteve-se um concentrado de apatita com teor de 30,0 % e recuperação de apenas 67,6 % de P_2O_5 .

Tabela V. 14 - Efeito da velocidade superficial do ar sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Vel. Sup. Ar (cm/s)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CR - 6	1,33	33,80	6,47	1,40	29,2	42,4	11,0	4,1
CR - 7	2,00	32,36	7,80	1,43	34,8	48,8	15,4	5,2
CR - 8	2,66	32,04	8,08	1,43	38,6	54,0	17,9	5,7
CR - 9	3,33	30,65	9,32	1,58	45,9	61,0	24,7	7,3
CR - 10*	3,99	30,02	9,97	1,50	52,0	67,6	30,4	7,8
CR - 11	4,99	30,05	10,14	1,46	50,0	64,4	30,1	7,1

• Taxa de Aliment. Sólidos = 40,3 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 133,4 g/t
 • Vel. Sup. Água Lavagem = 0,25 cm/s • Carnada de Espuma. = 198,2 cm • % de Sólidos = 30,2

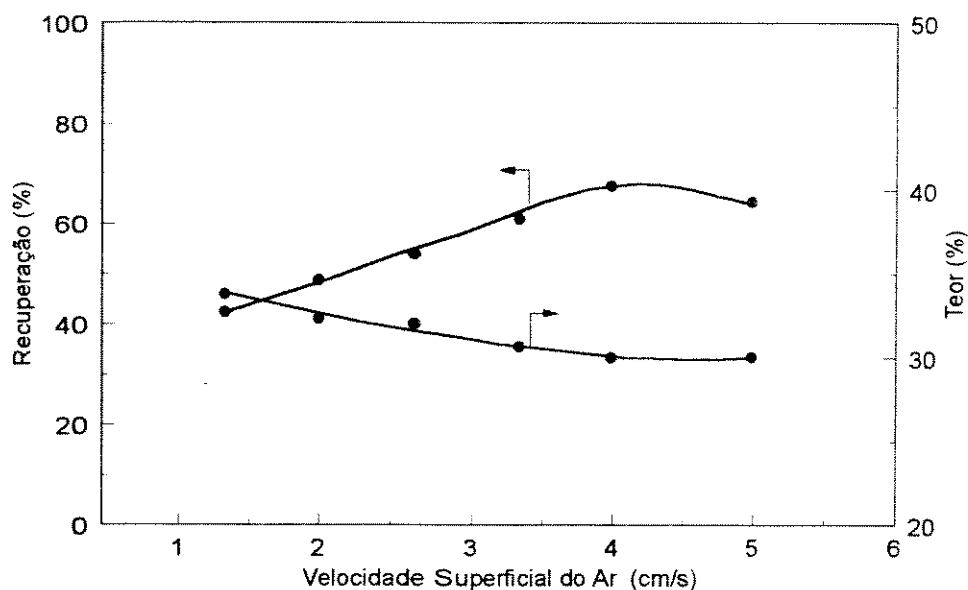


Figura V.16 - Efeito da velocidade superficial do ar sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.4.3. Altura da Camada de Espuma

Na coluna de recheio é possível trabalhar com alturas de camada de espuma elevadas, até mesmo abaixo do ponto de alimentação da polpa. Em função disto e objetivando uma maior seletividade no processo de flotação da apatita dos minerais de ganga do minério da Arafertil, foram realizados testes variando a altura de camada de espuma de 100,0 a 300,0 cm.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.15 e Figura V.17 e mostram que, ao contrário do que se esperava, o teor de P_2O_5 no concentrado de apatita foi decrescente e a recuperação crescente com o aumento da camada de espuma até uma altura de 250 cm. Para valores superiores houve uma elevação no teor de P_2O_5 e uma redução significativa na recuperação. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 foram ligeiramente crescentes com o aumento da altura da camada de espuma.

Foi considerado como sendo 195 cm uma altura de camada de espuma adequada para flotação da apatita na coluna de recheio. Utilizando esse valor obteve-se um concentrado com teor de 28,3 % e recuperação de 70,9 % de P_2O_5 .

Tabela V.15 - Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Camada de Espuma (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CR – 12	100	30,24	10,95	1,61	41,4	55,3	28,2	6,9
CR – 13	145	29,54	11,83	1,67	45,9	60,8	32,9	8,2
CR – 14*	195	28,30	11,56	1,71	54,5	70,9	38,4	10,1
CR – 15	250	27,96	12,46	2,06	54,8	70,7	41,5	12,3
CR – 16	305	31,86	12,86	1,92	37,6	53,4	27,8	7,9

• Taxa de Aliment. Sólidos = 36,8 kg/h
 • Vel. Sup. do Ar = 3,98 cm/s
 • Óleo de Arroz = 141,9 g/t
 • Vel. Sup. Água Lavagem = 0,19 cm/s
 • pH = 11,6
 • % de Sólidos = 28,3

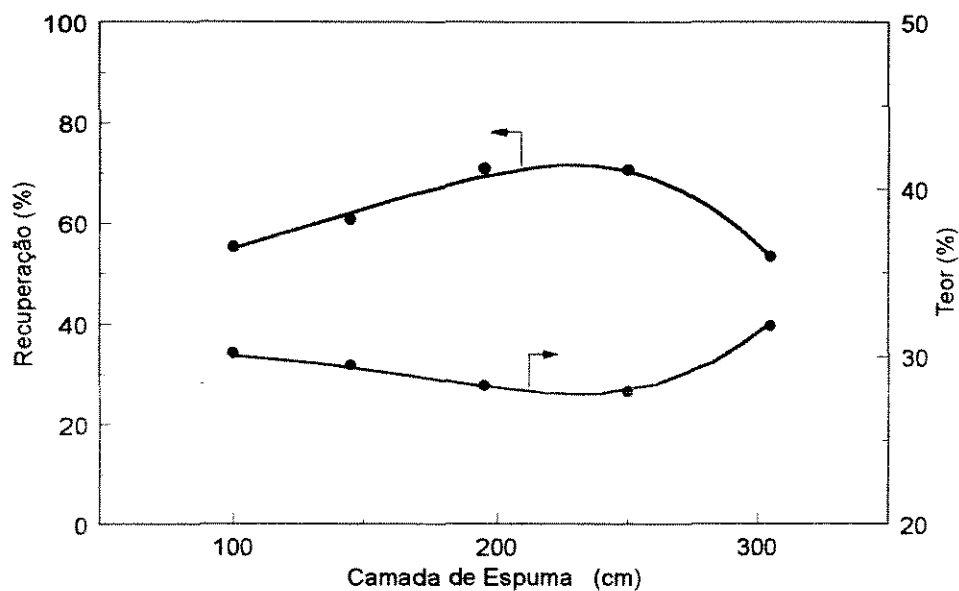


Figura V.17 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.4.4. Velocidade Superficial da Água de Lavagem

Na coluna de recheio a água de lavagem é adicionada através de um tubo sobre a camada de espuma. Parte dessa água, que flui pelo recheio através da camada de espuma, tem como objetivo eliminar as partículas de ganga arrastadas pelas bolhas de ar para a fração flotada e a outra parte substitui a água de processo no concentrado.

Foram realizados testes variando a velocidade superficial da água de lavagem de 0,00 a 0,50 cm/s. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.16 e Figura V.18 e mostram que, ao contrário do que se esperava, o teor de P_2O_5 foi ligeiramente decrescente e a sua recuperação crescente com o aumento da vazão de água de lavagem. A redução do teor de P_2O_5 , no concentrado de apatita, com o aumento da vazão de água de lavagem, pode ter ocorrido devido o efeito de mistura com a água de alimentação e arraste para o concentrado.

Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita mantiveram-se praticamente constantes com o aumento da quantidade de água de lavagem. Isto provavelmente pode ser atribuído à falta de liberação dos minerais de ganga presentes na camada de espuma que apresentam-se associados às partículas de apatita.

Em função desses resultados considerou-se que não é necessária a adição de água de lavagem na coluna de recheio. Sem adição de água de lavagem obteve-se um concentrado com teor de 30,1 % e recuperação de 72,1 % de P_2O_5 .

Tabela V.16 - Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Vel. Sup. Água Lavagem (cm/s)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CR – 17*	0,00	30,10	7,94	1,27	54,8	72,1	24,1	7,2
CR – 18	0,11	30,58	8,35	1,21	53,5	72,3	25,0	6,6
CR – 19	0,13	30,30	8,60	1,21	54,8	73,0	26,2	6,8
CR – 20	0,22	30,07	7,91	1,30	55,9	73,4	24,6	7,4
CR – 21	0,36	29,05	8,86	1,37	59,3	76,0	29,1	8,4
CR – 22	0,49	28,95	9,29	1,69	58,1	74,7	30,6	9,8

• Taxa Alimentação Sólidos = 41,6 kg/h • pH = 11,5 • Óleo de Arroz = 126,5 g/t
 • Velocidade Superficial Ar = 3,96 cm/s • Camada de Espuma = 250,0 cm • % de Sólidos = 30,8

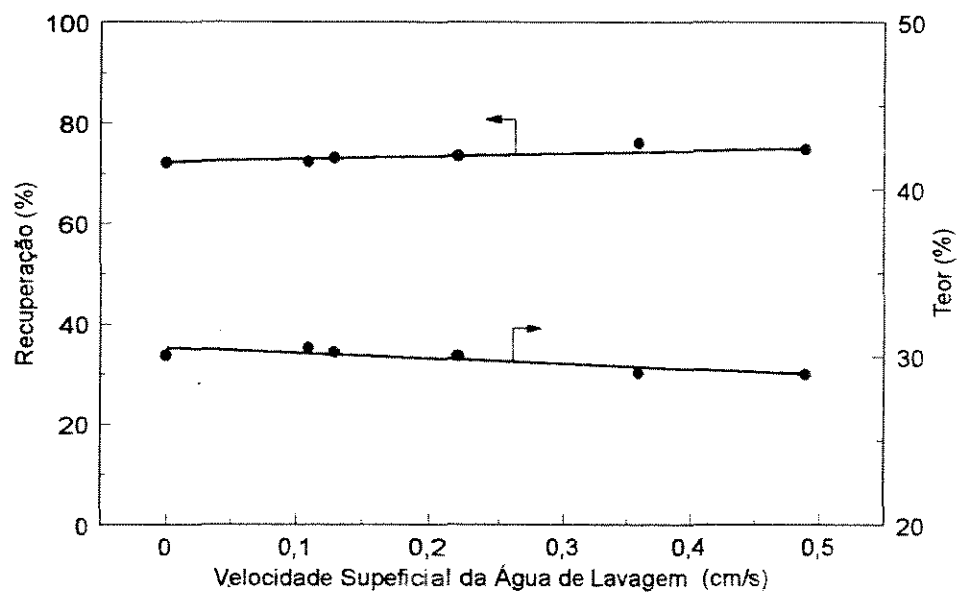


Figura V.18 - Efeito da velocidade superficial da água de lavagem sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

V.4.5. Concentração de Sólidos na Alimentação da Coluna

A concentração de sólidos na alimentação da coluna é um parâmetro importante para o “scale up” de unidades industriais. Quanto maior a concentração de sólidos utilizada, sem prejuízo do rendimento metalúrgico do processo, menor será a coluna industrial. Isto acarreta uma redução significativa nos custos de investimento e de manutenção. Na coluna industrial é possível trabalhar com concentrações de sólidos mais elevadas do que a determinada em escala piloto, devido ao menor efeito de parede sobre o movimento da polpa na coluna industrial.

Foram realizados testes variando a concentração de sólidos na alimentação da coluna de 20,0 a 40,0 %. Para realização desses testes, a concentração de sólidos foi ajustada através da adição de água de diluição na alimentação da coluna e mantida a taxa de alimentação de sólidos constante.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.17 e Figura V.19 e mostram que o teor de P_2O_5 foi decrescente e a recuperação crescente com o aumento da concentração de sólidos. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 mantiveram-se constante com a variação da concentração de sólidos. Em função desses resultados pode-se trabalhar com concentrações de sólidos compreendida entre 29,0 e 38,0 %. Com 29,0 % de sólidos obteve-se um concentrado com teor 32,0 % e recuperação de 66,5 % de P_2O_5 .

Tabela V.17 - Efeito da concentração de sólidos sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	% de Sólidos	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CR – 23	19,1	32,24	9,14	1,18	42,9	60,0	24,5	4,8
CR – 24	24,0	32,64	8,55	1,16	42,8	60,3	22,4	4,8
CR – 25*	29,0	31,96	9,88	1,06	47,2	66,5	28,7	4,9
CR – 26	33,3	30,95	9,67	1,10	51,3	68,9	30,8	5,4
CR – 27	38,0	30,86	9,79	1,01	51,6	68,8	31,1	5,0

• Taxa Alimentação Sólidos = 38,6 kg/h • pH = 11,6 • Óleo de Arroz = 136,9 g/t
 • Velocidade Superficial do Ar = 3,97 cm/s • Camada Espuma = 244,6 cm • Collamil = 156,7 g/t

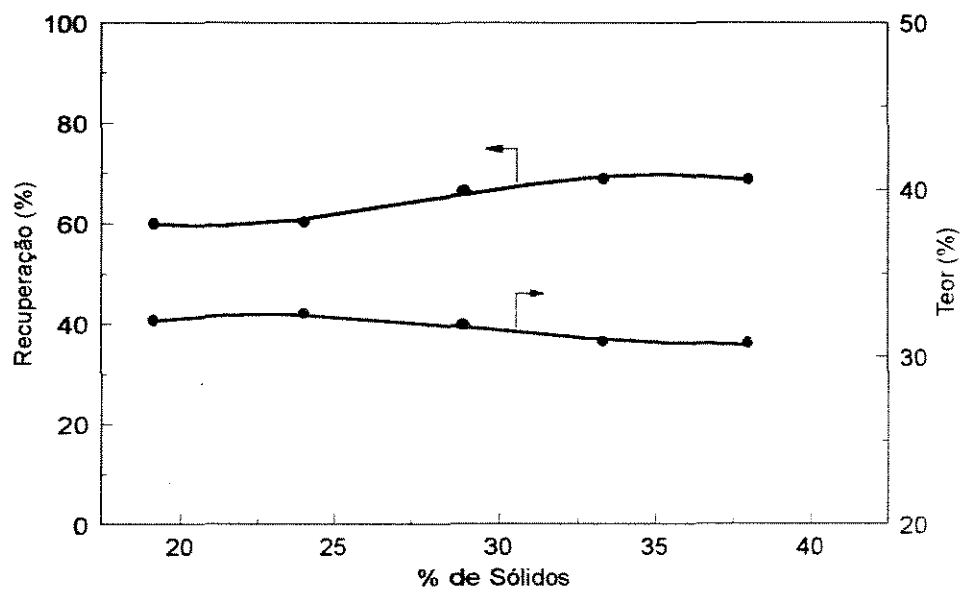


Figura V.19 - Efeito da concentração de sólidos sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	Taxa de Alimentação (kg/h)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CR – 28	21,3	28,22	12,17	1,08	55,0	68,4	41,6	5,9
CR – 29	28,1	28,85	10,46	1,07	54,9	71,3	36,4	5,7
CR – 30*	37,8	30,22	9,14	1,06	48,5	66,0	27,1	4,8
CR – 31	48,2	31,61	8,11	0,94	47,4	64,8	24,5	4,2
CR – 32	60,9	32,65	6,95	0,92	44,0	63,6	19,0	4,0

• Velocidade Superficial do Ar = 3,96 cm/s	• pH = 11,6	• Óleo de Arroz = 131,4 g/t
• Camada de Espuma = 253,0 cm	• % de Sólidos = 39,0	• Collamil = 151,6 g/t

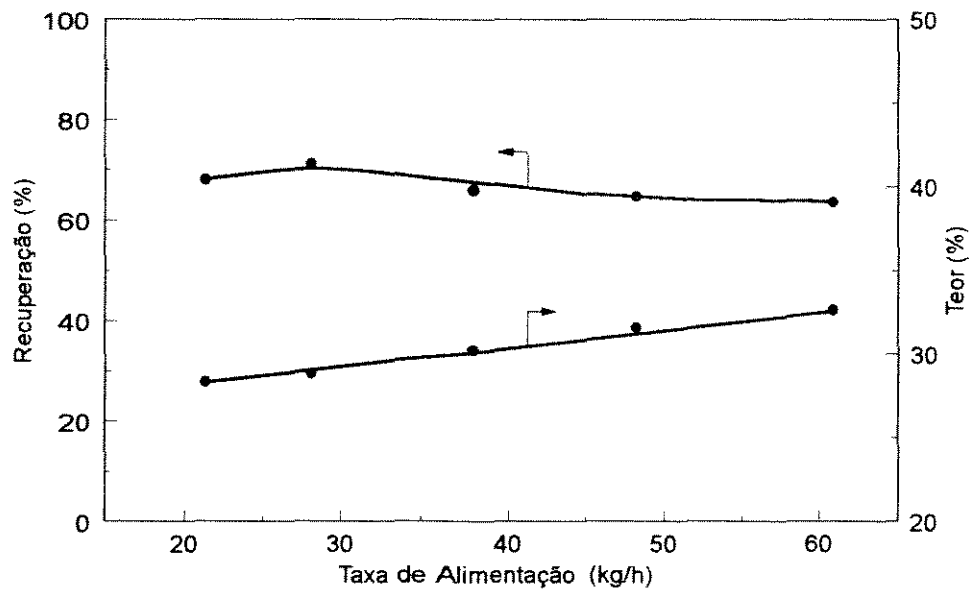


Figura V.20 - Efeito da taxa de alimentação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Com base no estudo de variáveis realizado utilizando a amostra de minério fosfático da Arafertil, com granulometria grossa, foram definidas as condições de flotação na coluna de recheio. Utilizando essas condições foi realizado um teste com 8 (oito) horas de duração, cujos resultados estão apresentados no Anexo III (Teste CR – 33) e no balanço de massa da Figura V.21. Esses resultados mostram que foi obtido um concentrado com teor e recuperação de P_2O_5 de 30,7 e 68,0 %, respectivamente. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 10,5 e 1,34 %, respectivamente.

As condições utilizadas para obtenção desses resultados foram as seguintes:

- dosagem de collamil (g/t) : 143,5
- dosagem de óleo de arroz (g/t) : 138,8
- dosagem de flotanol (g/t) : 63,2
- pH : 11,7
- velocidade superficial do ar (cm/s) : 3,99
- tempo de residência da polpa (min) : 13,6
- altura da camada de espuma (cm) : 190,0
- concentração de sólidos (%) : 29,0
- velocidade superficial da água de lavagem (cm/s) : 0,0
- taxa de alimentação de sólidos (kg/h) : 38,5

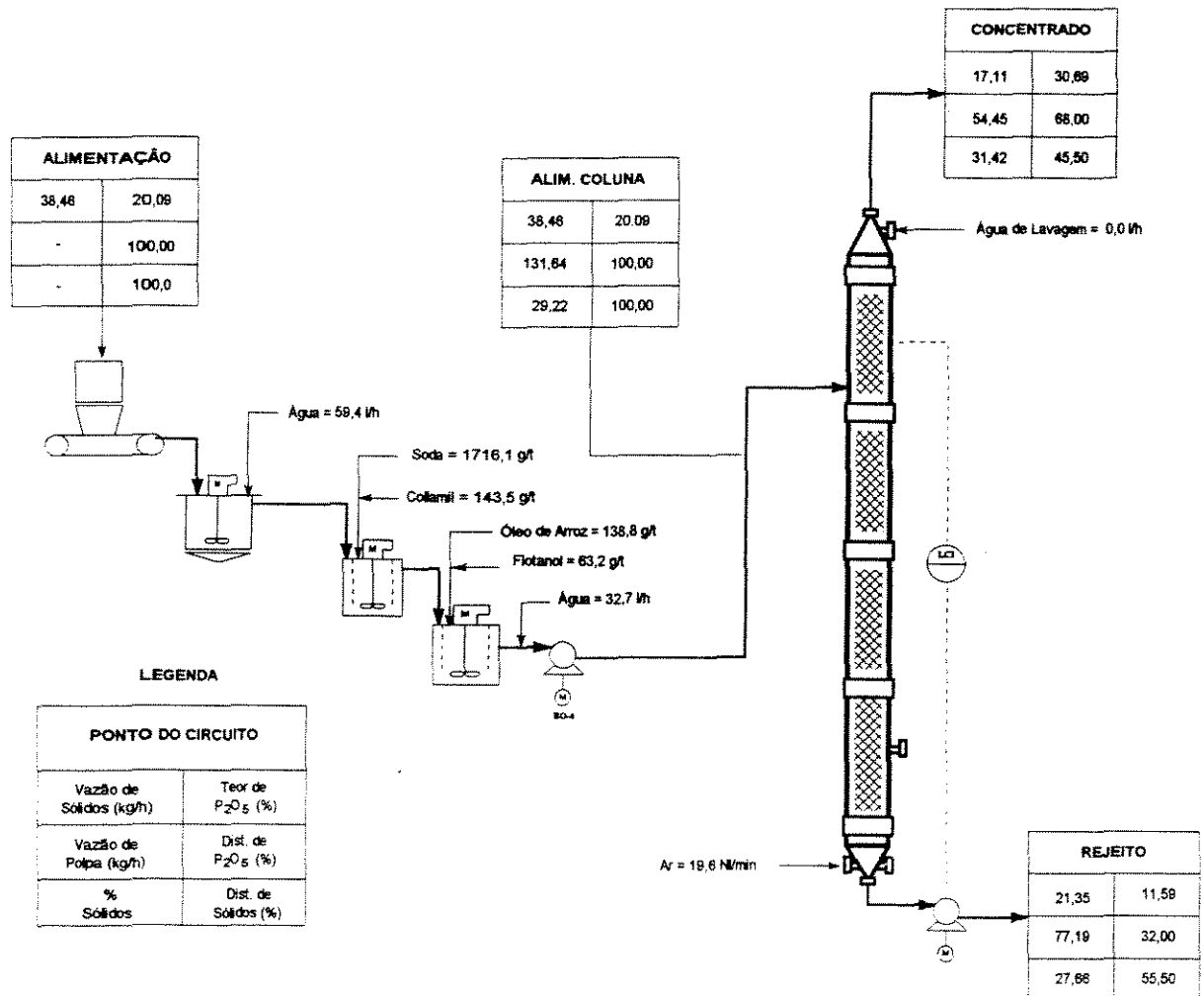


Figura V.21 – Balanço de massa da flotação em coluna de recheio com amostra da Arafertil

V.5. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

A seguir será feita uma comparação entre os resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e de recheio utilizando uma amostra de minério fosfático, com granulometria grossa, da Arafertil. Esses resultados estão apresentados na Tabela V.19 e mostram que, em ambas as colunas, foram obtidos concentrados de apatita com baixo teor de P_2O_5 e elevado de Fe_2O_3 . Com relação a recuperação de P_2O_5 foram obtidos níveis satisfatórios nas colunas convencional e agitada e baixos na coluna de recheio. O baixo nível de recuperação de P_2O_5 obtido na coluna de recheio, provavelmente, deve-se a ausência do sistema de geração de bolhas e consequentemente a formação de bolhas grandes e portanto com menor eficiência de coleta das partículas de apatita.

Tabela V.19 – Resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e de recheio

Tipo de Coluna	Teor (%)			Recuperação de P_2O_5 (%)
	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	
Convencional	29,8	12,08	1,90	79,3
Agitada	28,1	11,56	1,48	82,3
Recheio	30,7	10,49	1,34	68,0

Em função desses resultados obtidos e com o objetivo de determinar a influência do tamanho de partícula sobre o processo de flotação em coluna foram realizadas análises granulométricas dos concentrados e rejeitos obtidos nas colunas convencional, agitada e de recheio e analisado P_2O_5 em suas frações. A partir desses resultados e das massas de sólidos obtidos nos concentrados e rejeitos foram determinadas as recuperações de P_2O_5 em função do tamanho de partícula.

Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.20 e Figura V.22 e mostram que, para ambas as colunas, o teor de P_2O_5 no concentrado de apatita manteve-se mais elevado nas frações granulométricas compreendida entre 210 e 37 μm . Para valores

superiores a 210 μm e inferiores a 37 μm o teor de P_2O_5 no concentrado de apatita foi mais baixo. A recuperação de P_2O_5 no concentrado de apatita foi significativamente decrescente com o aumento do tamanho de partícula. Conforme pode-se verificar na Figura V.22 a recuperação de P_2O_5 , na coluna convencional, foi reduzida de 94,0 %, para partículas com tamanhos inferiores a 37,0 μm , para 6,0 % para partículas com tamanho da ordem de 300 μm . Conforme apresentado na Tabela V.20 os baixos valores de recuperação de P_2O_5 obtidos nas frações grossas deveu-se a baixa recuperação de massa no concentrado e o teor elevado de P_2O_5 nas frações do rejeito.

Com o objetivo de identificar as razões porque não houve uma boa flotabilidade da apatita contida nas frações grossas do minério fosfático da Arafertil foi realizado um estudo de caracterização mineralógica com determinação da composição e do grau de liberação dos minerais contidos nas frações granulométricas do rejeito da coluna convencional. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela V.21 e mostram que existe uma quantidade significativa de apatita microcristalina e que o seu grau de liberação é baixo nas frações granulométricas grossas do rejeito. Isto demonstra que a principal razão de obtenção dos baixos níveis de recuperação e teor de P_2O_5 nas frações granulométricas grossas do concentrado, com a amostra de minério fosfático da Arafertil, foi a presença de apatita microcristalina com baixo grau de liberação.

Tabela V.20 – Teor e recuperação de P_2O_5 nas frações granulométricas dos concentrados e rejeitos das colunas convencional, agitada e de recheio

Coluna	Tamanho		% Peso			Teor de P_2O_5			Distribuição de P_2O_5 (%)			Recuperação de P_2O_5 (%)	
	Malhas	Micra	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito
Convencional	48	297	0,8	19,9	8,3	22,00	21,70	21,68	0,6	31,9	8,0	5,9	94,1
	65	210	4,9	12,8	8,0	29,40	21,30	24,31	5,1	20,1	8,6	45,0	55,0
	100	149	16,4	18,2	17,1	32,00	14,40	24,67	18,5	19,4	18,7	75,6	24,4
	150	105	22,0	16,3	19,8	30,60	15,70	25,74	23,7	18,9	22,6	80,3	19,7
	200	74	18,4	12,0	15,9	28,10	4,00	20,95	18,2	3,5	14,8	94,4	5,6
	270	53	12,5	6,7	10,2	28,00	3,40	21,74	12,3	1,7	9,8	96,0	4,0
	400	37	12,1	5,3	9,4	27,20	3,80	22,13	11,6	1,5	9,2	96,2	3,8
	-400	-37	12,9	8,8	11,3	21,90	4,60	16,60	10,0	3,0	8,3	91,5	8,5
	Total		100,0	100,0	100,0	28,38	13,54	22,56	100,0	100,0	100,0	-	-
Agitada	48	297	0,9	19,5	6,7	21,10	21,40	21,38	0,7	32,6	6,1	9,1	90,9
	65	210	5,4	17,9	9,3	30,90	21,50	25,25	5,8	30,0	9,9	48,9	51,1
	100	149	16,1	17,3	16,5	31,50	14,80	25,99	17,8	20,0	18,1	81,4	18,6
	150	105	21,7	14,6	19,5	30,90	6,80	25,25	23,5	7,8	20,8	93,7	6,3
	200	74	18,4	12,1	16,4	28,80	3,80	23,11	18,6	3,6	16,0	96,2	3,8
	270	53	12,3	7,3	10,7	27,30	3,60	22,36	11,8	2,1	10,1	96,6	3,4
	400	37	12,5	6,5	10,6	26,60	3,60	22,27	11,6	1,8	10,0	96,9	3,1
	-400	-37	12,7	4,8	10,3	23,20	5,80	20,53	10,2	2,1	8,9	95,9	4,1
	Total		100,0	100,0	100,0	28,56	12,81	23,65	100,0	100,0	100,0	-	-
Recheio	48	297	0,5	6,9	4,0	18,70	17,10	17,41	0,3	9,2	3,5	6,0	94,0
	65	210	1,8	12,1	7,5	30,50	20,10	21,26	1,9	18,9	7,9	15,3	84,7
	100	149	8,3	19,8	14,7	34,10	19,60	23,22	9,7	30,2	16,9	36,9	63,1
	150	105	18,5	20,9	19,4	34,40	13,90	22,12	20,5	22,6	21,3	62,4	37,6
	200	74	16,8	14,6	15,6	31,60	8,14	19,37	18,1	9,2	15,0	78,2	21,8
	270	53	16,5	10,7	13,2	29,90	5,51	19,11	16,8	4,6	12,5	87,0	13,0
	400	37	18,7	9,3	13,5	27,50	4,43	18,64	17,6	3,2	12,5	90,9	9,1
	-400	-37	19,9	5,7	12,1	22,20	4,79	17,50	15,1	2,1	10,5	92,8	7,2
	Total		100,0	100,0	100,0	29,30	12,87	20,17	100,0	100,0	100,0	-	-

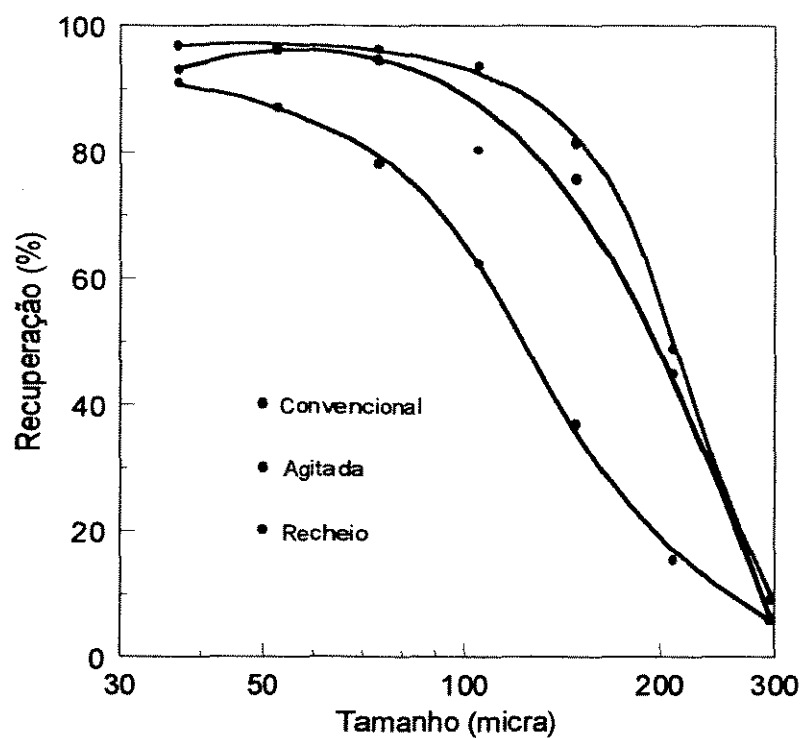


Figura V.22 – Recuperação de P_2O_5 em função do tamanho de partícula nas colunas convencional, agitada e de recheio

Tabela V.21 – Composição mineralógica e grau de liberação dos minerais nas frações granulométricas do rejeito da coluna convencional

Tipo de Estudo	Tamanho		Apatita		Minerais Opacos	Vermiculita	Anatásio / Perovskita	Monazita	Quartzo
	Malhas	Micra	Granular	Microcristalina					
Caracterização Mineralógica	48	297	6	48	17	21	<1	<1	6
	65	210	7	48	24	12	<1	<1	7
	100	149	8	31	36	17	1	<1	6
	150	105	<1	27	33	18	3	5	13
	200	74	<1	4	47	31	1	6	10
Grau de Liberação	48	297	84	48	35	99	67	-	80
	65	210	82	42	53	100	75	48	78
	100	149	70	36	67	100	85	46	58
	150	105	100	34	81	100	91	45	81
	200	74	100	40	96	100	91	27	98

CAPÍTULO VI

RESULTADOS E DISCUSSÃO

AMOSTRA DA FOSFÉRTIL

VI.1. INTRODUÇÃO

No capítulo anterior foram apresentados os resultados e as discussões do estudo de flotação realizado com a amostra de minério fosfático da Arafertil utilizando as colunas convencional, agitada e de recheio. Esse estudo mostrou que nas três colunas foram obtidos baixos níveis, principalmente, de teor de P_2O_5 nos concentrados. Conforme mencionado anteriormente, isto provavelmente ocorreu devido ao baixo grau de liberação da apatita com relação aos minerais de ganga. Dessa forma decidiu-se realizar outro estudo utilizando as três colunas e uma amostra de minério fosfático da Fosfertil com granulometria grossa e grau de liberação da apatita mais elevado.

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados do estudo de flotação realizado com a amostra de minério fosfático da Fosfertil utilizando as colunas convencional, agitada e de recheio.

VI.2. COLUNA CONVENCIONAL

A coluna convencional tipo canadense tem sido utilizada pela Fosfertil na etapa “cleaner” dos circuitos de friável grosso e fino. Tem-se verificado que no circuito de friável grosso os rendimentos metalúrgicos obtidos na coluna não têm sido satisfatórios. Em função disto foi realizado esse estudo utilizando uma amostra de minério fosfático coletada na alimentação da etapa de condicionamento do circuito de friável grosso.

Com o objetivo de melhorar o rendimento metalúrgico da fração grossa do minério friável da Fosfertil, utilizando a coluna convencional, foram estudadas as seguintes variáveis: dosagem dos reagentes hidrocol, KE-883 e collamil; pH; altura da camada de espuma e tempo de residência da polpa. As faixas de dosagem de reagentes e de valores de pH estudados foram definidos com base nos valores utilizados pela Fosfertil na unidade industrial de concentração da fração grossa do minério fosfático. As variáveis operacionais da coluna foram estudadas nos níveis usualmente utilizados nesse tipo de célula.

Os resultados obtidos nos testes de flotação realizados na coluna convencional estão apresentados nas Tabelas VI.1 a VI.6 e Figuras VI.1 a VI.6. Os testes marcados com asterisco nas Tabelas representam a condição otimizada de cada série. Esses testes foram quantificados através do teor e recuperação de P_2O_5 e dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 . Os resultados apresentados constituem a média de 3 (três) amostragens realizadas nas frações flotada e não flotada e 1 (uma) na alimentação. No Anexo IA tem-se as condições operacionais e os resultados obtidos em cada teste. A seguir serão apresentados e discutidos os resultados obtidos no estudo de variáveis realizado.

VI.2.1. Dosagem de Hidrocol

A Fosfertil utiliza em sua unidade industrial, como coletor da apatita, um ácido graxo aniônico parcialmente hidrogenado da Hidrovegs denominado hidrocol. Esse reagente é dosado após saponificação com hidróxido de sódio e diluição numa concentração adequada.

Com base na quantidade adicionada na unidade industrial, nesse trabalho foram realizados testes variando a dosagem de hidrocol de 300,0 a 450,0 g/t. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela VI.1 e Figura VI.1 e mostram que, conforme esperado, o teor de P_2O_5 foi decrescente e a sua recuperação crescente com o aumento da dosagem do coletor. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 , no concentrado de apatita, foram crescentes com o aumento da sua dosagem. Foi considerado como sendo 408,1 g/t uma dosagem adequada de hidrocol para flotação da apatita contida na fração grossa do minério da Fosfertil. Com essa dosagem de coletor obteve-se um concentrado com teor de 28,0 % e recuperação de 91,1 % de P_2O_5 .

Tabela VI.1 - Efeito da dosagem de hidrocol sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Hidrocol (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 35	307,1	29,39	3,22	6,80	32,8	88,2	11,1	11,0
CC – 36	355,6	28,80	3,71	6,28	33,8	89,2	12,9	10,5
CC – 37*	408,1	28,02	4,02	6,93	35,4	91,1	14,6	12,3
CC – 38	456,6	27,38	4,49	7,13	36,2	91,6	16,8	13,0

• Taxa Alimentação Sólidos = 29,7 kg/h • pH = 9,2 • KE – 883 = 50,0 g/t
 • Camada de Espuma = 43,0 cm • % de Sólidos = 29,6 • Vel. Sup. Ar = 1,35 cm/s

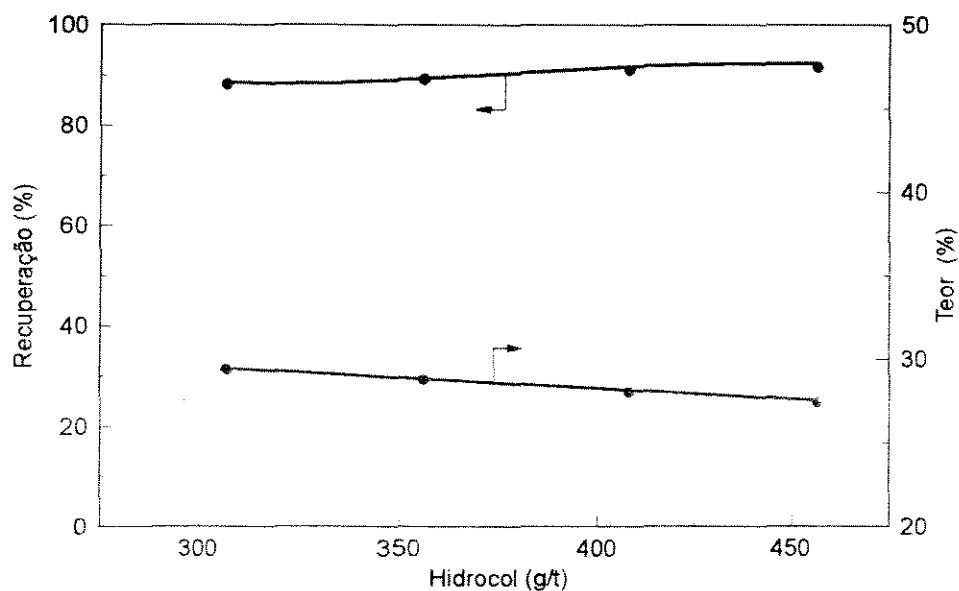


Figura VI.1 - Efeito da dosagem do hidrocol sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	KE - 883 (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC - 39	25,3	27,92	3,81	6,48	34,4	89,1	13,6	11,2
CC - 40*	49,5	28,02	4,02	6,93	35,4	91,1	14,6	12,3
CC - 41	74,7	27,04	4,31	6,94	36,6	92,0	16,1	12,9
CC - 42	101,0	25,94	5,06	7,50	38,1	91,9	20,4	14,3

- Taxa Alimentação Sólidos = 29,7 kg/h
- Camada de Espuma = 44 cm

- pH = 9,1
- % de Sólidos = 29,6

- Hidrocol = 402,0 g/t
- Vel. Sup. Ar = 1,35 cm/s

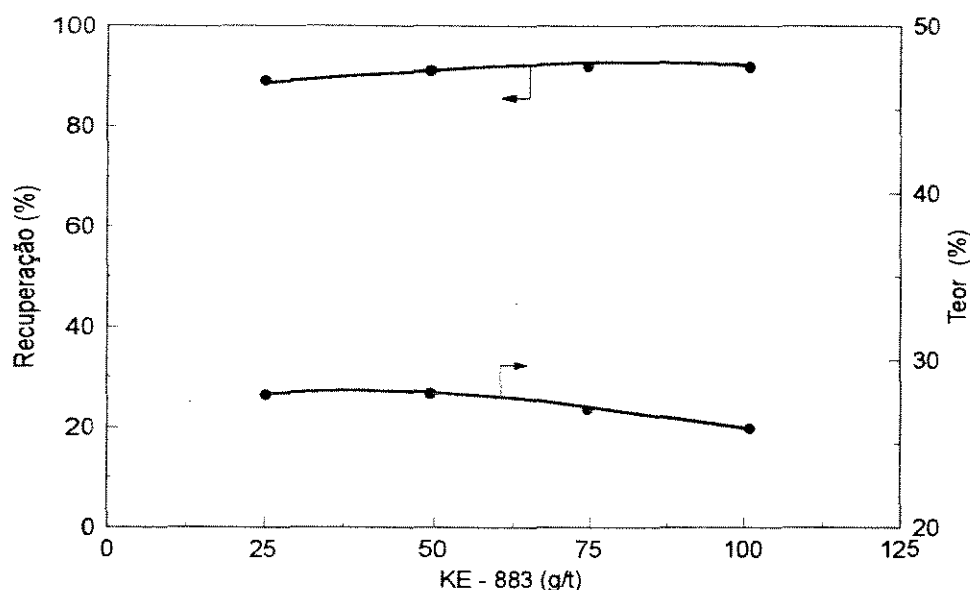


Figura VI.2 - Efeito da dosagem de KE - 883 sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado.

VI.2.3. Dosagem de Collamil

Com o objetivo de deprimir os minerais de ganga e consequentemente obter uma maior seletividade na flotação da apatita na fração grossa do minério fosfático da Fosfertil foram realizados testes variando a dosagem de amido de milho do tipo collamil de 370,0 a 530,0 g/t. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela VI.3 e Figura VI.3 e mostram que o teor e a recuperação de P_2O_5 mantiveram-se praticamente constantes com a variação da dosagem de collamil. O teor de Fe_2O_3 foi ligeiramente decrescente e o de SiO_2 crescente com o aumento da dosagem de collamil. Foi considerado como sendo 413,8 g/t uma dosagem adequada de collamil para depressão dos minerais de ganga desse minério. Com essa dosagem de collamil obteve-se um concentrado de apatita com teor de 26,7 % e recuperação de 90,5 % de P_2O_5 .

Tabela VI.3 - Efeito da dosagem do collamil sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Collamil (g/t)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 43	369,9	25,07	4,14	6,47	37,4	91,5	17,1	12,6
CC – 44*	413,8	26,66	3,94	6,77	34,8	90,5	14,8	12,4
CC – 45	472,3	26,34	3,91	6,84	34,7	90,9	15,0	12,6
CC – 46	524,6	26,66	3,81	8,19	35,1	91,2	14,3	15,2

• Taxa Alimentação Sólidos = 28,7 kg/h • pH = 9,1 • Hidrocol = 423,2 g/t
 • Camada de Espuma = 42,0 cm • % de Sólidos = 28,6 • KE -883 = 50,2 g/t

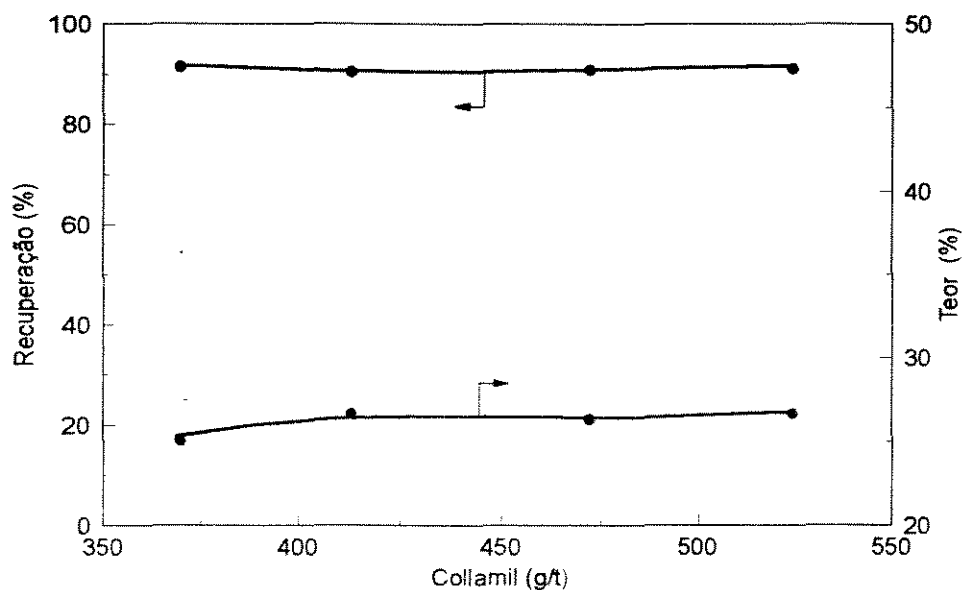


Figura VI.3 - Efeito da dosagem do collamil sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	pH	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC – 47	9,1	26,66	3,94	6,77	34,8	90,5	14,8	12,4
CC – 48*	9,6	26,25	3,77	7,15	35,8	92,6	14,5	13,7
CC – 49	10,0	25,35	3,68	8,13	36,7	91,7	14,6	15,9
CC – 50	10,5	20,11	3,99	11,35	46,6	92,9	20,6	28,1

• Taxa Alimentação Sólidos = 28,7 kg/h	• Collamil = 411,7 g/t	• Hidrocol = 419,0 g/t
• Camada de Espuma = 44,5 cm	• % de Sólidos = 28,4	• KE - 883 = 50,9 g/t

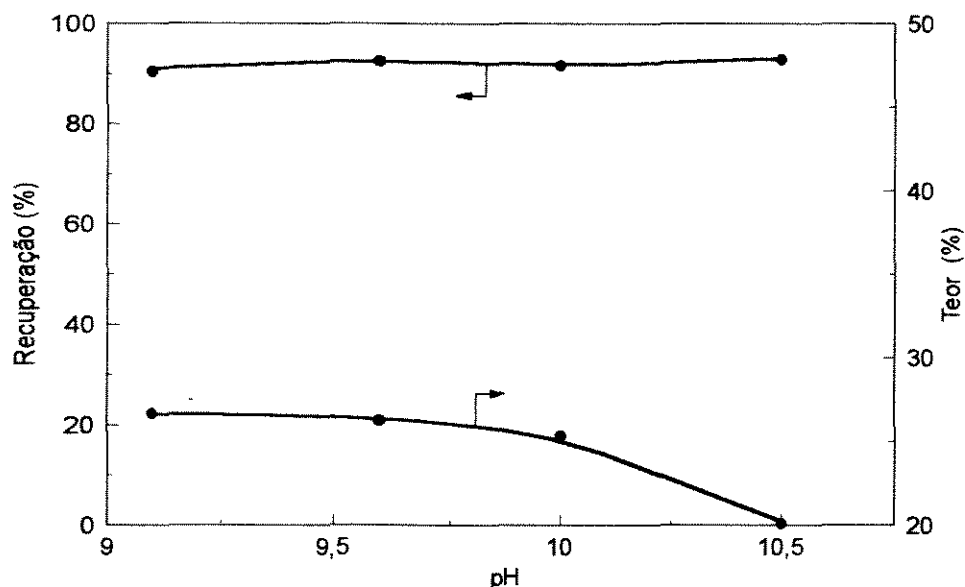


Figura VI.4 - Efeito do pH sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

VI.2.5. Altura da Camada de Espuma

Foram realizados testes variando a altura da camada de espuma de 40,0 a 80,0 cm. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela VI.5 e Figura VI.5 e mostram que, na faixa testada, essa variável não teve uma influência significativa sobre os resultados da flotação, obtendo-se uma ligeira elevação no teor de P_2O_5 e uma redução na sua recuperação com o aumento da altura da camada de espuma. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 , no concentrado de apatita, mantiveram-se praticamente constantes. Foi considerado como sendo 60,0 cm uma altura de camada de espuma adequada para flotação da apatita. Com esse valor de altura de camada de espuma obteve-se um concentrado com teor de 27,7 % e recuperação de 92,4 % de P_2O_5 .

Tabela VI.5 - Efeito da altura da camada de espuma sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Camada de Espuma (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CC – 51	40	26,45	3,75	6,23	37,4	93,8	15,0	12,3
CC – 52*	60	27,70	3,28	6,16	35,0	92,4	11,8	11,6
CC – 53	80	27,56	3,20	6,30	34,6	90,6	11,5	11,6
- Taxa Alimentação Sólidos = 30,5 kg/h - pH = 9,7 - Hidrocol = 409,4 g/t % de Sólidos = 24,6 - Collamil = 397,7 g/t - KE - 883 = 47,5 g/t								

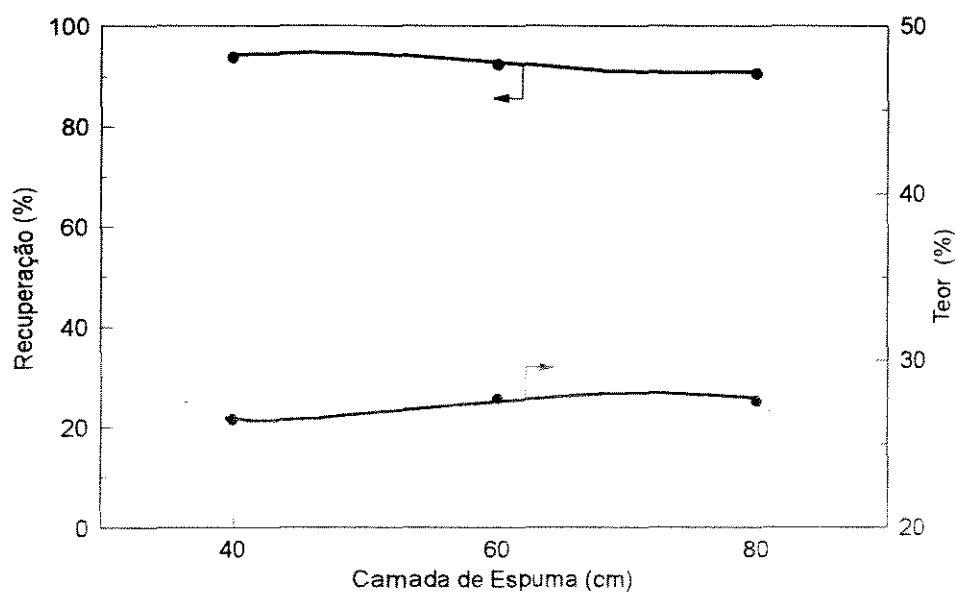


Figura VI.5 - Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Teste	Tempo de Residência (min)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CC – 54	7,7	26,46	3,08	7,16	38,2	96,9	13,4	14,9
CC – 55	9,6	26,96	3,27	7,08	37,2	96,2	15,4	14,1
CC – 56*	10,8	28,42	3,29	6,86	35,3	95,8	15,0	12,9

• Taxa Alimentação Sólidos = 29,6 kg/h	• pH = 9,5	• Hidrocol = 403,0 g/l
• Camada de Espuma = 45,0 cm	• % de Sólidos = 29,2	• KE - 883 = 54,1 g/l

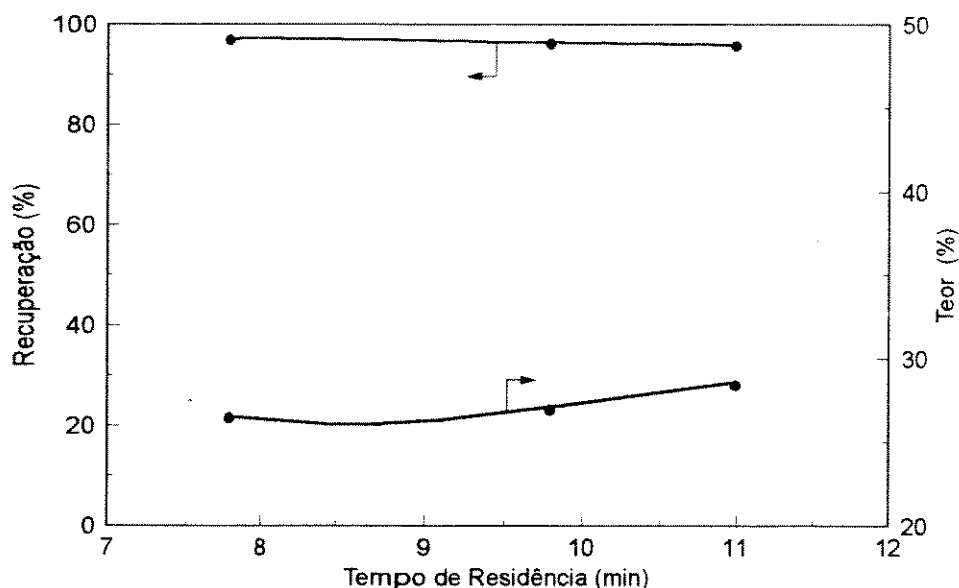


Figura VI.6 - Efeito do tempo de residência sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Utilizando as condições otimizadas das variáveis estudadas anteriormente foi realizado um teste com 8 (oito) horas de duração e realizada 5 (cinco) amostragens do concentrado e rejeito e 3 (três) da alimentação. Os resultados obtidos estão apresentados no balanço de massa da Figura VI.7 e Anexo IA (Teste CC – 57). Esses resultados mostram que foi obtido na coluna convencional um concentrado com teor e recuperação de P_2O_5 de 28,7 e 91,5 %, respectivamente. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 2,87 e 4,66 %, respectivamente. Com base nesses resultados verifica-se que na coluna convencional foi obtido um concentrado com elevado nível de recuperação e baixo teor de P_2O_5 . As condições utilizadas para obtenção desses resultados foram as seguintes:

- Dosagem de collamil (g/t) : 419,9
- Dosagem de hidrocol (g/t) : 413,9
- Dosagem de KE – 883 (g/t) : 43,8
- PH : 9,9
- Altura da camada de espuma (cm) : 60,0
- Tempo de residência da polpa (min) : 11,5
- Velocidade superficial do ar (cm/s) : 0,88

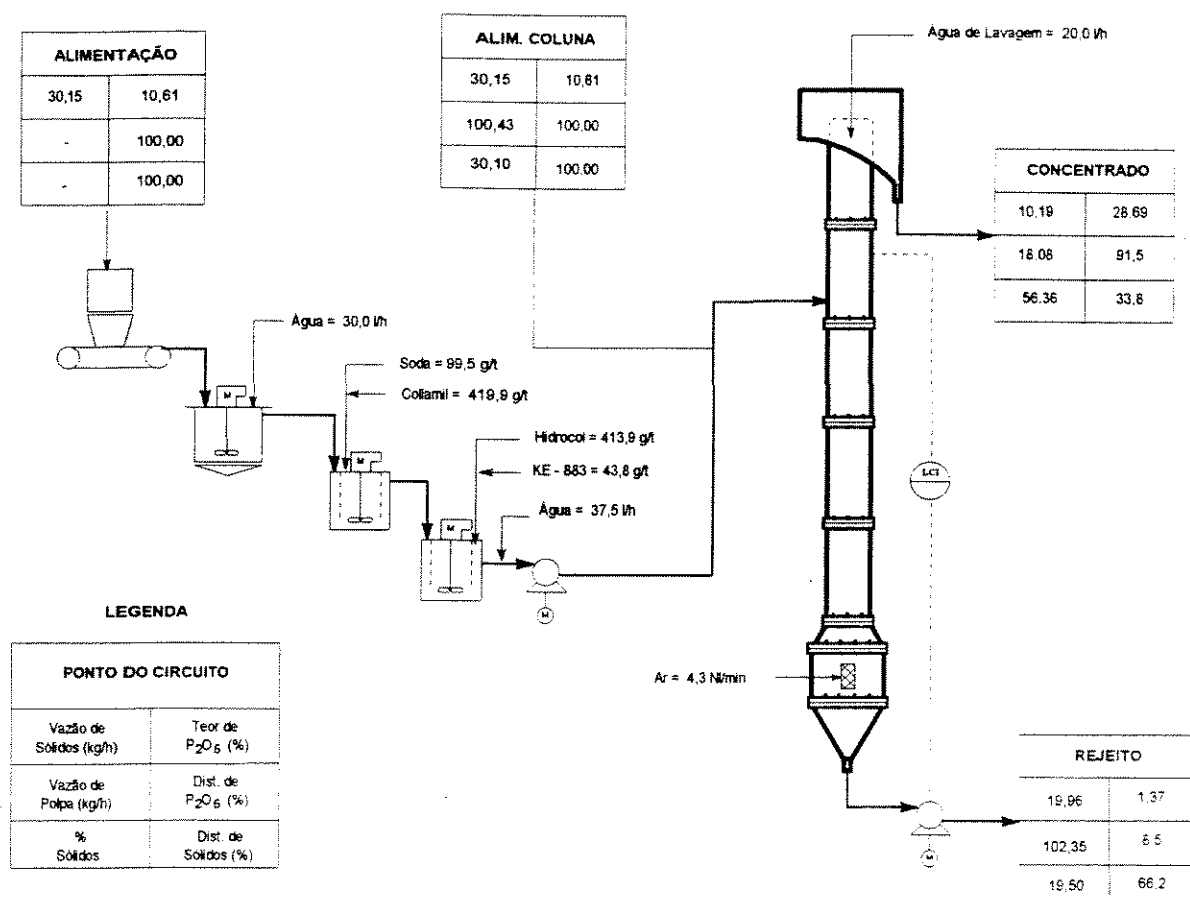


Figura VI.7 – Balanço de massa da flotação em coluna convencional com a amostra da Fosfertil

VI.3. COLUNA AGITADA

Neste trabalho foi também verificada a eficiência da coluna agitada. Os testes foram realizados utilizando a mesma coluna agitada descrita no item 3.2 do capítulo III, porém com um sistema de agitação constituído de 5 (cinco) hélices do tipo aerofólio (Figura III.6e). As hélices foram instaladas na seção de coleta da coluna, distanciadas de 30 cm, sendo a primeira 30 cm abaixo do ponto de alimentação da polpa e a última 10 cm acima da entrada de ar.

Para realização dos testes foram utilizadas as condições otimizadas da coluna convencional, apresentadas no item anterior, e variado o grau de agitação da polpa. Foram realizados testes com as seguintes rotações: 0; 100; 200; 300; 400 e 500 rpm. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela VI.7 e Figura VI.8. No Anexo IIA tem-se as condições e resultados de cada teste.

Os resultados obtidos nos testes variando a agitação da polpa mostram que o teor de P_2O_5 foi ligeiramente crescente e a sua recuperação ligeiramente decrescente ao variar a rotação de 0 a 300 rpm. Para valores superiores de rotação houve uma elevação significativa no teor de P_2O_5 , porém com uma redução na sua recuperação. Os teores e as recuperações dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 , no concentrado de apatita, também foram significativamente reduzidos ao realizar a flotação com elevada intensidade de agitação na polpa. Esse efeito da agitação, sobre o processo de flotação, deve-se principalmente ao aumento da descoleta das partículas maiores das bolhas de ar com a elevação do grau de agitação da polpa. Isto ocorre devido o maior peso e menor grau de hidrofobização dessas partículas e consequentemente uma menor força de adesão partícula-bolha.

Tabela VI.7 – Efeito da rotação sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Rotação (rpm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CA – 29	0	28,69	2,87	4,66	33,8	91,5	10,4	8,2
CA – 30	100	29,71	3,23	4,70	33,0	91,7	11,0	8,1
CA – 31	200	29,11	3,24	4,80	33,5	91,1	11,4	8,3
CA – 32*	300	29,95	2,86	4,46	32,5	90,4	9,7	7,5
CA – 33	400	37,77	0,70	0,97	20,4	72,4	1,5	1,0
CA – 34	500	38,33	0,61	0,89	17,5	62,6	1,1	0,8

• Taxa Alimentação Sólidos = 30,2 kg/h
 • pH = 9,8
 • Hidrocol = 413,9 g/t
 • Camada de Espuma = 60,0 cm
 • KE – 883 = 49,8 g/t
 • Collamil = 415,2 g/t

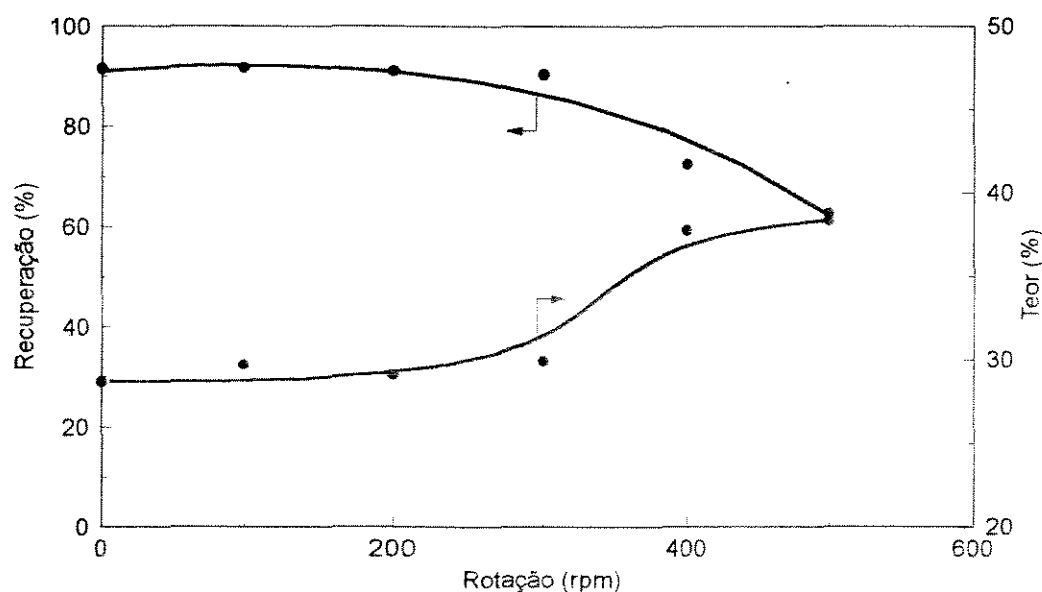


Figura VI.8 – Efeito da rotação sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Na Figura VI.9 tem-se o balanço do Teste CA - 35 realizado com rotação de 300 rpm. Esses resultados mostram que foi obtido um concentrado com teor de 29,9 % e recuperação de 90,4 % de P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 2,86 e 4,46 %, respectivamente. Esses resultados mostram que para obtenção de um concentrado na coluna agitada com nível de recuperação de P_2O_5 elevado o seu teor foi baixo.

As condições utilizadas para obtenção desses resultados foram as seguintes:

- dosagem de collamil (g/t) : 413,9
- dosagem de hidrocol (g/t) : 413,9
- dosagem de KE – 883 (g/t) : 43,8
- pH : 9,7
- altura da camada de espuma (cm) : 60,0
- tempo de residência da polpa (min) : 10,2
- velocidade superficial do ar (cm/s) : 0,88
- rotação (rpm) : 300

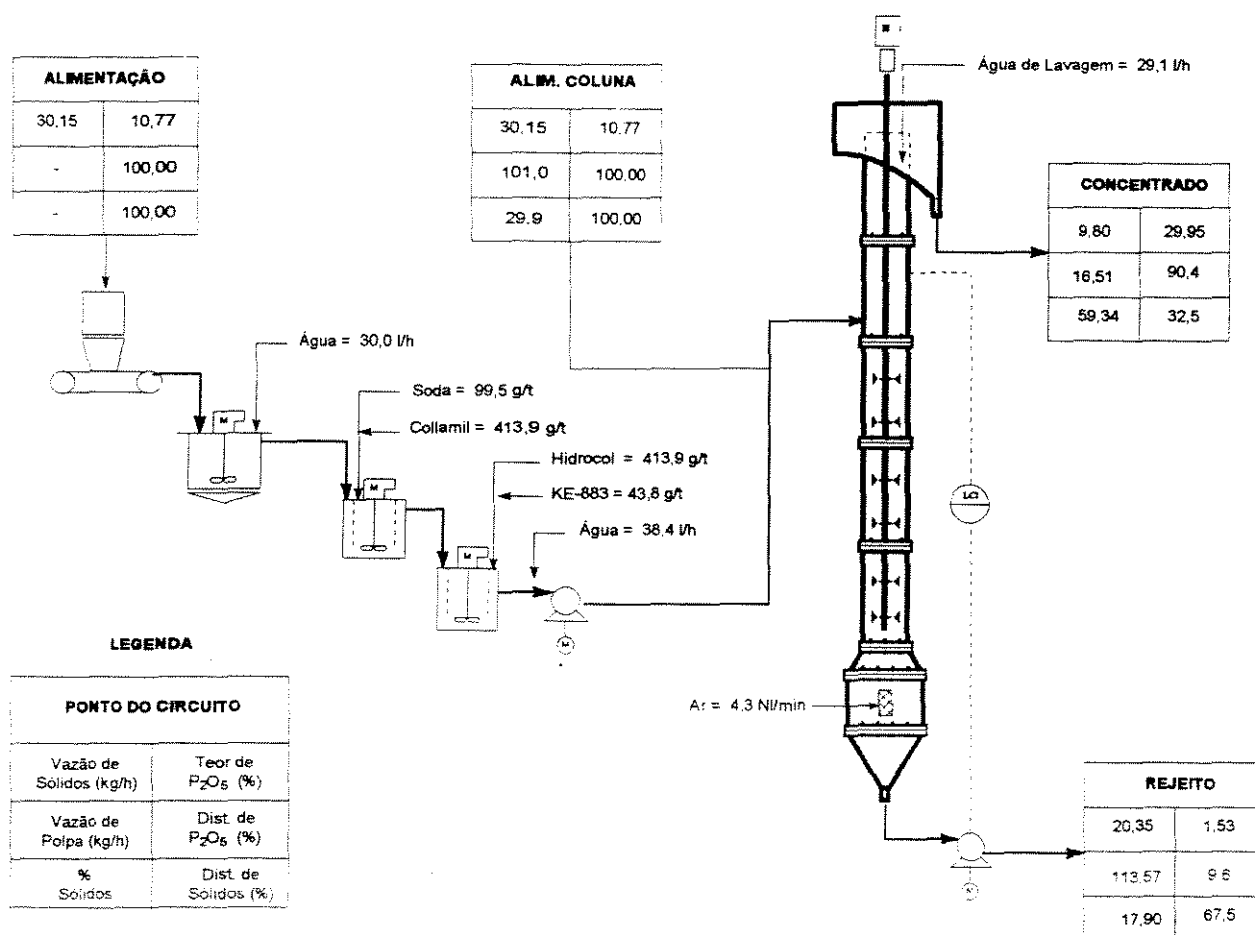


Figura VI.9 – Balanço de massa da flotação em coluna agitada com amostra da Fosfertil

VI.4. COLUNA DE RECHEIO

Com objetivo de avaliar o desempenho da coluna de recheio na concentração desse minério, foram realizados testes utilizando as condições otimizadas da coluna convencional e ajustada a vazão de ar. Após o ajuste da vazão de ar adequado à coluna de recheio foi realizado um teste (CR - 34) durante 6 (seis) horas de operação. Nesse teste foram realizadas 5 (cinco) amostragens do concentrado e do rejeito e 3 (três) da alimentação. As condições operacionais e os resultados obtidos nesse teste estão apresentados no balanço de massa da Figura VI.10 e Anexo IIIA. Esses resultados mostram que, na coluna de recheio, foi obtido um concentrado com elevado teor (38,1%) e baixa recuperação (60,7%) de P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram de, apenas, 0,46 e 1,25 %, respectivamente.

As condições utilizadas para obtenção desses resultados foram as seguintes:

- dosagem de collamil (g/t) : 411,3
- dosagem de Hidrocol (g/t) : 403,2
- dosagem de KE – 883 (g/t) : 49,4
- pH : 9,9
- taxa de alimentação de sólidos (kg/h) : 29,8
- concentração de sólidos (%) : 29,6
- altura da camada de espuma (cm) : 100,0
- tempo de residência da polpa (min) : 11,2
- velocidade superficial do ar (cm/s) : 2,99
- velocidade superficial da água de lavagem (cm/s) : 0,11

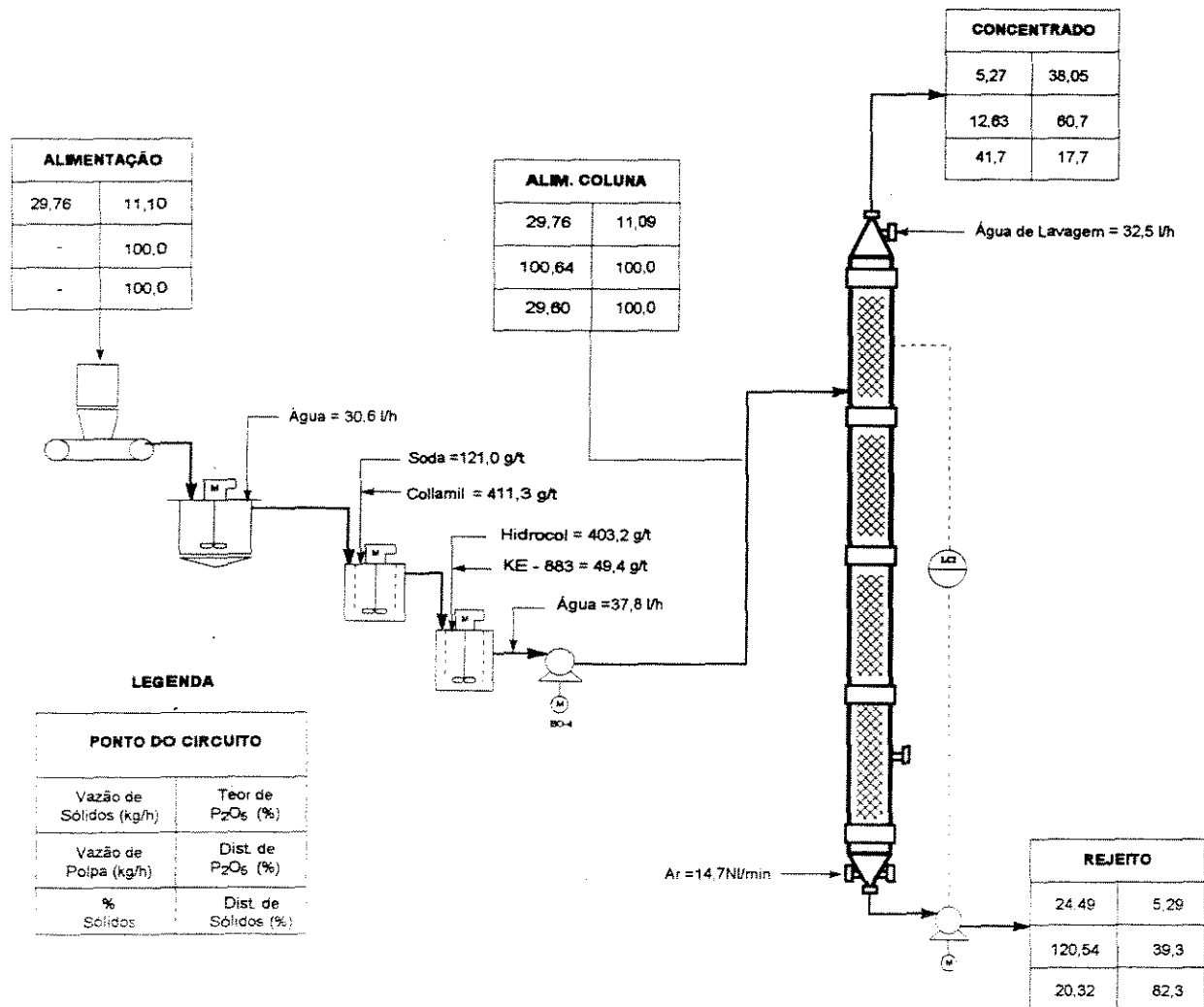


Figura VI.10 - Balanço de massa da flotação em coluna de recheio com amostra da Fosfertil

VI.5. COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Na Tabela VI.8 tem-se uma comparação entre os resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e de recheio com uma amostra de minério friável grosso da Fosfertil. Esses resultados mostram que nas colunas convencional e agitada foram obtidos concentrados de apatita com baixos níveis de teor e elevadas recuperações de P_2O_5 e na coluna de recheio elevado nível de teor e baixa recuperação de P_2O_5 . Além disto, os níveis dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 obtidos no concentrado de apatita da coluna de recheio foram significativamente inferiores àqueles das colunas convencional e agitada. Dessa forma tem-se um maior grau de seletividade, na flotação da apatita, na coluna de recheio com relação as colunas convencional e agitada.

Tabela VI.8 – Resultados obtidos nas colunas convencional, agitada e recheio

Tipo de coluna	Teor (%)			Recuperação de P_2O_5 (%)
	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	
CONVENCIONAL	28,7	2,87	4,66	91,5
AGITADA	29,9	2,86	4,46	90,4
RECHEIO	38,1	0,46	1,25	60,7

Em função desses resultados decidiu-se introduzir algumas modificações na coluna convencional com o objetivo de aumentar o grau de seletividade na separação da apatita com relação aos minerais de ganga, mantendo os níveis de recuperação elevados. Para isto, foi desenvolvido um novo tipo de coluna denominada modificada, conforme descrito a seguir.

VI.6. COLUNA MODIFICADA

Em função do elevado nível de recuperação obtido na coluna convencional e da boa seletividade da coluna de recheio na flotação de apatita, decidiu-se construir uma nova coluna denominada modificada. Na Figura VI.11 tem-se um desenho esquemático da coluna modificada com as suas respectivas dimensões. A seção de coleta dessa coluna é semelhante a da coluna convencional e a seção de limpeza foi preenchida com um recheio idêntico ao da coluna de recheio. Esse recheio foi construído na oficina mecânica do Setor de Tecnologia Mineral do CDTN em módulos de 15 (quinze) centímetros de forma a permitir a realização de testes com diferentes alturas.

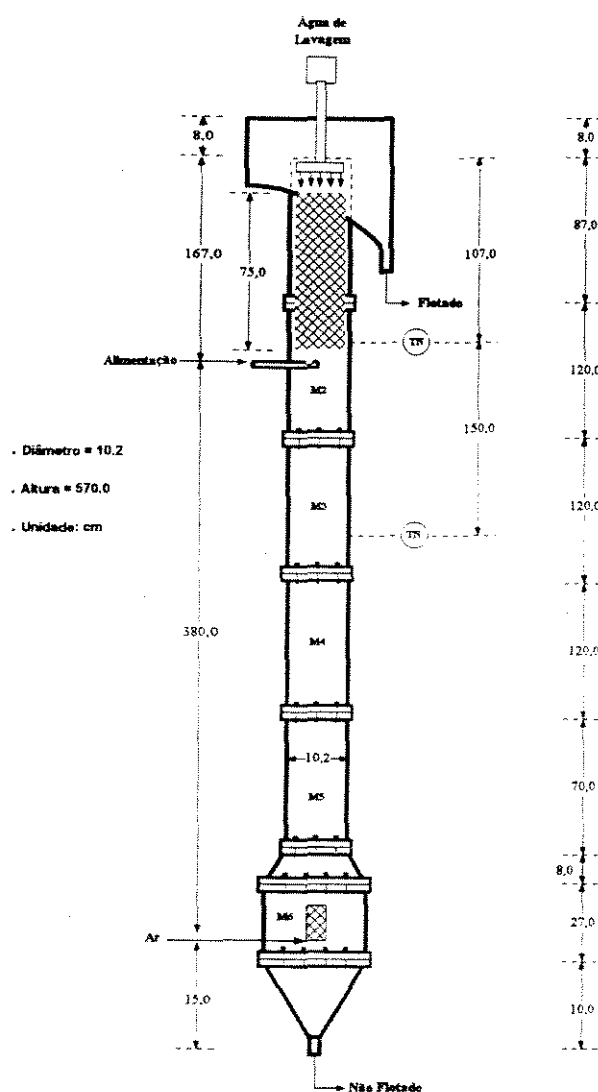


Figura VI.11 – Desenho esquemático da coluna modificada

Para determinar a eficiência da coluna modificada foram realizados testes utilizando o circuito apresentado na Figura VI.12. Conforme descrito no item III.4 esse circuito é constituído das etapas: alimentação do minério, preparação da polpa, dosagem e condicionamento dos reagentes e flotação da apatita. Nos testes realizados na coluna modificada foram utilizadas as condições otimizadas de alguns parâmetros na coluna convencional e estudado o efeito das seguintes variáveis:

- altura de recheio: 0; 15; 30; 45; 60; 75; 90 e 105 cm;
- altura da camada de espuma: 40; 60; 80; 100 e 125 cm;
- altura do ponto de alimentação da polpa em relação ao transbordo da fração flotada: 43; 82; 121 e 167 cm.

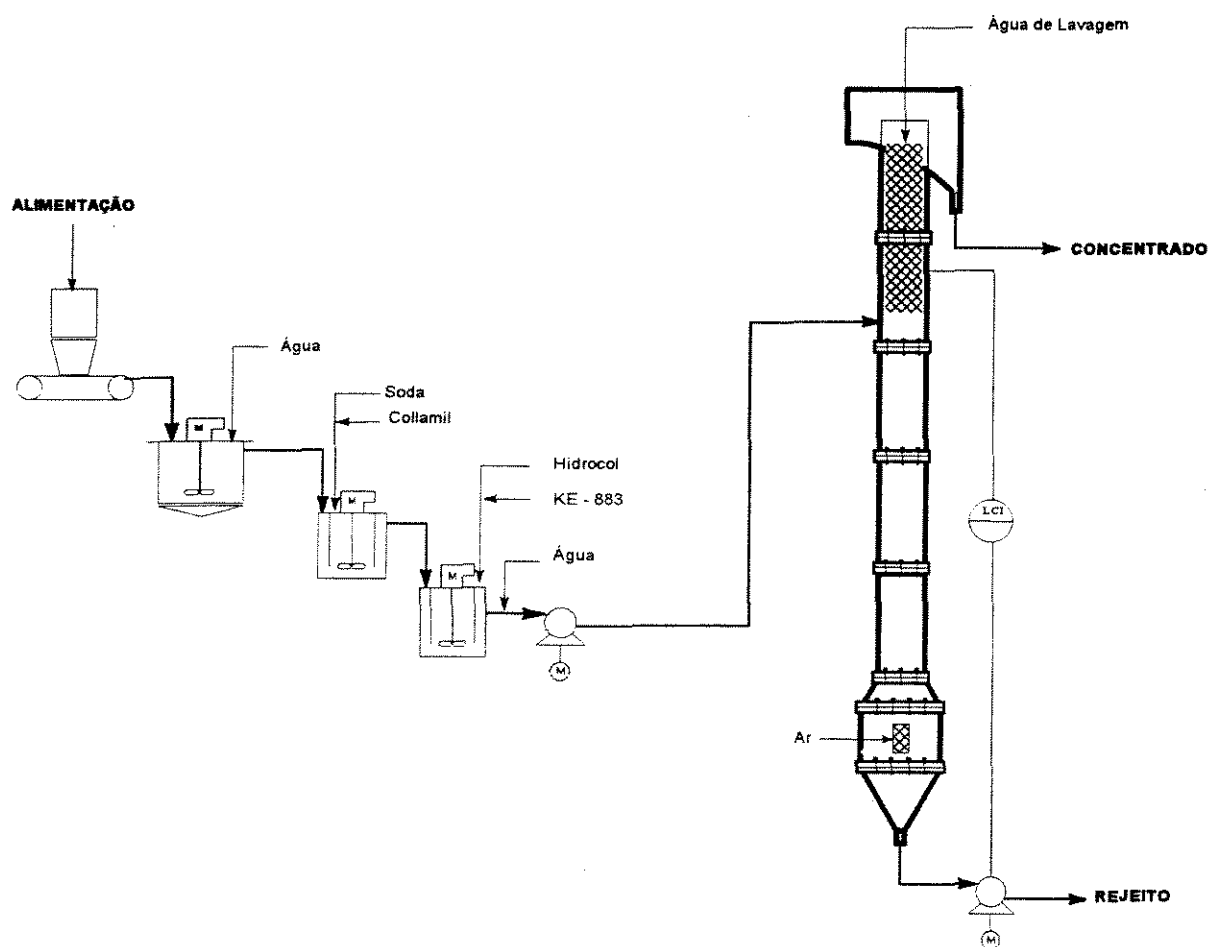


Figura VI.12 – Fluxograma do circuito utilizado nos testes com a coluna modificada

Os resultados obtidos no estudo de variáveis da coluna modificada estão apresentados nas Tabelas VI.9 a VI.11 e Figuras VI.13 a VI.15. No Anexo IV tem-se as condições e os resultados obtidos em cada teste. Na parte inferior das Tabelas tem-se os valores médios das variáveis mantidas constantes e também está indicado através de asterisco o melhor teste de cada série.

A seguir será apresentado o efeito das variáveis estudadas na coluna modificada.

VI.6.1. Altura de Recheio

Com o objetivo de verificar o efeito do recheio na seção de limpeza da coluna sobre a flotação de apatita da fração grossa de minério fosfático da Fosfertil foram realizados testes variando a sua altura. Os módulos de recheio, com altura de 15 cm cada, foram colocados na seção de limpeza da coluna, sendo o primeiro localizado 2,0 cm abaixo do ponto de alimentação da água de lavagem e 5,0 cm do transbordo da fração flotada. Os resultados obtidos nos testes variando a altura de recheio de 0 a 105 cm estão apresentados na Tabela VI.9 e Figura VI.13. Esses resultados mostram que o teor de P_2O_5 foi significativamente crescente e a sua recuperação decrescente com o aumento da altura de recheio. Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita também foram decrescentes com o aumento da altura de recheio. Os níveis de recuperação de P_2O_5 mantiveram-se elevados até uma altura de 75,0 cm de recheio, havendo uma redução para valores superiores. Foi considerado como sendo 75 cm uma altura de recheio adequada para obtenção de um concentrado de apatita com teor e recuperação de P_2O_5 e de contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 satisfatórios à sua utilização para produção de fertilizante e/ou ácido fosfórico. Utilizando essa altura de recheio obteve-se um concentrado com teor de 36,4 % e recuperação de 85,4 % P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 1,28 e 2,75 %, respectivamente.

Tabela VI.9 – Efeito da altura de recheio sobre os teores e recuperações
de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Altura de Recheio (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CM – 1	0,0	32,38	2,24	3,98	28,9	89,8	7,2	5,7
CM – 2	15,0	33,97	1,97	3,78	27,3	89,0	6,1	5,1
CM – 3	30,0	33,89	2,00	3,60	27,2	88,6	6,2	4,8
CM – 4	45,0	35,13	1,44	3,17	26,3	88,2	4,2	4,1
CM – 5	60,0	35,51	1,42	3,07	25,2	86,3	4,0	3,8
CM – 6*	75,0	36,38	1,28	2,75	24,7	85,4	3,5	3,3
CM – 7	90,0	37,14	0,78	2,18	22,8	81,1	2,0	2,4
CM – 8	105,0	38,01	0,63	1,91	21,4	77,5	1,5	2,0

• Taxa Alimentação Sólidos = 32,8 kg/h
 • pH = 9,7
 • Hidrocol = 369,3 g/t
 • Camada de Espuma = 120,0 cm
 • % de Sólidos = 31,8
 • KE - 883 = 45,7 g/t

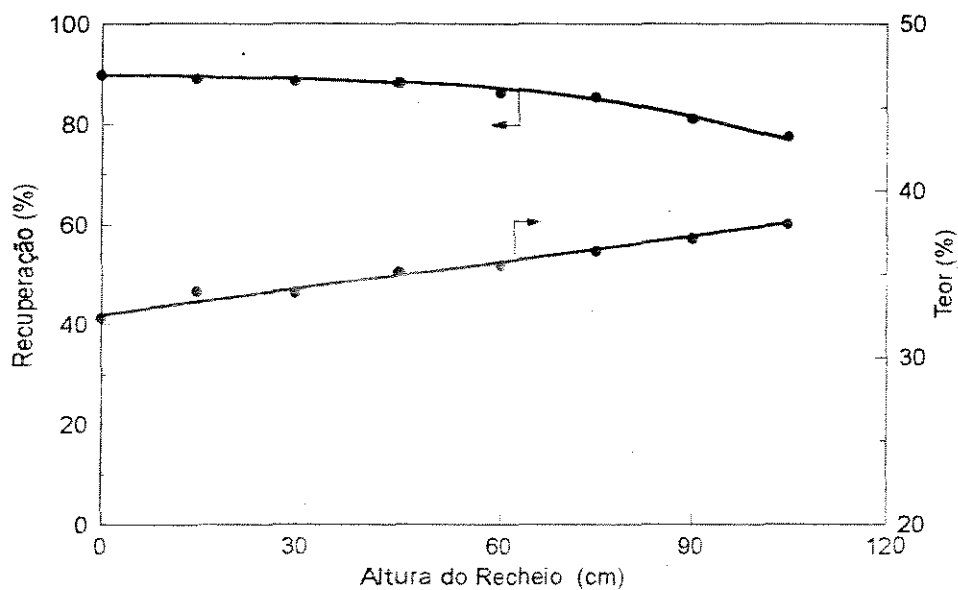


Figura VI.13 – Efeito da altura de recheio sobre o teor e recuperação de P_2O_5
no concentrado

Teste	Camada de Espuma (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
CM - 9	40,0	32,61	1,92	3,43	29,4	89,0	6,6	5,1
CM - 10	63,0	34,27	1,47	2,52	26,8	85,9	4,6	3,4
CM - 11	80,0	33,86	1,14	2,55	27,0	85,4	3,6	3,5
CM - 12*	103,0	34,67	1,48	2,65	27,0	86,6	4,5	3,6
CM - 13	125,0	34,41	1,49	2,78	27,3	87,3	4,8	3,8

• Taxa Alimentação Sólidos = 30.4 kg/h
• Collamil = 414.2 g/t

• pH = 9.8
• % de Sólidos = 30.2

• Hidrocol = 401.6 g/t
• KE - 883 = 49.4 g/t

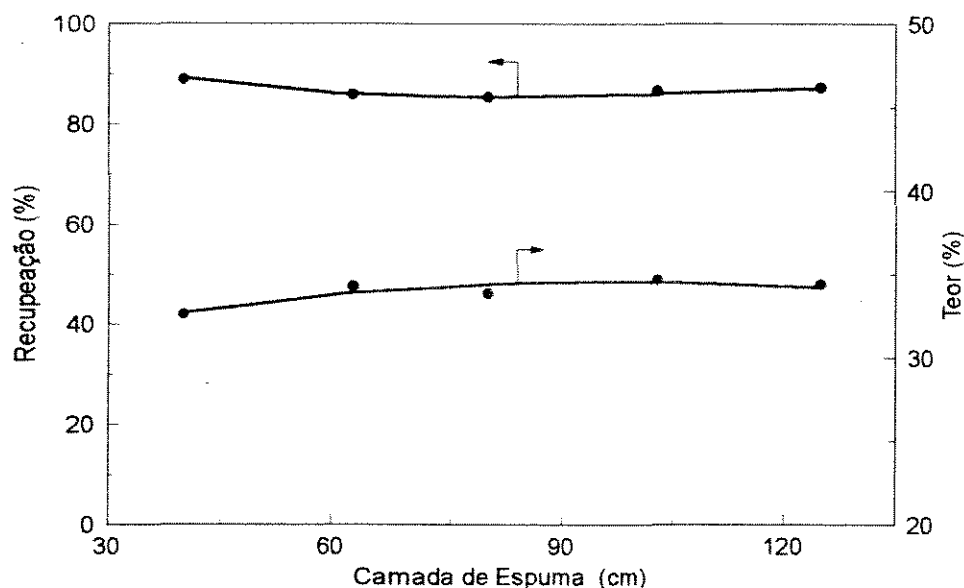


Figura VI.14 – Efeito da altura da camada de espuma sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

VI.6.3. Altura do Ponto de Alimentação da Polpa

Os resultados anteriores mostraram que a utilização de recheio na seção de limpeza da coluna acarretou um aumento significativo na seletividade da flotação de apatita com pequena redução na sua recuperação. Com objetivo de manter o mesmo nível de recuperação da apatita no concentrado foram realizados testes reduzindo a altura do ponto de alimentação da polpa com relação ao transbordo da fração flotada e consequentemente elevando-o em relação ao ponto de entrada de ar na base da coluna. O aumento da altura do ponto de alimentação da polpa na coluna com relação ao sistema de aeração acarreta um aumento no percurso das partículas dentro da coluna e consequentemente na probabilidade de contato e coleta das partículas de apatita pelas bolhas de ar.

Foram realizados testes reduzindo a altura do ponto de alimentação da polpa com relação ao transbordo da fração flotada de 167,0 para 43,0 cm. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela VI.11 e Figura VI.15 e mostram que ao reduzir a altura do ponto de alimentação da polpa com relação ao transbordo da coluna houve uma redução no teor de P_2O_5 e uma ligeira elevação nos teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 , sem elevar a

recuperação de P_2O_5 . Foi considerado como sendo 121,0 cm uma altura adequada de alimentação da polpa na coluna. Com esse valor obteve-se um concentrado com teor de 35,0 % e recuperação de 84,7 % de P_2O_5 . Os teores dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram 1,58 e 2,56 %, respectivamente.

Tabela VI.11 – Efeito da altura do ponto de alimentação da polpa sobre os teores e recuperações de P_2O_5 , Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado

Teste	Distância (cm)	Teor (%)			Recuperação (%)			
		P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2	Massa	P_2O_5	Fe_2O_3	SiO_2
CM – 14	43,0	33,09	1,68	3,46	26,7	81,8	4,9	4,5
CM – 15	82,0	34,27	2,11	2,99	25,9	82,0	5,9	3,8
CM – 16*	121,0	35,00	1,58	2,56	26,1	84,7	4,4	3,3
CM – 17	167,0	35,06	1,41	2,24	25,8	83,8	4,0	2,8

- Taxa Alimentação Sólidos = 31,8 kg/h
- Collamil = 395,1 g/t
- pH = 9,8
- % de Sólidos = 31,3
- Hidrocol = 377,6 g/t
- KE - 883 = 47,2 g/t

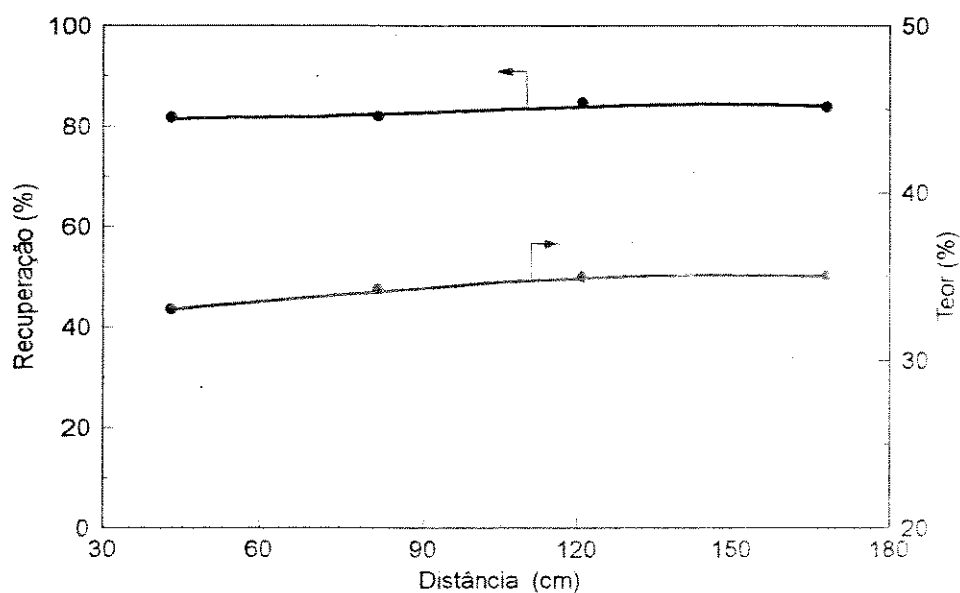


Figura VI.15 – Efeito da altura do ponto de alimentação da polpa sobre o teor e recuperação de P_2O_5 no concentrado

Com o objetivo de comprovar o aumento de seletividade na coluna modificada com relação a coluna convencional na flotação de apatita de uma amostra de minério fosfático da Fosfertil com granulometria grossa, foram realizados dois testes com 8 (oito) horas de duração, cada teste, utilizando as mesmas condições operacionais. Os resultados obtidos nas colunas convencional e modificada estão apresentados nos balanços de massa das Figuras VI.16 e VI.17 e no Anexo IA (Teste CC – 58) e Anexo IV (Teste CM - 18), respectivamente. Na Tabela VI.12 e Figura VI.18 tem-se a caracterização química dos concentrados obtidos nas colunas convencional e modificada e na Tabela VI.13 e Figura VI.19 a recuperação e teor de P_2O_5 em função do tamanho de partícula para os dois tipos de coluna.

Esses resultados mostram que a seletividade na flotação de apatita de uma amostra de minério fosfático com granulometria grossa na coluna modificada foi significativamente superior à da coluna convencional. Nas colunas convencional e modificada foram obtidos concentrados com teor de P_2O_5 de 32,4 e 36,5 %, respectivamente. A redução da recuperação de P_2O_5 da coluna convencional para a modificada foi de 88,0 % para 82,5 %. Essa redução de recuperação não é significativa considerando a elevação do teor de P_2O_5 obtida. Por outro lado, os níveis de recuperação obtidos poderão ser significativamente elevados a partir da introdução de uma etapa “scavenger” de flotação. Outro fator de extrema importância foi a redução dos teores dos elementos contaminantes no concentrado de apatita da coluna modificada. Com isto foi possível obter um concentrado fosfático na especificação para utilização na produção de fertilizantes e/ou ácido fosfórico.

Analisando os resultados apresentados na Tabela VI.13 e Figura VI.19 verifica-se que, para ambas as colunas, o tamanho de partícula teve um efeito significativo sobre o processo de flotação, obtendo-se níveis mais baixos de recuperação de P_2O_5 com as partículas grossas e finas. O teor de P_2O_5 no concentrado foi decrescente com a redução do tamanho de partícula. Outro fator importante que pode ser observado é que nas frações mais finas (- 50 μm) houve uma elevação significativa no teor de P_2O_5 do concentrado obtido na coluna modificada comparado com o da coluna convencional, sem haver praticamente redução da sua recuperação. Isto demonstra o potencial da coluna modificada na concentração de minérios com granulometria fina.

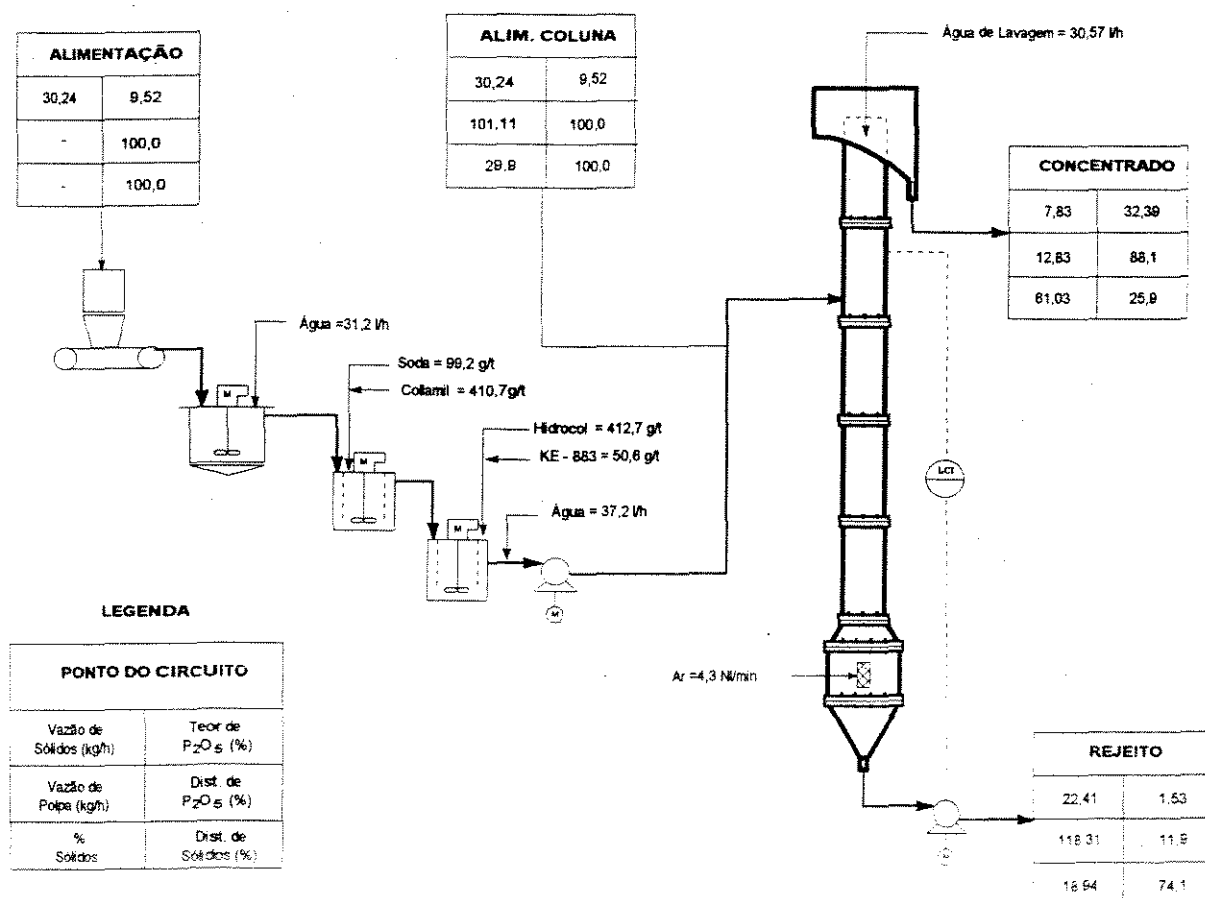


Figura VI.16 – Balanço de massa da flotação em coluna convencional

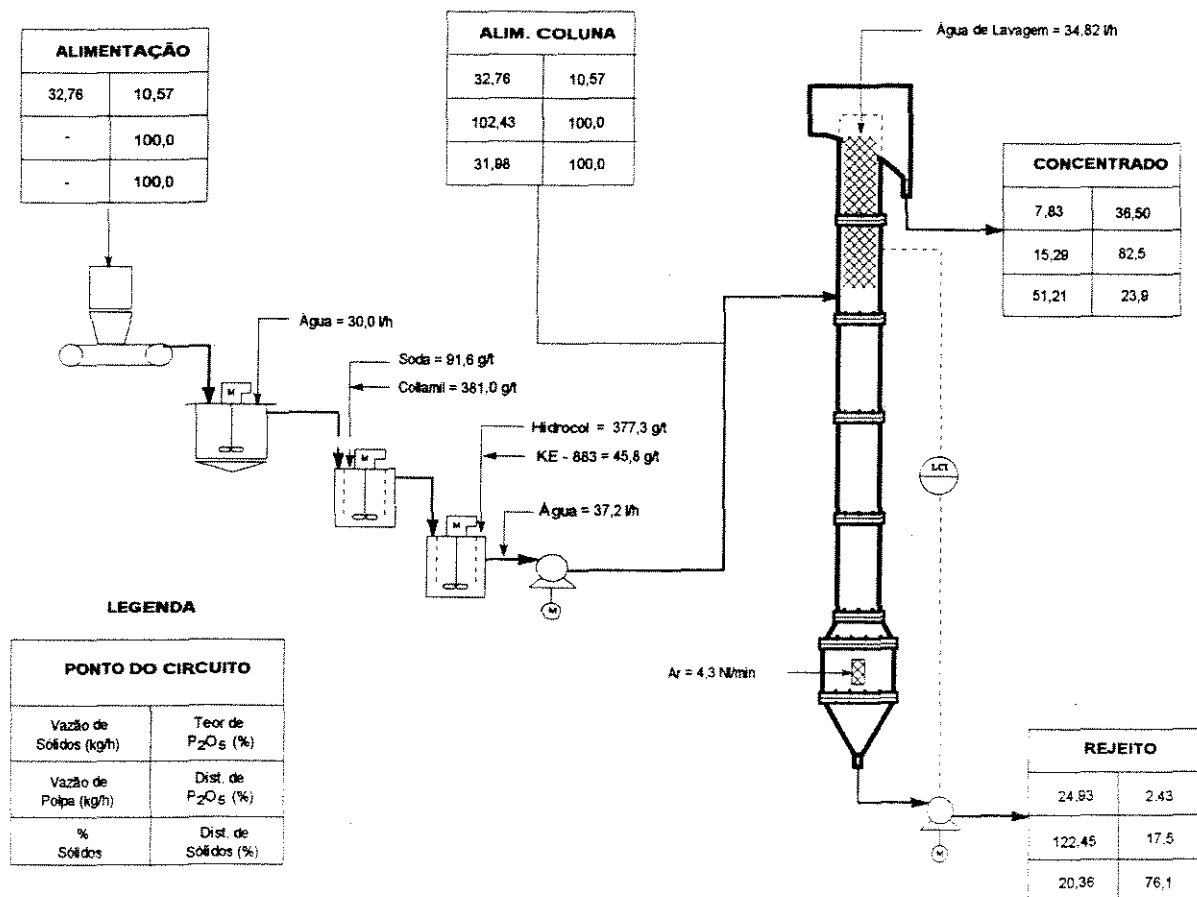


Figura VI.17 – Balanço de massa da flotação em coluna modificada

Tabela VI.12 – Composição química dos concentrados obtidos nas colunas convencional e modificada

Composto (%)	Coluna	
	Convencional	Modificada
P ₂ O ₅	32,4	36,5
CaO	50,5	53,4
SiO ₂	3,96	2,03
Fe ₂ O ₃	2,64	1,43
F	1,30	1,35
MgO	0,98	0,61
Al ₂ O ₃	0,16	0,15

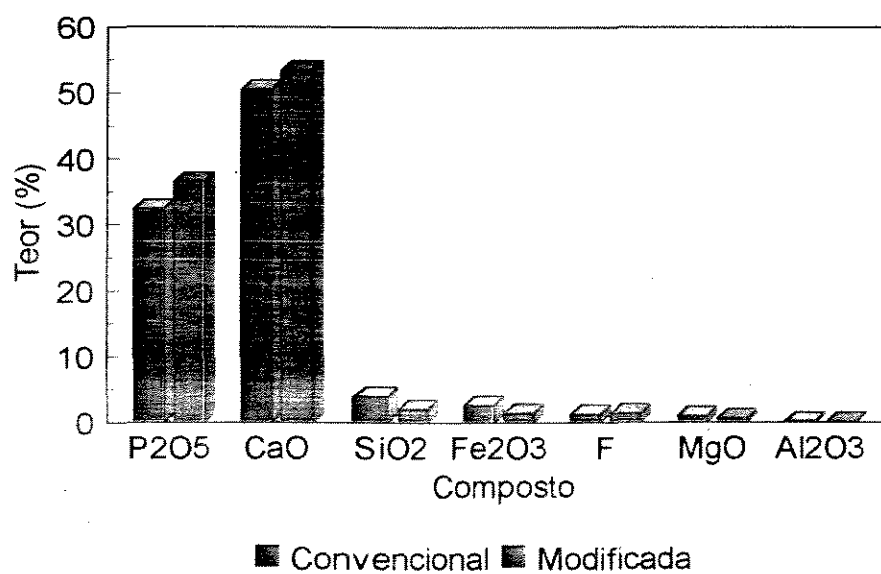


Figura VI.18 – Representação gráfica dos teores obtidos nos concentrados das colunas convencional e modificada

Tabela VI.13 – Teor e recuperação de P_2O_5 nas frações granulométricas dos concentrados e rejeitos das colunas convencional e modificada

Coluna	Tamanho		% Peso			Teor de P_2O_5			Distribuição de P_2O_5 (%)			Recuperação de P_2O_5 (%)	
	Malhas	Micra	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito	Alimentação	Concentrado	Rejeito
Convencional	48	297	3,5	17,0	13,5	35,0	1,96	4,17	3,7	21,7	5,9	56,0	44,0
	65	210	10,6	14,6	13,6	35,3	2,04	8,70	11,4	19,4	12,4	81,3	18,7
	100	149	31,0	26,2	27,4	34,9	1,60	11,28	33,0	27,3	32,4	89,9	10,1
	150	105	20,8	16,8	17,8	33,8	1,15	10,95	21,5	12,6	20,4	92,6	7,4
	200	74	17,2	11,9	13,3	32,3	0,92	11,34	17,0	7,1	15,8	94,6	5,4
	270	53	7,5	5,7	6,1	30,7	0,73	10,21	7,0	2,7	6,5	95,0	5,0
	400	37	4,8	4,2	4,4	25,8	1,00	7,94	3,8	2,7	3,7	91,1	8,9
	-400	-37	4,6	3,6	3,9	18,1	2,71	7,34	2,5	6,4	3,0	74,7	25,3
	Total		100,0	100,0	100,0	32,70	1,53	9,55	100,0	100,0	100,0	-	-
Modificada	48	297	2,8	14,4	11,6	38,90	2,81	4,93	3,0	15,8	5,3	46,5	53,5
	65	210	9,3	14,2	13,0	39,70	3,53	9,84	10,1	19,6	11,8	70,4	29,6
	100	149	29,9	25,0	26,1	39,20	3,14	13,23	32,0	30,7	31,7	82,8	17,2
	150	105	21,9	17,3	18,4	37,80	2,23	12,56	22,6	15,1	21,2	87,4	12,6
	200	74	18,0	12,6	13,9	36,20	1,55	12,50	17,8	7,6	16,0	91,5	8,5
	270	53	7,9	6,3	6,7	34,20	1,10	10,62	7,4	2,7	6,5	92,6	7,4
	400	37	5,1	4,7	4,8	30,00	1,17	8,64	4,2	2,1	3,8	90,0	10,0
	-400	-37	5,1	5,5	5,5	22,10	3,01	7,27	3,1	6,5	3,7	68,7	31,3
	Total		100,0	100,0	100,0	36,64	2,56	10,88	100,0	100,0	100,0	-	-

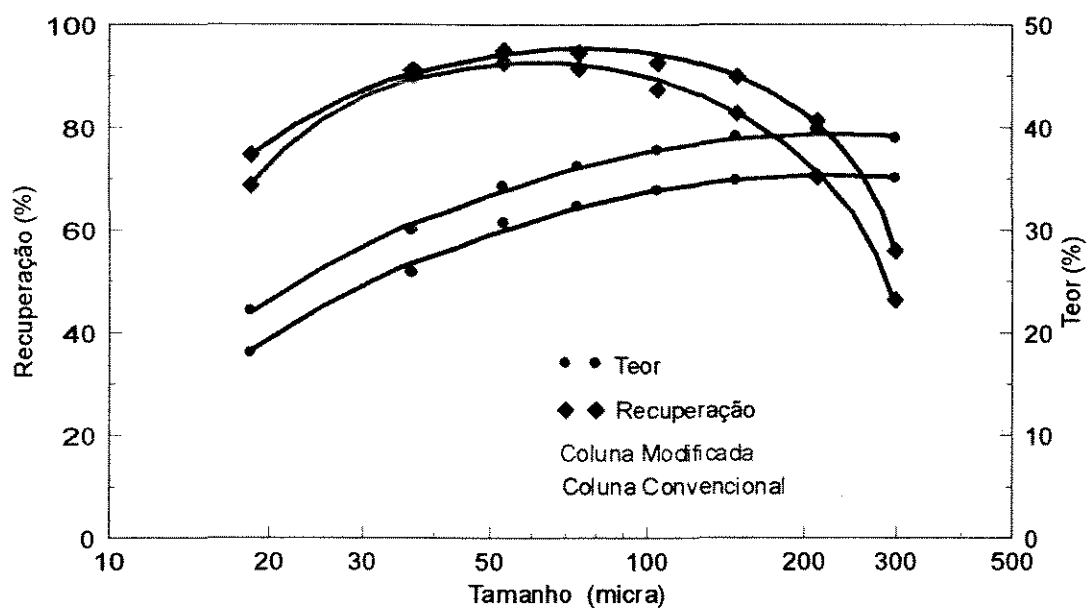


Figura VI.19 – Recuperação e teor de P_2O_5 no concentrado em função do tamanho de partícula

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Nessa investigação propôs-se avaliar o desempenho e comparar a eficiência das colunas convencional, agitada e de recheio na flotação de apatita, utilizando-se amostras de minério fosfático de Araxá, MG (Arafertil) e de Tapira, MG (Fosfertil). Em ambos os casos, foram avaliados os comportamentos das frações de granulometria mais grossas dos minérios processados industrialmente.

Esse estudo compreendeu basicamente as seguintes etapas: coleta, preparação e caracterização das amostras; construção das colunas convencional e agitada; importação da coluna de recheio; instalação do circuito piloto com as três colunas; estudo de variáveis de processo e operacionais para cada tipo de coluna; amostragem; análise e discussão dos resultados dos testes.

No Capítulo II foram apresentados e revisados os princípios básicos do processo de flotação em espuma com ênfase nos tipos de máquinas utilizados, nas suas características fundamentais e operacionais, e na hidrodinâmica das colunas. Além disso, foram também revisados os efeitos das principais variáveis de processo e operacionais da coluna de flotação sobre a concentração de minerais.

As metodologias experimental e analítica utilizadas na realização desta investigação foram descritas no Capítulo III. Inicialmente, foram apresentados os fluxogramas dos circuitos industriais de concentração do minério fosfático da Arafertil e da Fosfertil, com a identificação dos pontos onde foram tomadas as amostras para o estudo, e os métodos de caracterização granulométrica, química e mineralógica. As características básicas das colunas convencional, agitada e de recheio foram também apresentadas neste Capítulo, incluindo as suas respectivas dimensões e detalhes técnicos de construção e montagem. Posteriormente, foi descrita a unidade piloto usada em todo o programa experimental, com informações relativas à instalação das três colunas. As variáveis estudadas nesta investigação e as suas respectivas faixas de variação, bem como os parâmetros operacionais de maior relevância foram também motivo de uma abordagem específica neste Capítulo. Finalmente, foi descrita a metodologia adotada para a determinação dos balanços de massa e metalúrgicos, com a utilização de um programa de computador especificamente desenvolvido e adaptado para a montagem de um banco de dados dos experimentos e para o processamento automático de todos os cálculos necessários.

Com o objetivo de subsidiar o estudo de flotação, as amostras foram caracterizadas granulométrica, química e mineralogicamente. Os resultados estão apresentados no capítulo IV e mostraram que:

- a amostra da Fosfertil apresenta granulometria mais grossa que a da Arafertil, com 6,1 e 2,8 % retido em 35 malhas, respectivamente. A quantidade de finos – abaixo de $37\ \mu\text{m}$ – presente nestas amostras é relativamente pequena, sendo 6,0 e 4,2 % para as amostras da Arafertil e Fosfertil, respectivamente;
- a amostra da Arafertil apresenta teor de P_2O_5 apatítico elevado (20,7 %) comparado com o teor da amostra da Fosfertil (10,5 %). Na amostra da Arafertil, o teor de P_2O_5 manteve-se praticamente constante com a variação do tamanho de partícula, ao passo que o teor de Fe_2O_3 mostrou-se crescente e o de SiO_2 decrescente com a redução do tamanho de partícula;
- na amostra da Fosfertil o teor de P_2O_5 foi significativamente crescente e o de SiO_2 decrescente com a redução da granulometria. O teor de Fe_2O_3 manteve-se mais elevado nas frações grossas e finas e mais baixo nas frações intermediárias;
- com relação aos teores dos elementos contaminantes, verifica-se que os teores de MgO e SiO_2 são significativamente mais elevados na amostra da Fosfertil do que na amostra da Arafertil;
- uma diferença significativa com relação a estas amostras é a presença de fósforo, proveniente de outros minerais além da apatita, e de bário na amostra da Arafertil.

No estudo de caracterização mineralógica realizado com as duas amostras de minério fosfático identificou-se que:

- a amostra da Arafertil é constituída basicamente de apatita granular e microcristalina e dos minerais de ganga opacos (ilmenita, magnetita, hematita e goethita), além de quantidades subordinadas de vermiculita, quartzo, barita, minerais de titânio, monazita e feldspato sericitizado. O grau de liberação da apatita granular e microcristalina da amostra da Arafertil foi determinado como sendo 70 e 62 %, respectivamente;

- a amostra da Fosfertil é constituída essencialmente de apatita granular e minerais de ganga – vermiculita, piroxênio (diopsídio) –, minerais opacos – magnetita, ilmenita e goethita – e minerais de titânio. O grau de liberação da apatita granular contida na amostra da Fosfertil foi determinado como sendo 93 %.

Esses resultados mostraram que a amostra da Fosfertil, apesar da granulometria mais grossa, apresenta um grau de liberação da apatita significativamente superior ao da amostra da Arafertil. Além disto, a amostra da Arafertil apresenta apatita microcristalina disseminada nos minerais de ganga.

No Capítulo V foram apresentados os resultados do estudo de flotação realizado com a amostra de minério fosfático da Arafertil. Esse estudo teve como objetivo avaliar a eficiência das colunas convencional, agitada e de recheio sobre o rendimento metalúrgico da flotação e compreendeu a avaliação do efeito das variáveis no processo e a determinação das condições otimizadas para cada tipo de coluna, visando atingir níveis de teores e recuperações superiores a 35,0 % e 80,0 %, respectivamente.

Os resultados deste estudo demonstraram que:

- embora tenham sido verificadas influências significativas das variáveis estudadas sobre o teor e a recuperação de P_2O_5 na fração flotada da coluna convencional, os resultados obtidos não atingiram níveis satisfatórios: em condições otimizadas foram obtidos concentrados de apatita com teor de 29,8 % e recuperação de 79,3 % de P_2O_5 ;
- o aumento da taxa de agitação da polpa na seção de coleta da coluna agitada acarretou uma redução significativa na recuperação de P_2O_5 sem praticamente elevar o seu teor: na melhor condição operacional, uma rotação de 100 rpm permitiu a obtenção de concentrados com teor de 28,1 % e recuperação de 82,3 % de P_2O_5 ;
- para obtenção de níveis mais elevados de recuperação de P_2O_5 na coluna de recheio, foi necessária a utilização de velocidades superficiais de ar e altura de camada de espuma elevadas. Em condições otimizadas das variáveis foram obtidos concentrados com teor de 30,7 % e recuperação de 68,0 % de P_2O_5 ;

Comparando os resultados obtidos nas três colunas, verifica-se que os teores de P_2O_5 e dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita foram praticamente os mesmos. A

recuperação de P_2O_5 obtida na coluna de recheio foi significativamente inferior à obtida nas colunas convencional e agitada. Através de estudos de caracterização mineralógica, realizados na alimentação e nos produtos da flotação, identificou-se que os baixos níveis de teor de P_2O_5 e elevados dos contaminantes obtidos nos concentrados das três colunas foram decorrentes do baixo grau de liberação da apatita granular e da presença da apatita microcristalina disseminada nos minerais de ganga.

No Capítulo VI são apresentados os resultados de um outro programa experimental para a comparação do desempenho das três colunas, aplicado a uma nova amostra de minério fosfático – da Fosfértil – apresentando características básicas significativamente diferentes da primeira amostra. Nesse caso, apesar da granulometria mais grossa, o grau de liberação da apatita mostrou-se mais elevado. Os resultados deste estudo indicaram que:

- utilizando-se a coluna convencional, foram obtidos concentrados de apatita com elevados níveis de recuperação de P_2O_5 , porém com baixos teores. Em condições otimizadas para as diversas variáveis, foram obtidos concentrados de apatita com teor de 28,7 % e recuperação de 91,5 % de P_2O_5 ;
- na coluna agitada, foi constatado que o teor de P_2O_5 é ligeiramente crescente e a recuperação ligeiramente decrescente ao se variar a rotação de 0 a 300 rpm. Para valores superiores na velocidade de rotação houve uma elevação significativa no teor de P_2O_5 , porém com redução na sua recuperação. Assim, adotando-se uma velocidade de rotação de 300 rpm, foram obtidos concentrados com teor de 29,9 % e recuperação de 90,4 % de P_2O_5 ;
- na coluna de recheio, foram obtidos, nas melhores condições operacionais, concentrados com teor de 38,1 % e recuperação de 60,7 % de P_2O_5 .

Comparando os resultados obtidos nos três tipos de colunas verificou-se que:

- os concentrados obtidos nas colunas convencional e agitada apresentam elevadas recuperações de P_2O_5 , mas os teores são normalmente baixos; na coluna de recheio, verifica-se, ao contrário, elevados teores e baixas recuperações de P_2O_5 na fração flotada;

- os níveis dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 no concentrado de apatita obtido na coluna de recheio foram significativamente inferiores àqueles das colunas convencional e agitada, o que demonstra o maior grau de seletividade da coluna de recheio em relação às colunas convencional e agitada para a flotação da apatita.

Com o objetivo de se obter uma maior seletividade na separação da apatita, com a minimização do arraste dos minerais de ganga na flotação, e de se garantir, simultaneamente, elevados níveis de recuperação de P_2O_5 , foi idealizada uma nova célula de coluna denominada modificada. Essa nova concepção de coluna reúne basicamente as características da coluna convencional, na seção de coleta, e da coluna de recheio na seção de limpeza.

Os estudos realizados na coluna modificada mostraram que a altura de recheio na seção de limpeza tem um efeito significativo na seletividade da flotação de apatita com relação aos minerais de ganga. Ao variar a altura do recheio de 0 a 75 cm, verificou-se que o teor de P_2O_5 no concentrado foi crescente e dos contaminantes Fe_2O_3 e SiO_2 decrescentes, enquanto os níveis de recuperação de P_2O_5 mantiveram-se sempre elevados. Em condições operacionais otimizadas e para uma altura de recheio de 75 cm foram obtidos concentrados com teor de 36,5 % e recuperação de 82,5 % de P_2O_5 . Os teores dos elementos contaminantes foram significativamente inferiores aos obtidos nos concentrados das colunas convencional e agitada e estão dentro da faixa especificada pela indústria de fertilizantes fosfatados.

Os resultados deste programa indicam a grande potencialidade desta nova concepção de coluna para o beneficiamento de outros tipos de minérios. Associando-se características de colunas existentes, poderão ser obtidos efeitos extremamente favoráveis ao processo de flotação por garantir a seletividade na separação dos minerais de interesse e o alto grau de pureza dos concentrados com níveis de recuperação mais elevados do que os obtidos normalmente nos atuais modelos de colunas.

Considerando-se as perspectivas da coluna modificada para uma melhoria no processo de flotação, considera-se de grande relevância o prosseguimento desta linha de pesquisas envolvendo a realização dos seguintes trabalhos futuros:

- estender a aplicação da coluna modificada a outros tipos de minérios com características físicas, químicas e mineralógicas diferentes;
- desenvolver e aprimorar outros tipos de recheio de forma a identificar o mais adequado em função das características do minério e do produto desejado;

Em adição aos programas de pesquisa básica, a comprovação da eficiência da coluna modificada deverá ser necessariamente realizada em unidades de maior porte, e preferencialmente operada junto a plantas industriais. Assim, sugere-se o desenvolvimento de projetos conjuntos com empresas da área mineral, onde a aplicação desta coluna possa ser avaliada através de programas mais amplos. Espera-se que, a partir desses projetos, possam ser levantados dados técnicos e econômicos que subsidiem a aplicação segura deste novo tipo de coluna de flotação, com a quantificação dos seus reais benefícios.

CAPÍTULO VIII

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, J. A., OLIVEIRA, M. L. M., LUZ, I. L. Aplicação da flotação em coluna a minérios brasileiros. In: Encontro do Hemisfério Sul sobre Tecnologia Mineral, 3 e Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, 15, 1992, São Lourenço (MG). *Anais...* Belo Horizonte: ABTM, set., 1992, p.494 – 510.
- BENSLEY, C. N., NICOL, S. K. The effect of mechanical variables on the flotation of coarse coal. *Coal Preparation*, v.1, 1985, p. 189 - 205.
- CLAYTON, R., JAMESON, G. J., MANDAPIG, E. V. The development and application of the Jameson cell. *Minerals Engineering*, v. 4, p. 925-933, 1991.
- CONTINI, N. J., WILSON, N. S., DOBBY, G. Measurements of rate data in flotation columns. In: SASTRY, K. U. S. (Ed.). SME ANNUAL MEETING, 1988, Phoenix, Arizona. *Column Flotation'88. Proceedings...* Colorado: Society of Mining Engineers Inc., 1988, p.69 - 80.
- DANA, J. D. *Manual de mineralogia*. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos, 1969.
- DEGNER, V. R., PERSON, P. L. Leeds column performance evaluation. *Minerals Engineering*, v. 4, p. 935-950, 1991.
- DELL, C. C., JENKIN, B. W. The Leeds flotation column, In: International Conference on Coal Processing, 7, 1976, Sydney, Australia.
- DOBBY, G. S. A fundamental flotation model and flotation column scale up. Montreal: 1984, Tese (PhD) - Department of Mining and Metallurgical Engineering McGill University, Canada, 1984.
- DOBBY, G. S., YIANATOS, J. B., FINCH, J. A. Estimation of bubble diameter in flotation columns from drift flux analysis. *Canadian Metallurgical Quarterly*, v.27, n.2, p.85-90, 1988.
- EBERTES, D. H. Flotation. *Canadian Mining Journal*, p. 25-32, Mar., 1986.

- ESPINOSA-GOMEZ, R., JOHNSON, N. W. Technical experiences with convencional columns at Mount Isa Mines Limited. In: International Conference on Column Flotation (Column'91), Sudbury, Ontario, Canada, p.511-524, 1991.
- FERNANDES, M. D., YIANATOS, J. B., OLIVEIRA, M. L. M., AQUINO, J. A. Método para estimativas de balanço de massa e metalúrgico. Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, 1994 (CDTN-NI-CT5-02/94).
- FINCH, J. A. Column flotation: A select review – Part IV: Novel flotation devices. *Minerals Engineering*, v. 8, n. 6, p. 587-602, 1995.
- FRANZIDIS, J. P., HARRIS, M. C., O'CONNOR, C. T. Review of column flotation practise on South African mines (Column'91) In: International Conference on Column Flotation, 1991, *Proceedings...* Ontario: June, v. 2, p. 479 - 494.
- FURTADO, J. R.V. Recuperação de finos do minério fósforo-uranífero de Itataia (CE). Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Metalurgia), Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 1985.
- GLEMBOTSKII, V. A. *Flotation*. New York: Primary Sources, 1972.
- GUIMARÃES, R. C., PERES, A. E. C. Máquinas de flotação, São Paulo, SP: Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas, 1995. (Boletim Técnico, 46).
- HARBORT, G. I., JACKSON, B. R., MANLAPIG, E. V. Recente advances in Jameson flotation cell technology, *Minerals Engineering*, v. 7, p. 319-332, 1994.
- HARRIS, C. C. Flotation machines, In: FUERSTENAU, M. C. (ed.). A. M. Gaudin Memorial Volume, 2, New York: AIME: 1976, p. 758-815.
- HOLLINGSWORTH, C. A. The flotaire flotation cell, In: AIME Annual Meeting, 1981, Chicago, Illinois. *Proceedings...*, Feb., 1981, p. 22-26.

- IMHOF, R. M., LOTZIER, R. M., SOBEK, S. Pneumatic flotation: reliable procedure for a correct plant layout, In: International Mineral Processing Congress, 13, May, 1993, Sidney, *Proceedings...* Sidney: may, 1993, p.971-978.
- JAMESON, G. J. Physical aspects of fine particle flotation, In: JONES M. H., WOODCOCK, J. T. Principles of mineral flotation. Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 1984, p. 215-232.
- JAMESON, G. J., NAM, S., YOUNG, M. M. Physical factors affect in recovery rates in flotation, *Minerals Science and Engineering*, v.9, n.3, p. 103 - 118, 1977.
- KAYA, M., LAPLANTE, A. R. Plant applications of froth washing in mechanical cell, In: Annual Meeting Canadian Mining Processing, 22, 1990.
- MOON, K. S., SIROIS, L. L. Theory and industrial application of column flotation: in Canada. In: SASTRY, K.U.S. (Ed.). SME ANNUAL MEETING, 1988, Phoenix, Arizona, *Column Flotation'88 Proceedings...* Colorado: Society of Mining Engineers, 1988, p. 91-102.
- OLDSHUE, J. Y., Fluid mixing technology and practice. *Chemical Engineering*, June, p. 82-108, 1983.
- OLIVEIRA, M. L. M. *Método de estimativas de balanço de massa e metalúrgico*. Campinas: 1997, Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas, 1997.
- SCHENA, G., CASALI, A. Column flotation circuits, Chilean Copper Concentrators, *Minerals Engineering*, v.7, p. 1473-1486, 1994.
- SCHNEIDER, J. C. and WEERT, V G. Design and operation of the hydrochem flotation column. In: SASTRY, K. V. S., (Ed.). SME ANNUAL MEETING, 1988, Phoenix, Arizona. *Column Flotation'88 Proceedings...* Colorado: Society of Mining Engineers, 1988, p. 287-292.
- SHULZE, H. J. A theory on the upper particle size of floatability. International Journal of Mineral Processing, n.4, 1977, p. 241-259.

- SILVA, A. T. Máquinas ou células de flutuação, Curso de Tratamento de Minérios - Concentração de minerais por flutuação, v.3, Edições COTEC, 1997, p. VII9 - VII21.
- SMITH, H. W., YCHIYEN, N. Computer adjustments of metallurgical balances. *Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*. Sep., p. 97-100, 1973.
- SOTO, H., BARBERY, G. Flotation of coarse particles in a counter-current column cell. *Minerals Metallurgical Processing*, p. 16 - 21, 1991.
- SOTO, H., IWASAKI, I. Selective flotation of phosphate from dolomite using cationic collectors - Part II. *International Journal of Mineral Processing*, v.16, p. 17 - 27, 1986.
- STEVENS, G. W. Packed Columns, In: GODFREY, J. C., SLATER, M. J., Liquid-liquid extraction equipment. University of Bradford, Bradford, UK, 1994, cap. 8, p. 227-245.
- VIANA, P. R. M. et al. Column flotation for the expansion of the flotation circuit at Samarco Mineração, Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COLUMN FLOTATION, 1991, Ontario. *Proceedings...* Ontario: June, v.2, p. 89 - 98.
- WIEGEL, R. L., LAWVER, J. E., Reducing theory to practice in mineral processing, *Advances in Mineral Processing*, SME/AIME, p. 685-694, 1986.
- WHEELER, D. A. Column flotation - The Original Column. In: ANNUAL GENERAL MEETING OF CIM, 87, Vancouver, 1985.
- YANG, D. C. A new packed column flotation system. In: SASTRY, K. V. S. (Ed.). SME ANNUAL MEETING, 1988, Phoenix, Arizona. *Column Flotation'88 Proceedings...* Colorado: Society of Mining Engineers, 1988, p. 257-265.
- YANG, D. C. Packed-bed column flotation of fine coal (Part I). Laboratory tests and flotation circuit design. *Coal Preparation*, v.8, p. 19-36, 1990.
- YE, J. YANG, D. C. Packed column flotation for fluorspar beneficiation, *Minerals & Metallurgical Processing*, Nov., p.196-199, 1992.

- YIANATOS, J. B., Column flotation froths. Montreal: 1987, Tese (PhD) - Department of Mining and Metallurgical Engineering McGill University, Canada, 1987.
- YIANATOS, J. B., FINCH, J. A. Gas hold up versus gas rate in the bubbly regime. *International Journal of Mineral Processing*, v.29, p. 141-146, 1990.
- YNCHAUSTI, R. A., MCKAY, J. D. and FOOT, D. C. Column flotation parameters - their effects. In: SASTRY, K. U. S., (Ed.). SME ANNUAL MEETING, 1988, Phoenix, Arizona. **Column Flotation'88 Proceedings...**Colorado: Society of Mining Engineers, 1988, p. 157-172.
- YOUNG, P. Flotation machines. *Mining Magazine*, v. 145, p. 35-39, Jan., 1982.

ANEXO – I

COLUNA CONVENCIONAL

AMOSTRA DA ARAFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 1				DATA:		2	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação sem adição de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
				** Soda (g/t)					1.406,0	
				** Collamil (g/t)					0,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,4	
				** Óleo de arroz (g/t)					133,8	
				** Flotanol D-14B (g/t)					41,0	
** pH							11,5			
* Água de diluição (l/h)							32,4			
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,25	
				** Polpa					0,47	
				** Bias					0,13	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							14,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							6,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,75	
* "Hold up" do ar (%)							19,1			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.474,0	132.636,0	22,21	15,55	9,39	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	29.131,8	64.217,9	25,53	14,72	1,96	73,8	84,8	69,9	15,4	
REJEITO	10.342,2	141.426,3	12,85	17,89	30,32	26,2	15,2	30,1	84,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CC - 2				DATA:		27	Maio	97	
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL									
OBJETIVO:		Testar a adição de 117,3 g/t de Collamil.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)							41,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)					41,1		
				** Soda (g/t)					1.249,1		
				** Collamil (g/t)					117,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					12,8		
				** Percentagem de sólidos (%)					39,7		
** Óleo de arroz (g/t)					127,4						
** Flotanol D-14B (g/t)					39,1						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35		
				** Água de lavagem					0,26		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Polpa					0,39		
				** Bias					0,05		
				* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,9
				* Altura da camada de espuma (cm)							60,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							15,0
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,7
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,64
				* "Hold up" do ar (%)							28,1
				* Bias							1,06
RESULTADOS											
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	41.430,0	134.238,0	21,71	14,78	10,11	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	27.095,2	85.793,2	27,61	11,64	2,11	65,4	83,2	51,5	13,7		
REJEITO	14.334,8	121.640,8	10,56	20,73	25,21	34,6	16,8	48,5	86,3		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 3				DATA:		27	Maio	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Testar a adição de 140,5 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,3	
				** Soda (g/t)					1.339,6	
				** Collamil (g/t)					140,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					12,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,9	
				** Óleo de arroz (g/t)					126,0	
** Flotanol D-14B (g/t)					40,6					
		** pH					11,4			
		* Água de diluição (l/h)							31,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,29	
				** Polpa					0,47	
				** Bias					0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,7	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							13,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,73	
* "Hold up" do ar (%)							20,2			
* Bias							1,26			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.430,0	135.090,0	21,83	15,41	10,01	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.189,4	72.331,1	28,51	9,58	1,51	60,8	79,4	37,8	9,2	
REJEITO	16.240,6	144.854,6	11,46	24,45	23,19	39,2	20,6	62,2	90,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 4				DATA:		27	Maio	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Testar a adição de 172,3 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,3		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,3		
				** Soda (g/t)				1.339,6		
				** Collamil (g/t)				172,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				12,8		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,8		
** Óleo de arroz (g/t)				126,0						
** Flotanol D-14B (g/t)				40,6						
		** pH				11,5				
		* Água de diluição (l/h)						31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,35		
				** Água de lavagem				0,24		
				** Polpa				0,43		
				** Bias				0,06		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						55,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						14,9		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,8		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,68		
* "Hold up" do ar (%)						23,0				
* Bias						1,15				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.430,0	135.222,0	22,16	15,85	9,92	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	22.745,1	68.609,0	29,45	9,68	1,45	54,9	73,0	33,5	8,0	
REJEITO	18.684,9	134.880,6	13,28	23,36	20,22	45,1	27,0	66,5	92,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE N°:		CC - 5				DATA:		27	Maio	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Testar a adição de 202,8 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,3		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,3		
				** Soda (g/t)				1.339,6		
				** Collamil (g/t)				202,8		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				12,8		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,8		
** Óleo de arroz (g/t)				126,0						
** Flotanol D-14B (g/t)				38,4						
		** pH						11,5		
		* Água de diluição (l/h)						31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,35		
				** Água de lavagem				0,28		
				** Polpa				0,47		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						13,3		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,5		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,68		
* "Hold up" do ar (%)						22,6				
* Bias						1,28				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.430,0	135.330,0	22,00	15,69	9,90	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	21.626,5	66.751,4	29,77	8,21	1,41	52,2	70,6	27,3	7,4	
REJEITO	19.803,5	149.501,6	13,53	23,86	19,17	47,8	29,4	72,7	92,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 6				DATA:		2	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Testar a adição de 91,2 g/l de Óleo de Arroz.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,7	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,7	
				** Soda (g/l)					1.520,0	
				** Collamil (g/l)					158,1	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					12,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,7	
				** Óleo de arroz (g/l)					91,2	
				** Flotanol D-14B (g/l)					41,8	
				** pH					11,8	
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,20	
				** Polpa					0,40	
				** Bias					0,04	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,4	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							15,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,65	
* "Hold up" do ar (%)							25,5			
* Bias							1,08			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SOLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.474,0	134.388,0	22,35	15,85	9,67	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	15.789,6	61.222,2	31,14	8,01	1,09	40,0	55,7	20,2	4,5	
REJEITO	23.684,4	131.049,9	16,49	21,07	15,39	60,0	44,3	79,8	95,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CC - 7				DATA:		2	Junho	97	
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL									
OBJETIVO:		Testar a adição de 114,0 g/t de Óleo de Arroz.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)							40,2		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2		
				** Soda (g/t)					1.444,0		
				** Collamil (g/t)					155,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2		
** Óleo de arroz (g/t)					114,0						
** Flotanol D-14B (g/t)					41,8						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35		
				** Água de lavagem					0,24		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,45		
				** Bias					0,10		
				* Altura da camada de espuma (cm)							60,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							14,0
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,0
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68
				* "Hold up" do ar (%)							23,2
				* Bias							1,22
				RESULTADOS							
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	39.474,0	132.606,0	21,83	15,51	9,59	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	19.342,3	59.141,7	29,85	8,57	1,18	49,0	67,0	27,1	6,0		
REJEITO	20.131,7	142.000,7	14,12	22,17	17,66	51,0	33,0	72,9	94,0		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 8				DATA:		2	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Testar a adição de 135,3 g/t de Óleo de Arroz.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
				** Soda (g/t)					1.406,0	
				** Collamii (g/t)					156,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,1	
** Óleo de arroz (g/t)					135,3					
** Flotanol D-14B (g/t)					41,0					
		** pH					11,7			
		* Água de diluição (l/h)							31,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,23	
				** Polpa					0,42	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							15,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,69	
* "Hold up" do ar (%)							22,6			
* Bias							1,14			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.474,0	132.660,0	21,92	15,52	9,59	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	22.184,4	66.528,4	28,49	9,67	1,49	56,2	73,0	35,0	8,8	
REJEITO	17.289,6	131.551,4	13,49	23,02	19,97	43,8	27,0	65,0	91,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CC - 9 DATA: 2 Junho 97

TIPO DE COLUNA: CONVENCIONAL

OBJETIVO: Testar a adição de 155,0 g/t de Óleo de Arroz.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

E T A P A	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		58,8
	* Percentagem de sólidos (%)		40,2
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	9,1
		** Percentagem de sólidos (%)	40,2
		** Soda (g/t)	1.406,0
		** Collamii (g/t)	155,0
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	13,1
		** Percentagem de sólidos (%)	39,1
		** Óleo de arroz (g/t)	155,0
** Flotanol D-14B (g/t)		41,0	
	** pH	11,6	
* Água de diluição (l/h)		31,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	1,35
		** Água de lavagem	0,22
		** Polpa	0,41
		** Bias	0,06
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		29,7
	* Altura da camada de espuma (cm)		60,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		15,6
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		5,0
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		0,70
	* "Hold up" do ar (%)		22,0
	* Bias		1,11

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	39.474,0	132.732,0	21,94	15,81	9,44	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	24.000,2	69.299,7	27,97	11,16	1,51	60,8	77,5	42,9	9,8
REJEITO	15.473,8	127.185,8	12,59	23,02	21,74	39,2	22,5	57,1	90,2

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 10				DATA:		4	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 10,5.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,0	
				** Soda (g/t)					351,4	
				** Collamil (g/t)					154,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,4	
** Óleo de arroz (g/t)					136,0					
** Flotanol D-14B (g/t)					40,5					
		** pH					10,5			
		* Água de diluição (l/h)							31,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,32	
				** Polpa					0,42	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							15,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,9	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,70	
* "Hold up" do ar (%)							22,0			
* Bias							1,16			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.270,0	130.866,0	22,31	13,12	11,11	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	23.326,4	92.645,6	28,05	7,47	1,88	59,4	74,7	33,8	10,1	
REJEITO	15.943,6	130.657,1	13,92	21,38	24,61	40,6	25,3	66,2	89,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CC - 11				DATA:		4	Junho	97	
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL									
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 11,1.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)							40,0		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)					40,0		
				** Soda (g/t)					718,1		
				** Collamil (g/t)					154,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3		
				** Percentagem de sólidos (%)					39,3		
** Óleo de arroz (g/t)					136,0						
** Flotanol D-14B (g/t)					40,5						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35		
				** Água de lavagem					0,47		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,59		
				** Bias					0,26		
				* Altura da camada de espuma (cm)							60,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							11,1
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,7
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,75
				* "Hold up" do ar (%)							18,8
				* Bias							1,65
				RESULTADOS							
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	39.270,0	131.010,0	22,48	15,38	10,18	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	27.135,6	87.593,9	26,96	12,93	2,04	69,1	82,9	58,1	13,8		
REJEITO	12.134,4	179.064,8	12,45	20,87	28,40	30,9	17,1	41,9	86,2		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 12				DATA:		4	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 11,6.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,0	
				** Soda (g/t)					1.100,1	
				** Collamil (g/t)					155,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,3	
** Óleo de arroz (g/t)					134,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					42,0					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		** pH							11,6	
		* Água de diluição (l/h)							31,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,26	
				** Polpa					0,40	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							16,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,71	
* "Hold up" do ar (%)							21,1			
* Bias							1,10			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.270,0	131.772,0	22,44	15,33	10,22	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.153,8	81.684,9	27,79	11,63	1,95	66,6	82,5	50,5	12,7	
REJEITO	13.116,2	123.875,0	11,76	22,72	26,70	33,4	17,5	49,5	87,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 13				DATA:		4	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 12,1.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,0	
				** Soda (g/t)					1.757,1	
				** Collamil (g/t)					155,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2	
				** Óleo de arroz (g/t)					134,5	
** Flotanol D-14B (g/t)					42,0					
		** pH					12,1			
		* Água de diluição (l/h)							31,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,31	
				** Polpa					0,51	
				** Bias					0,17	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,7	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							12,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,70	
* "Hold up" do ar (%)							21,4			
* Bias							1,39			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.270,0	132.030,0	22,20	14,06	10,70	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	21.794,9	63.715,8	28,00	8,31	1,37	55,5	70,0	32,8	7,1	
REJEITO	17.475,2	157.522,5	14,97	21,26	22,33	44,5	30,0	67,2	92,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 14				DATA:		12	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 0,51 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,4		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,4		
				** Soda (g/t)				1.273,5		
				** Collamil (g/t)				143,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,6		
** Óleo de arroz (g/t)				124,5						
** Flotanol D-14B (g/t)				37,6						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,51		
				** Água de lavagem				0,30		
				** Polpa				0,48		
				** Bias				0,15		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						31,1		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						14,1		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,8		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,35		
* "Hold up" do ar (%)						16,5				
* Bias						1,32				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.460,0	133.410,0	21,50	15,45	9,81	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.944,0	72.142,3	27,02	11,47	2,26	67,4	84,7	50,1	15,5	
REJEITO	13.516,0	147.368,9	10,09	23,67	25,42	32,6	15,3	49,9	84,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 15				DATA:		12	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 0,91 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,4		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,4		
				** Soda (g/t)				1.288,0		
				** Collamil (g/t)				143,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,6		
** Óleo de arroz (g/t)				124,5						
** Flotanol D-14B (g/t)				39,1						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,91		
				** Água de lavagem				0,44		
				** Polpa				0,57		
				** Bias				0,24		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						31,1		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						11,7		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,7		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,56		
* "Hold up" do ar (%)						17,2				
* Bias						1,57				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.460,0	133.428,0	21,85	14,26	10,27	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.197,8	87.150,3	27,32	10,34	2,12	65,6	82,0	47,6	13,5	
REJEITO	14.262,2	173.935,7	11,42	21,74	25,82	34,4	18,0	52,4	86,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 16				DATA:		12	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 1,35 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,4	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,4	
				** Soda (g/t)					1.288,0	
				** Collamil (g/t)					143,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
** Óleo de arroz (g/t)					124,5					
** Flotanol (g/t)					39,1					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							31,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,35	
				** Água de lavagem					0,27	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,08	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,1	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							15,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,70	
* "Hold up" do ar (%)							22,3			
* Bias							1,14			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.460,0	133.428,0	21,52	15,54	9,79	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.824,6	81.810,0	27,50	11,73	2,15	64,7	82,7	48,8	14,2	
REJEITO	14.635,4	128.920,5	10,58	22,53	23,81	35,3	17,3	51,2	85,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -17				DATA:		2	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 8,6 min.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						40,7		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,7		
				** Soda (g/t)				1.263,0		
				** Collamil (g/t)				150,1		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,9		
** Óleo de arroz (g/t)				132,2						
** Flotanol D-14B (g/t)				60,9						
				** pH				11,6		
		* Água de diluição (l/h)						31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,86		
				** Água de lavagem				0,24		
				** Polpa				0,45		
				** Bias				0,12		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,5		
		* Altura da camada de espuma (cm)						80,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						8,6		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,3		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,56		
* "Hold up" do ar (%)						15,8				
* Bias						1,25				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.380,0	132.522,0	25,01	14,44	8,84	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.399,0	61.896,9	31,41	9,96	1,52	62,9	79,0	43,4	10,8	
REJEITO	14.981,0	140.320,5	14,16	22,03	21,25	37,1	21,0	56,6	89,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -18				DATA:		2	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 12,0 min.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,8	
				** Soda (g/t)					1.248,2	
				** Collamil (g/t)					148,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,9	
** Óleo de arroz (g/t)					130,7					
** Flotanol D-14B (g/t)					60,2					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,25	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,46	
				** Bias					0,13	
				* Altura da camada de espuma (cm)					80,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					12,0	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					5,4	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,56	
				* "Hold up" do ar (%)					16,0	
				* Bias					1,27	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.860,0	133.602,0	23,91	15,58	9,15	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.864,4	61.634,1	29,87	10,99	1,75	63,3	79,1	44,6	12,1	
REJEITO	14.995,6	143.724,3	13,65	23,50	21,91	36,7	20,9	55,4	87,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -19				DATA:		2	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 14,3 min.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,2	
				** Soda (g/t)					1.248,2	
				** Collamil (g/t)					151,2	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,4	
** Óleo de arroz (g/t)					130,7					
** Flotanol D-14B (g/t)					61,7					
		** pH					11,5			
		* Água de diluição (l/h)							31,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,26	
				** Polpa					0,46	
				** Bias					0,13	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,9	
		* Altura da camada de espuma (cm)							80,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							14,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,58	
* "Hold up" do ar (%)							15,1			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.860,0	132.426,0	24,00	15,09	9,29	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.866,5	65.111,1	29,10	11,42	1,96	68,2	82,7	51,6	14,4	
REJEITO	12.993,5	141.284,5	13,05	22,95	25,01	31,8	17,3	48,4	85,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -20				DATA:		26	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 40,0 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,2	
				** Soda (g/t)					1.433,3	
				** Collamil (g/t)					164,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,4	
				** Óleo de arroz (g/t)					146,6	
** Flotanol D-14B (g/t)					66,7					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							30,6	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,22	
				** Polpa					0,43	
				** Bias					0,10	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							40,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							16,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,60	
* "Hold up" do ar (%)							14,1			
* Bias							1,20			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.420,0	127.962,0	21,92	15,37	10,02	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.603,3	60.851,3	27,25	11,38	2,90	70,3	87,4	52,1	20,4	
REJEITO	10.816,7	130.516,0	9,30	24,81	26,88	29,7	12,6	47,9	79,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -21				DATA:		26	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 60,0 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						38,2		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,2		
				** Soda (g/t)				1.433,3		
				** Collamil (g/t)				164,7		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,4		
				** Percentagem de sólidos (%)				37,4		
** Óleo de arroz (g/t)				146,6						
** Flotanol D-14B (g/t)				66,7						
		** pH				11,5				
		* Água de diluição (l/h)						30,6		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,86		
				** Água de lavagem				0,24		
				** Polpa				0,46		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						28,5		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						15,4		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,5		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,62		
* "Hold up" do ar (%)						13,6				
* Bias						1,28				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.420,0	127.962,0	22,30	15,53	10,16	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.076,7	59.112,8	27,22	12,54	2,77	71,6	87,4	57,8	19,5	
REJEITO	10.343,3	137.910,4	9,87	23,07	28,79	28,4	12,6	42,2	80,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -22				DATA:		26	Junho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 80,0 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,2	
				** Soda (g/t)					1.466,2	
				** Collamil (g/t)					166,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,4	
** Óleo de arroz (g/t)					145,0					
** Flotanol D-148 (g/t)					67,5					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							30,6	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,39	
				** Polpa					0,62	
				** Bias					0,29	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							80,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,62	
* "Hold up" do ar (%)							13,3			
* Bias							1,75			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.420,0	127.980,0	22,81	15,12	10,44	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.239,1	53.128,9	27,96	12,22	2,75	69,3	84,9	56,0	18,3	
REJEITO	11.180,9	186.448,9	11,19	21,66	27,79	30,7	15,1	44,0	81,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -23				DATA:		2	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 100,0 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)							57,6		
	* Percentagem de sólidos (%)							42,1		
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							9,2	
		** Percentagem de sólidos (%)							42,1	
		** Soda (g/t)							1.216,0	
		** Collamil (g/t)							145,9	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							13,3	
		** Percentagem de sólidos (%)							41,2	
		** Óleo de arroz (g/t)							127,3	
		** Flotanol D-14B (g/t)							57,9	
	** pH							11,6		
	* Água de diluição (l/h)							31,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							0,86	
		** Água de lavagem							0,33	
		** Polpa							0,55	
		** Bias							0,22	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,6		
	* Altura da camada de espuma (cm)							100,0		
	* Tempo de residência da polpa (min)							11,4		
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—		
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,6		
	* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,56		
	* "Hold up" do ar (%)							15,8		
	* Bias							1,53		
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.940,0	132.882,0	23,02	14,61	10,40	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.631,9	59.078,5	29,17	11,32	2,01	63,5	80,4	49,2	12,3	
REJEITO	15.308,1	168.769,4	12,33	20,35	24,99	36,5	19,6	50,8	87,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC -24				DATA:		2	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 120,0 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							57,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							42,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					42,1	
				** Soda (g/l)					1.216,0	
				** Collamil (g/l)					145,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,2	
** Óleo de arroz (g/l)					127,3					
** Flotanol D-14B (g/l)					57,9					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							31,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,33	
				** Polpa					0,56	
				** Bias					0,22	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							120,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							---	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,49	
* "Hold up" do ar (%)							20,6			
		* Bias							1,54	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.940,0	132.882,0	22,89	14,82	10,48	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.380,3	58.065,9	29,26	9,84	2,01	62,9	80,4	41,8	12,1	
REJEITO	15.559,7	170.426,4	12,09	23,26	24,85	37,1	19,6	58,2	87,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 25				DATA:		22	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 19,5% de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,6	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,6	
				** Soda (g/t)					1.826,5	
				** Collamil (g/t)					149,2	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,7	
** Óleo de arroz (g/t)					138,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					63,9					
		** pH					11,5			
		* Água de diluição (l/h)							100,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,33	
				** Polpa					0,82	
				** Bias					0,23	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							19,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							65,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							7,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,47	
* "Hold up" do ar (%)							21,0			
* Bias							1,32			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.420,0	201.978,0	23,33	15,34	10,29	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.583,6	54.330,0	29,03	11,97	1,86	64,9	80,7	50,6	11,7	
REJEITO	13.836,4	240.031,4	12,80	21,58	25,88	35,1	19,3	49,4	88,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 26				DATA:		22	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 24,6% de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						39,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,9		
				** Soda (g/t)				1.826,5		
				** Collamil (g/t)				150,7		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,0		
				** Óleo de arroz (g/t)				137,0		
				** Flotanol D-14B (g/t)				60,9		
		** pH				11,5				
		* Água de diluição (l/h)						58,8		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,23		
				** Polpa				0,57		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						24,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						11,0		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,6		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,47		
		* "Hold up" do ar (%)						22,8		
				* Bias						1,21
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.420,0	159.954,0	23,28	16,16	10,11	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.253,7	56.501,8	28,96	12,66	1,72	66,6	82,9	52,2	11,3	
REJEITO	13.166,3	169.369,8	11,95	23,13	26,85	33,4	17,1	47,8	88,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 27				DATA:		22	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 29,5% de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,9	
				** Soda (g/t)					1.826,5	
				** Collamil (g/t)					150,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
** Óleo de arroz (g/t)					137,0					
** Flotanol D-14B (g/t)					60,9					
		** pH					11,5			
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,17	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							14,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,47	
* "Hold up" do ar (%)							25,7			
* Bias							1,08			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.420,0	133.554,0	22,95	15,86	10,03	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	26.174,9	57.164,2	28,54	13,01	1,63	66,4	82,6	54,5	10,8	
REJEITO	13.245,1	123.778,8	11,91	21,50	26,63	33,6	17,4	45,5	89,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CC - 28				DATA:		22	Setembro	97	
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL									
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 34,4% de sólidos na alimentação da coluna.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)							40,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)					40,1		
				** Soda (g/t)					1.674,3		
				** Collamil (g/t)					149,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2		
** Óleo de arroz (g/t)					133,9						
** Flotanol D-14B (g/t)					60,9						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88		
				** Água de lavagem					0,25		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,41		
				** Bias					0,13		
				* Altura da camada de espuma (cm)							60,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							14,5
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,6
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,46
				* "Hold up" do ar (%)							27,4
				* Bias							1,32
				RESULTADOS							
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	39.420,0	114.576,0	22,75	16,05	9,96	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	26.450,8	62.499,3	28,20	12,51	1,84	67,1	83,2	52,3	12,4		
REJEITO	12.969,2	123.707,9	11,64	23,28	26,58	32,9	16,8	47,7	87,6		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 29				DATA:		22	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 39,2% de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						40,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,1		
				** Soda (g/t)				1.674,3		
				** Collamil (g/t)				149,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,2		
** Óleo de arroz (g/t)				133,9						
** Flotanol D-14B (g/t)				60,9						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,26		
				** Polpa				0,38		
				** Bias				0,14		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						39,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						15,7		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,5		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,46		
* "Hold up" do ar (%)						27,5				
* Bias						1,45				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.420,0	100.476,0	22,53	15,72	9,95	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.938,4	59.447,2	28,07	12,71	1,67	65,8	82,0	53,2	11,0	
REJEITO	13.481,6	115.052,7	11,88	21,50	25,90	34,2	18,0	46,8	89,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 30				DATA:		8	Janeiro	96
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,0 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						38,5		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,5		
				** Soda (g/t)				1.529,8		
				** Collamil (g/t)				143,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,3		
				** Percentagem de sólidos (%)				37,9		
				** Óleo de arroz (g/t)				143,3		
** Flotanol (g/t)				0,0						
** pH						11,4				
* Água de diluição (l/h)						31,8				
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,06		
				** Polpa				0,34		
				** Bias				0,00		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						28,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						85,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						8,5		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,6		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,46		
		* "Hold up" do ar (%)						35,3		
		* Bias						0,93		
		RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	37.260,0	130.096,0	22,53	18,02	11,77	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	21.499,0	38.154,3	29,34	11,70	1,96	57,7	75,1	37,5	9,7	
REJEITO	15.761,0	107.665,2	13,24	26,63	25,13	42,3	24,9	62,5	90,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 31				DATA:		8	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,15 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Soda (g/t)					1.594,2	
				** Collamil (g/t)					149,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,9	
				** Óleo de arroz (g/t)					144,9	
				** Flotanol (g/t)					0,0	
				** pH					11,3	
		* Água de diluição (l/h)							31,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,15	
				** Polpa					0,43	
				** Bias					0,08	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							80,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							7,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,0	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
		* "Hold up" do ar (%)							33,9	
		* Bias							1,16	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	37.260,0	130.152,0	22,43	18,01	11,77	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	23.250,2	42.966,2	28,51	12,12	2,37	62,4	79,3	42,0	12,6	
REJEITO	14.009,8	130.620,5	12,33	27,78	27,35	37,6	20,7	58,0	87,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 32				DATA:		8	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,30 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						38,5		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,5		
				** Soda (g/t)				1.771,3		
				** Collamil (g/t)				146,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,3		
				** Percentagem de sólidos (%)				37,9		
** Óleo de arroz (g/t)				141,7						
** Flotanol (g/t)				0,0						
		** pH				11,5				
		* Água de diluição (l/h)						32,4		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,30		
				** Polpa				0,58		
				** Bias				0,23		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						28,5		
		* Altura da camada de espuma (cm)						80,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						5,3		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,5		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,43		
* "Hold up" do ar (%)						33,7				
* Bias						1,56				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	37.260,0	130.794,0	23,05	16,75	12,68	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	21.163,7	40.941,0	31,37	8,24	1,91	56,8	77,3	27,9	8,6	
REJEITO	16.096,3	174.004,4	12,11	27,94	26,84	43,2	22,7	72,1	91,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 33				DATA:		8	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,37 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Soda (g/t)					1.771,3	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,9	
				** Óleo de arroz (g/t)					141,7	
				** Flotanol (g/t)					0,0	
				** pH					11,5	
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,37	
				** Polpa					0,65	
				** Bias					0,30	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							80,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							4,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,42	
* "Hold up" do ar (%)							32,9			
* Bias							1,75			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	37.260,0	130.794,0	22,85	17,74	12,24	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	20.567,5	40.818,7	31,76	8,01	1,86	55,2	76,7	24,9	8,4	
REJEITO	16.692,5	194.410,4	11,86	29,74	25,04	44,8	23,3	75,1	91,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 34				DATA:		2	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com a amostra da Arafertil utilizando as melhores condições.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,3	
				** Soda (g/t)					1.644,7	
				** Collamil (g/t)					156,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,6	
				** Hidrocol (g/t)					144,7	
				** KE - 883 (g/t)					0,0	
				** pH					11,5	
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,86	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,50	
				** Bias					0,16	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							59,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,7	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							---	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,64	
		* "Hold up" do ar (%)							12,9	
		* Bias							1,37	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.480,0	129.378,0	22,87	17,30	10,20	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	22.179,8	45.317,1	29,83	12,08	1,90	60,8	79,3	42,5	11,3	
REJEITO	14.300,2	152.351,8	12,08	25,38	23,06	39,2	20,7	57,5	88,7	

ANEXO – II

COLUNA AGITADA

AMOSTRA DA ARAFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 1				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 0 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						60,0		
		* Percentagem de sólidos (%)						39,8		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				8,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,8		
				** Soda (g/l)				1.586,1		
				** Collamil (g/l)				146,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,0		
** Óleo de arroz (g/l)				134,4						
** Flotanol D-14B (g/l)				61,9						
		** pH						11,6		
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,19		
				** Polpa				0,31		
				** Bias				0,08		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						39,0		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,4		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						0,0		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,6		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						34,3				
* Bias						1,19				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.958,0	23,25	16,17	9,71	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.367,1	59.011,0	28,44	10,86	1,61	68,9	84,3	46,3	11,4	
REJEITO	12.352,9	96.766,9	11,76	27,95	27,66	31,1	15,7	53,7	88,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 2				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 100 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
** Óleo de arroz (g/t)					137,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					61,2					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,29	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,18	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							70,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							100,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							6,0	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							26,8			
* Bias							1,56			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.934,0	23,78	15,87	10,05	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	28.201,2	59.199,0	27,78	12,36	1,63	71,0	82,9	55,3	11,5	
REJEITO	11.518,8	123.721,7	13,99	24,46	30,67	29,0	17,1	44,7	88,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 3				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 200 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,1	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2	
** Óleo de arroz (g/t)					137,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					61,2					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		** pH							11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,16	
				** Polpa					0,28	
				** Bias					0,05	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							12,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							200,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							28,3			
* Bias							1,08			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.334,0	23,51	17,01	9,40	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.049,3	57.655,4	28,13	11,73	1,53	68,1	81,5	47,0	11,1	
REJEITO	12.670,7	88.121,3	13,66	28,28	26,20	31,9	18,5	53,0	88,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 4				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 300 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
** Óleo de arroz (g/t)					137,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					61,2					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,22	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							300,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							26,5			
* Bias							1,35			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.934,0	23,69	16,31	9,83	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.103,0	53.564,3	28,30	11,69	1,52	63,2	75,5	45,3	9,7	
REJEITO	14.617,0	110.107,7	15,76	24,23	24,10	36,8	24,5	54,7	90,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CA - 5		DATA:		30		Setembro		97	
TIPO DE COLUNA:		AGITADA									
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 400 rpm.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS								VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)								60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)								39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)						8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)						39,8	
				** Soda (g/t)						1.510,6	
				** Collamil (g/t)						146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)						13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)						39,0	
** Óleo de arroz (g/t)						137,5					
** Flotanol D-14B (g/t)						61,2					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		** pH						11,6			
		* Água de diluição (l/h)								0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar						0,88	
				** Água de lavagem						0,21	
				** Polpa						0,35	
				** Bias						0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)								39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)								60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)								10,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)								400,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)								5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)								—	
* "Hold up" do ar (%)								27,4			
* Bias								1,34			
RESULTADOS											
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.934,0	23,49	16,67	9,53	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	24.626,4	52.259,5	28,16	11,15	1,48	62,0	74,3	41,5	9,6		
REJEITO	15.093,6	109.718,8	15,88	25,67	22,66	38,0	25,7	58,5	90,4		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 6				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 500 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						60,0		
		* Percentagem de sólidos (%)						39,8		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				8,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,8		
				** Soda (g/l)				1.510,6		
				** Collamil (g/l)				146,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,0		
** Óleo de arroz (g/l)				137,5						
** Flotanol D-14B (g/l)				61,2						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,24		
				** Polpa				0,37		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						39,0		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,2		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						500,0		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						5,3		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						24,5				
* Bias						1,40				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.934,0	23,56	16,10	9,90	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.825,0	55.970,4	27,81	12,09	1,49	62,5	73,8	46,9	9,4	
REJEITO	14.895,0	113.632,0	16,48	22,79	23,93	37,5	26,2	53,1	90,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 7				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 3 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 600 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
				** Óleo de arroz (g/t)					136,0	
				** Flotanol D-14B (g/t)					60,4	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,19	
				** Polpa					0,30	
				** Biais					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							12,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							600,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							25,5	
		* Biais							1,14	
		RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.922,0	23,11	17,01	9,25	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.818,0	60.579,8	27,60	11,54	1,56	65,0	77,6	44,1	11,0	
REJEITO	13.902,0	94.064,1	14,77	27,16	23,53	35,0	22,4	55,9	89,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 8				DATA:		30	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 0 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.586,1	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
				** Óleo de arroz (g/t)					134,4	
				** Flotanol D-14B (g/t)					61,9	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,19	
				** Polpa					0,31	
				** Bias					0,08	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,4	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							0,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							34,3			
* Bias							1,19			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.958,0	23,25	16,17	9,71	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.367,1	59.011,0	28,44	10,86	1,61	68,9	84,3	46,3	11,4	
REJEITO	12.352,9	96.766,9	11,76	27,95	27,66	31,1	15,7	53,7	88,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 9				DATA:		2	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 100 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
				** Óleo de arroz (g/t)					132,9	
				** Flotanol D-14B (g/t)					59,7	
				** pH					11,7	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,20	
				** Polpa					0,33	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							100,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							30,3	
		* Bias							1,24	
		RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.904,0	23,47	17,06	9,41	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.327,4	57.404,4	28,08	11,56	1,48	68,8	82,3	46,6	10,8	
REJEITO	12.392,6	100.296,9	13,31	29,24	26,89	31,2	17,7	53,4	89,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CA - 10 DATA: 2 Outubro 97

TIPO DE COLUNA: AGITADA

OBJETIVO: Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 200 rpm.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

E T A P A	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		60,0
	* Percentagem de sólidos (%)		39,8
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	8,9
		** Percentagem de sólidos (%)	39,8
		** Soda (g/t)	1.510,6
		** Collamil (g/t)	146,5
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	13,0
		** Percentagem de sólidos (%)	39,0
** Óleo de arroz (g/t)		132,9	
** Flotanol D-14B (g/t)		59,7	
	** pH	11,6	
	* Água de diluição (l/h)		0,0
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	0,88
		** Água de lavagem	0,22
		** Polpa	0,36
		** Bias	0,13
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		39,0
	* Altura da camada de espuma (cm)		60,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		9,6
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		200,0
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		5,4
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		—
	* "Hold up" do ar (%)		30,0
	* Bias		1,38

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.904,0	23,58	17,33	9,22	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	25.341,4	52.158,0	28,60	11,41	1,46	63,8	77,4	42,0	10,1
REJEITO	14.378,6	111.830,1	14,73	27,78	22,90	36,2	22,6	58,0	89,9

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 11				DATA:		2	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 300 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					145,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
** Óleo de arroz (g/t)					136,0					
** Flotanol D-14B (g/t)					60,4					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,16	
				** Polpa					0,30	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							300,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							30,9			
* Bias							1,15			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.916,0	23,67	17,35	9,12	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.626,4	52.298,2	28,62	10,69	1,42	62,0	74,9	38,2	9,7	
REJEITO	15.093,6	95.790,3	15,61	28,21	21,68	38,0	25,1	61,8	90,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 12				DATA:		2	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 400 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					143,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
** Óleo de arroz (g/t)					137,5					
** Flotanol D-14B (g/t)					61,2					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,14	
				** Polpa					0,28	
				** Bias					0,04	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							12,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							400,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							31,6			
* Bias							1,07			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.922,0	23,63	17,33	9,10	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.427,8	51.579,5	28,95	10,61	1,49	61,5	75,3	37,7	10,0	
REJEITO	15.292,2	89.700,9	15,15	28,05	21,26	38,5	24,7	62,3	90,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 13				DATA:		2	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 500 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)							60,0		
	* Percentagem de sólidos (%)							39,8		
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							8,9	
		** Percentagem de sólidos (%)							39,8	
		** Soda (g/t)							1.510,6	
		** Collamil (g/t)							145,0	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							13,0	
		** Percentagem de sólidos (%)							39,0	
		** Óleo de arroz (g/t)							137,5	
** Flotanol D-14B (g/t)							61,2			
** pH							11,6			
* Água de diluição (l/h)							0,0			
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							0,88	
		** Água de lavagem							0,19	
		** Polpa							0,33	
		** Bias							0,10	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0		
	* Altura da camada de espuma (cm)							60,0		
	* Tempo de residência da polpa (min)							10,7		
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							500,0		
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2		
	* Diâmetro médio de bolha (mm)							—		
* "Hold up" do ar (%)							27,9			
* Bias							1,27			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.928,0	23,81	17,21	9,36	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.427,8	52.188,9	29,22	11,23	1,49	61,5	75,5	40,1	9,8	
REJEITO	15.292,2	104.424,4	15,17	26,76	21,93	38,5	24,5	59,9	90,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 14				DATA:		2	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 5 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 600 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Soda (g/t)					1.510,6	
				** Collamil (g/t)					146,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,0	
				** Óleo de arroz (g/t)					137,5	
				** Flotanol D-14B (g/t)					61,2	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,37	
				** Bias					0,14	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							600,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							28,3			
* Bias							1,42			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.934,0	23,84	16,14	9,98	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.427,8	55.069,2	29,09	11,06	1,57	61,5	75,0	42,2	9,7	
REJEITO	15.292,2	115.694,1	15,46	24,24	23,41	38,5	25,0	57,8	90,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CA - 15				DATA:		6	Outubro	97	
TIPO DE COLUNA:		AGITADA									
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 0 rpm.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0		
				** Soda (g/t)					1.378,8		
				** Collamil (g/t)					137,9		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0		
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2		
** Óleo de arroz (g/t)					127,7						
** Flotanol D-14B (g/t)					58,8						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88		
				** Água de lavagem					0,21		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,33		
				** Bias					0,09		
				* Altura da camada de espuma (cm)							60,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							10,1
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							0,0
				* Capacidade de transporte (g/cm².min)							6,1
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							—
				* "Hold up" do ar (%)							33,5
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Bias		* Bias					1,24		
				* Bias					1,24		
RESULTADOS											
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.894,0	23,25	16,76	9,29	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	28.731,3	62.068,6	28,23	10,60	1,51	69,5	84,4	44,0	11,3		
REJEITO	12.608,7	100.365,0	11,93	30,80	27,04	30,5	15,6	56,0	88,7		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 16				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 100 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
ETAPA	VARIÁVEIS								VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)								59,4	
	* Percentagem de sólidos (%)								41,0	
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							9,0	
		** Percentagem de sólidos (%)							41,0	
		** Soda (g/t)							1.378,8	
		** Collamili (g/t)							137,9	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							13,0	
		** Percentagem de sólidos (%)							40,2	
** Óleo de arroz (g/t)							130,6			
** Flotanol D-14B (g/t)							58,1			
** pH								11,7		
* Água de diluição (l/h)								0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							0,88	
		** Água de lavagem							0,23	
		** Polpa							0,36	
		** Bias							0,12	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)								40,2	
	* Altura da camada de espuma (cm)								60,0	
	* Tempo de residência da polpa (min)								9,4	
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)								100,0	
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)								5,8	
	* Diâmetro médio de bolha (mm)								—	
* "Hold up" do ar (%)								32,3		
* Bias								1,36		
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.900,0	23,17	15,88	9,76	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	27.449,8	58.383,9	28,33	10,68	1,40	66,4	81,2	44,6	9,5	
REJEITO	13.890,2	110.330,4	12,97	26,16	26,29	33,6	18,8	55,4	90,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 17				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 200 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0	
				** Soda (g/t)					1.378,8	
				** Collamil (g/t)					136,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
				** Óleo de arroz (g/t)					130,6	
				** Flotanol D-148 (g/t)					58,1	
				** pH					11,7	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,37	
				** Bias					0,14	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							40,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							200,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							29,7			
* Bias							1,42			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.894,0	23,57	16,14	9,73	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.672,1	54.915,7	29,21	9,99	1,31	62,1	76,9	38,4	8,4	
REJEITO	15.667,9	115.705,6	14,34	26,21	23,52	37,9	23,1	61,6	91,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 18				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 300 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0	
				** Soda (g/t)					1.451,4	
				** Collamil (g/t)					136,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
				** Óleo de arroz (g/t)					130,6	
				** Flotanol D-14B (g/t)					58,1	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,38	
				** Bias					0,15	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							40,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							300,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							30,0			
* Bias							1,46			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.924,0	23,84	16,12	9,81	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.431,9	51.684,5	29,24	9,82	1,29	59,1	72,5	36,0	7,8	
REJEITO	16.908,1	119.922,0	16,03	25,21	22,12	40,9	27,5	64,0	92,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 19				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 400 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0	
				** Soda (g/t)					1.451,4	
				** Collamil (g/t)					145,1	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
** Óleo de arroz (g/t)					127,7					
** Flotanol D-14B (g/t)					58,1					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,23	
				** Polpa					0,37	
				** Bias					0,13	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							40,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							400,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							29,2			
* Bias							1,40			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.948,0	23,67	16,37	9,65	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.183,9	51.561,1	29,38	9,83	1,28	58,5	72,6	35,1	7,8	
REJEITO	17.156,1	115.295,6	15,62	25,59	21,44	41,5	27,4	64,9	92,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 20				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 500 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0	
				** Soda (g/t)					1.451,4	
				** Collamil (g/t)					143,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
** Óleo de arroz (g/t)					126,3					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		** Flotanol D-14B (g/t)					59,5			
		** pH					11,7			
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Água de diluição (l/h)							0,0	
		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,25	
				** Polpa					0,39	
				** Bias					0,15	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							40,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							500,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,3	
* Diâmetro médio de bolha (mm)							—			
* "Hold up" do ar (%)							27,9			
* Bias							1,48			
RESULTADOS										
PRODUTO		VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
		SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO		41.340,0	102.948,0	23,75	16,29	9,75	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO		24.928,0	52.892,9	29,28	10,47	1,28	60,3	74,3	38,8	7,9
REJEITO		16.412,0	120.665,2	15,35	25,11	22,60	39,7	25,7	61,2	92,1

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 21				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação utilizando 7 hélices do tipo turbina-disco de palhetas retas e rotação = 600 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,0	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,0	
				** Soda (g/t)					1.451,4	
				** Collamil (g/t)					143,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
** Óleo de arroz (g/t)					126,3					
** Flotanol D-14B (g/t)					59,5					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,22	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,11	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							40,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							600,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							28,9			
* Bias							1,32			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.948,0	23,89	16,14	9,83	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	25.837,5	55.567,5	29,22	10,48	1,40	62,5	76,4	40,6	8,9	
REJEITO	15.502,5	108.634,9	15,01	25,56	23,87	37,5	23,6	59,4	91,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 22				DATA:		6	Outubro	97
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 0 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,0		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,0		
				** Soda (g/t)				1.378,8		
				** Collamil (g/t)				137,9		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,2		
** Óleo de arroz (g/t)				127,7						
** Flotanol D-14B (g/t)				58,8						
		** pH						11,7		
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,21		
				** Polpa				0,33		
				** Bias				0,09		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						40,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,1		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						0,0		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						6,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						33,5				
* Bias						1,24				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.340,0	102.894,0	23,25	16,76	9,29	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	28.731,3	62.068,6	28,23	10,60	1,51	69,5	84,4	44,0	11,3	
REJEITO	12.608,7	100.355,0	11,93	30,80	27,04	30,5	15,6	56,0	88,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 23				DATA:		9	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 100 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,1	
				** Soda (g/t)					1.629,0	
				** Collamil (g/t)					135,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2	
				** Óleo de arroz (g/t)					132,7	
				** Flotanol D-14B (g/t)					57,3	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,26	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,17	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							65,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							100,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							31,7			
* Bias							1,57			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.780,0	101.352,0	22,77	17,84	11,18	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	22.117,7	47.091,8	28,84	11,63	1,34	55,6	70,4	36,2	6,6	
REJEITO	17.662,3	127.257,5	15,18	25,62	23,52	44,4	29,6	63,8	93,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 24				DATA:		9	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 300 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,1	
				** Soda (g/t)					1.613,9	
				** Collamil (g/t)					137,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,2	
				** Óleo de arroz (g/t)					132,7	
				** Flotanol D-14B (g/t)					58,1	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,34	
				** Polpa					0,50	
				** Bias					0,26	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							7,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							300,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,9	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							29,1			
* Bias							1,94			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.780,0	101.358,0	23,51	18,33	11,30	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.457,9	40.072,9	30,26	11,30	1,37	46,4	59,7	28,6	5,6	
REJEITO	21.322,1	156.850,8	17,67	24,42	19,89	53,6	40,3	71,4	94,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 25				DATA:		9	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 400 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
ETAPA	VARIÁVEIS								VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)								59,4	
	* Percentagem de sólidos (%)								40,1	
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							9,0	
		** Percentagem de sólidos (%)							40,1	
		** Soda (g/t)							1.629,0	
		** Collamil (g/t)							135,7	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							13,1	
		** Percentagem de sólidos (%)							39,2	
** Óleo de arroz (g/t)							132,7			
** Flotanol D-14B (g/t)							57,3			
** pH								11,6		
* Água de diluição (l/h)								0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							0,88	
		** Água de lavagem							0,27	
		** Polpa							0,44	
		** Bias							0,19	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)								39,2	
	* Altura da camada de espuma (cm)								60,0	
	* Tempo de residência da polpa (min)								7,7	
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)								400,0	
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)								3,8	
	* Diâmetro médio de bolha (mm)								—	
* "Hold up" do ar (%)								32,0		
* Bias								1,67		
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.780,0	101.352,0	23,01	19,07	10,91	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	17.901,0	40.478,5	30,31	10,90	1,27	45,0	59,3	25,7	5,2	
REJEITO	21.879,0	137.785,0	17,02	25,75	18,80	55,0	40,7	74,3	94,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 26				DATA:		9	Janeiro	96
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 500 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						40,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,1		
				** Soda (g/l)				1.629,0		
				** Collamil (g/l)				137,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,2		
** Óleo de arroz (g/l)				132,7						
** Flotanol D-14B (g/l)				57,3						
				** pH				11,5		
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,21		
				** Polpa				0,37		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						39,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						65,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						9,0		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						500,0		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,0		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						31,9				
* Bias						1,41				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.780,0	101.358,0	23,35	17,64	11,40	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.736,4	41.888,0	29,79	11,38	1,23	47,1	60,1	30,4	5,1	
REJEITO	21.043,6	118.409,6	17,61	23,22	20,46	52,9	39,9	69,6	94,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 27				DATA:		9	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 7 hélices de palhetas inclinadas e rotação = 600 rpm								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,1	
				** Soda (g/t)					1.598,8	
				** Collamil (g/t)					135,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,3	
				** Óleo de arroz (g/t)					132,7	
				** Flotanol D-14B (g/t)					57,3	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,29	
				** Polpa					0,44	
				** Bias					0,20	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							39,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							65,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							7,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							600,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							31,8			
* Bias							1,70			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	39.780,0	101.340,0	22,82	17,66	11,24	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	17.861,2	42.185,5	29,14	11,56	1,28	44,9	57,3	29,4	5,1	
REJEITO	21.918,8	140.133,5	17,68	22,62	19,35	55,1	42,7	70,6	94,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CA - 28		DATA:		2	Outubro	97			
TIPO DE COLUNA: AGITADA									
OBJETIVO: Realizar a flotação com a amostra da Arafertil utilizando as melhores condições.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS				VALOR			
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)				60,0			
		* Percentagem de sólidos (%)				39,8			
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)		8,9			
				** Percentagem de sólidos (%)		39,8			
				** Soda (g/t)		1.510,6			
				** Collarnil (g/t)		146,5			
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)		13,0			
				** Percentagem de sólidos (%)		39,0			
				** Hidrocol (g/t)		132,9			
				** KE - 883 (g/t)		59,7			
				** pH		11,7			
		* Água de diluição (l/h)				0,0			
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar		0,88			
				** Água de lavagem		0,20			
				** Polpa		0,33			
				** Bias		0,09			
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)				39,0			
		* Altura da camada de espuma (cm)				60,0			
		* Tempo de residência da polpa (min)				10,6			
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)				100,0			
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)				5,8			
		* Diâmetro médio de bolha (mm)				—			
		* "Hold up" do ar (%)				30,3			
		* Bias				1,24			
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	39.720,0	101.904,0	23,47	17,06	9,41	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	27.327,4	57.404,4	28,08	11,56	1,48	68,8	82,3	46,6	10,8
REJEITO	12.392,6	100.296,9	13,31	29,24	26,89	31,2	17,7	53,4	89,2

ANEXO – III

COLUNA DE RECHEIO

AMOSTRA DA ARAFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 1				DATA:		25	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação sem adição de Flotanol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
ETAPA	VARIÁVEIS								VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)								58,5	
	* Percentagem de sólidos (%)								41,5	
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							9,1	
		** Percentagem de sólidos (%)							41,5	
		** Soda (g/l)							1.112,7	
		** Collamil (g/l)							146,0	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							13,3	
		** Percentagem de sólidos (%)							40,9	
** Hidrocol (g/l)							128,6			
** KE - 883 (g/l)							0,0			
** pH								11,6		
* Água de diluição (l/h)								30,6		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							3,33	
		** Água de lavagem							0,33	
		** Polpa							0,59	
		** Bias							0,26	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)								31,4	
	* Altura da camada de espuma (cm)								198,0	
	* Tempo de residência da polpa (min)								5,4	
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m)								—	
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)								3,2	
	* Diâmetro médio de bolha (mm)								—	
	* "Hold up" do ar (%)								36,6	
	* Bias								1,68	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.520,0	132.222,0	21,76	17,34	10,38	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	15.653,0	38.618,1	31,03	6,92	1,83	37,7	53,8	15,1	6,6	
REJEITO	25.867,0	191.183,1	16,14	23,64	15,55	62,3	46,2	84,9	93,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 2				DATA:		25	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 29,6 g/t de Flotanol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,1	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,3	
				** Soda (g/t)					1.156,1	
				** Collamil (g/t)					146,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,5	
				** Hidrocol (g/t)					128,6	
				** KE - 883 (g/t)					29,6	
** pH							11,6			
* Água de diluição (l/h)							31,8			
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,33	
				** Água de lavagem					0,37	
				** Polpa					0,61	
				** Bias					0,27	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,9	
		* Altura da camada de espuma (cm)							197,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							5,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							36,0	
		* Bias							1,70	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.520,0	134.286,0	21,71	17,12	10,56	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	17.563,0	46.067,8	30,84	8,96	1,55	42,3	60,1	22,2	6,2	
REJEITO	23.957,0	195.046,9	15,02	23,09	17,16	57,7	39,9	77,8	93,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 3				DATA:		25	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 58,5 g/t de Flotanol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,1	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,3	
				** Soda (g/t)					1.156,1	
				** Collamil (g/t)					146,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,4	
** Hidrocol (g/t)					128,6					
** KE - 883 (g/t)					58,5					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,33	
				** Água de lavagem					0,38	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,61	
				** Bias					0,27	
				* Altura da camada de espuma (cm)					196,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					5,3	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					3,8	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					—	
				* "Hold up" do ar (%)					35,8	
				* Bias					1,70	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.520,0	134.526,0	21,37	15,77	11,01	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.517,9	49.096,9	30,00	9,31	1,30	44,6	62,6	26,3	5,3	
REJEITO	23.002,1	195.087,5	14,43	20,97	18,82	55,4	37,4	73,7	94,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 4				DATA:		25	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 85,3 g/t de Flotanol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,1	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,3	
				** Soda (g/t)					1.156,1	
				** Collamil (g/t)					146,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,3	
** Hidrocol (g/t)					128,6					
** KE - 883 (g/t)					85,3					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,33	
				** Água de lavagem					0,33	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,54	
				** Bias					0,20	
				* Altura da camada de espuma (cm)					195,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					6,0	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					4,1	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					—	
				* "Hold up" do ar (%)					36,1	
				* Bias					1,48	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.520,0	134.748,0	21,79	17,26	10,59	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	20.178,7	59.140,1	29,39	12,26	1,40	48,6	65,6	34,5	6,4	
REJEITO	21.341,3	171.477,0	14,60	21,99	19,29	51,4	34,4	65,5	93,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 5				DATA:		25	Julho	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 115,6 g/t de Flotanol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,1	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,3	
				** Soda (g/t)					1.156,1	
				** Collamil (g/t)					146,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,2	
** Hidrocol (g/t)					128,6					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,33	
				** Água de lavagem					0,32	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,55	
				** Bias					0,21	
				* Altura da camada de espuma (cm)					197,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					5,8	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					3,8	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					—	
				* "Hold up" do ar (%)					36,4	
				* Bias					1,53	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.520,0	135.000,0	21,99	17,45	10,59	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.351,8	50.272,4	30,46	12,78	1,31	44,2	61,2	32,4	5,5	
REJEITO	23.168,2	177.802,2	15,29	21,15	17,94	55,8	38,8	67,6	94,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 6				DATA:		4	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 1,33 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,6	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
				** Soda (g/t)					1.147,5	
				** Collamil (g/t)					152,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
				** Hidrocol (g/t)					132,6	
				** KE - 883 (g/t)					61,8	
				** pH					11,7	
		* Água de diluição (l/h)							32,1	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,33	
				** Água de lavagem					0,27	
				** Polpa					0,55	
				** Bias					0,20	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							196,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							5,7	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							37,7	
		* Bias							1,53	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.266,0	23,27	17,23	9,98	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	11.755,9	31.222,5	33,80	6,47	1,40	29,2	42,4	11,0	4,1	
REJEITO	28.504,1	180.394,1	18,92	21,67	13,53	70,8	57,6	89,0	95,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 7				DATA:		4	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 2,00 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						40,6		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,6		
				** Soda (g/l)				1.087,9		
				** Collamil (g/l)				152,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,8		
** Hidrocol (g/l)				132,6						
** KE - 883 (g/l)				61,8						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						32,1		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				2,00		
				** Água de lavagem				0,21		
				** Polpa				0,48		
				** Bias				0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						203,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						6,5		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,9		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						38,2				
* Bias						1,32				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.242,0	23,09	17,63	9,60	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	14.010,5	37.693,9	32,36	7,80	1,43	34,8	48,8	15,4	5,2	
REJEITO	26.249,5	156.887,8	18,15	22,87	13,96	65,2	51,2	84,6	94,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 8				DATA:		4	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 2,66 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,6	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
				** Soda (g/l)					1.087,9	
				** Collamil (g/l)					152,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
** Hidrocol (g/l)					132,6					
** KE - 883 (g/l)					61,1					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							32,1	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					2,66	
				** Água de lavagem					0,21	
				** Polpa					0,47	
				** Bias					0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							190,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							37,9			
* Bias							1,30			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.236,0	22,90	17,39	9,72	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	15.540,4	40.360,3	32,04	8,08	1,43	38,6	54,0	17,9	5,7	
REJEITO	24.719,6	153.103,9	17,15	23,24	14,92	61,4	46,0	82,1	94,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CR - 9		DATA: 4		Agosto		97			
TIPO DE COLUNA: RECHEIO									
OBJETIVO: Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 3,33 cm/s.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS					VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)					58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)					40,6		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)			9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)			40,6		
				** Soda (g/t)			1.087,9		
				** Collamii (g/t)			152,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)			13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)			39,8		
** Hidrocol (g/t)				134,1					
		** KE - 883 (g/t)			61,1				
		** pH			11,6				
		* Água de diluição (l/h)					32,7		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar			3,33		
				** Água de lavagem			0,21		
				** Polpa			0,45		
				** Bias			0,11		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					30,1		
		* Altura da camada de espuma (cm)					200,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)					7,0		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					3,8		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)					—		
* "Hold up" do ar (%)					37,3				
* Bias					1,25				
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.842,0	23,05	17,29	9,88	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	18.479,3	48.882,5	30,65	9,32	1,58	45,9	61,0	24,7	7,3
REJEITO	21.780,7	146.862,4	16,60	24,06	16,92	54,1	39,0	75,3	92,7

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 10				DATA:		4	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 3,99 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							40,6	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
				** Soda (g/t)					1.087,9	
				** Collamil (g/t)					152,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8	
** Hidrocol (g/t)					134,1					
** KE - 883 (g/t)					61,1					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							32,7	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,99	
				** Água de lavagem					0,26	
				** Polpa					0,47	
				** Bias					0,13	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,1	
		* Altura da camada de espuma (cm)							198,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							36,3			
* Bias							1,29			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.842,0	23,10	17,02	10,08	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	20.935,2	60.847,4	30,02	9,97	1,50	52,0	67,6	30,4	7,8	
REJEITO	19.324,8	149.907,6	15,60	24,67	19,37	48,0	32,4	69,6	92,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CR - 11				DATA:		4	Agosto	97	
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO									
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial do ar = 4,99 cm/s.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)							40,6		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6		
				** Soda (g/l)					1.087,9		
				** Collamil (g/l)					152,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)					39,8		
** Hidrocol (g/l)					134,1						
** KE - 883 (g/l)					61,1						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					4,99		
				** Água de lavagem					0,32		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,24		
				** Bias					-0,10		
				* Altura da camada de espuma (cm)							200,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							12,3
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,1
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							—
				* "Hold up" do ar (%)							41,8
				* Bias							0,66
				RESULTADOS							
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	40.260,0	133.842,0	23,33	16,83	10,24	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	20.130,0	144.377,3	30,05	10,14	1,46	50,0	64,4	30,1	7,1		
REJEITO	20.130,0	83.233,0	16,61	23,51	19,02	50,0	35,6	69,9	92,9		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 12				DATA:		14	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com altura da camada de espuma = 100 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Soda (g/l)					897,2	
				** Collamil (g/l)					166,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,7	
				** Hidrocol (g/l)					141,9	
				** KE - 883 (g/l)					66,9	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,99	
				** Água de lavagem					0,26	
				** Polpa					0,27	
				** Bias					-0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							100,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							14,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							41,7			
* Bias							0,77			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.780,0	129.936,0	22,65	16,06	9,70	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	15.226,9	109.551,1	30,24	10,95	1,61	41,4	55,3	28,2	6,9	
REJEITO	21.553,1	95.007,3	17,29	19,67	15,41	58,6	44,7	71,8	93,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 13				DATA:		14	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com altura da camada de espuma = 145 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					36,5	
				** Soda (g/t)					946,2	
				** Collamil (g/t)					166,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,7	
** Hidrocol (g/t)					141,9					
** KE - 883 (g/t)					66,9					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,97	
				** Água de lavagem					0,20	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					0,00	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							145,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,5	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							38,6			
* Bias							0,96			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.780,0	129.954,0	22,30	16,50	9,41	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	16.882,0	76.308,7	29,54	11,83	1,67	45,9	60,8	32,9	8,2	
REJEITO	19.898,0	113.366,1	16,16	20,46	15,97	54,1	39,2	67,1	91,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA												
TESTE Nº:		CR - 14		DATA:		14		Agosto		97		
TIPO DE COLUNA: RECHEIO												
OBJETIVO: Realizar a flotação com altura da camada de espuma = 195 cm.												
CONDIÇÕES OPERACIONAIS												
E T A P A		VARIÁVEIS									VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)									58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)									38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)						9,2		
				** Percentagem de sólidos (%)						38,5		
				** Soda (g/t)						946,2		
				** Collamil (g/t)						166,4		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)						13,4		
				** Percentagem de sólidos (%)						37,7		
** Hidrocol (g/t)						141,9						
** KE - 883 (g/t)						67,7						
		** pH						11,6				
		* Água de diluição (l/h)									32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar						3,99		
				** Água de lavagem						0,17		
				** Polpa						0,37		
				** Bias						0,04		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)									28,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)									195,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)									8,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)									—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)									4,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)									—	
* "Hold up" do ar (%)									37,5			
* Bias									1,05			
RESULTADOS												
PRODUTO		VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
		SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO		36.780,0	129.960,0	21,76	16,43	9,23	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO		20.045,1	58.420,0	28,30	11,56	1,71	54,5	70,9	38,4	10,1		
REJEITO		16.734,9	120.431,1	13,92	22,25	18,25	45,5	29,1	61,6	89,9		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 15				DATA:		14	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com altura da camada de espuma = 250 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Soda (g/t)					929,9	
				** Collamil (g/t)					166,4	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,7	
				** Hidrocol (g/t)					141,9	
				** KE - 883 (g/t)					67,7	
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,96	
				** Água de lavagem					0,17	
				** Polpa					0,39	
				** Bias					0,05	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							250,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							37,2	
		* Bias							1,09	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	36.780,0	129.954,0	21,67	16,45	9,18	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	20.155,4	55.608,4	27,96	12,46	2,06	54,8	70,7	41,5	12,3	
REJEITO	16.624,6	125.317,8	14,05	21,29	17,82	45,2	29,3	58,5	87,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CR - 16 DATA: 14 Agosto 97

TIPO DE COLUNA: RECHEIO

OBJETIVO: Realizar a flotação com altura da camada de espuma = 305 cm.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		58,8
	* Percentagem de sólidos (%)		38,5
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	9,2
		** Percentagem de sólidos (%)	38,5
		** Soda (g/t)	929,9
		** Collamil (g/t)	166,4
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	13,4
		** Percentagem de sólidos (%)	37,7
** Hidrocol (g/t)		141,9	
** KE - 883 (g/t)		67,7	
** pH		11,6	
* Água de diluição (l/h)		32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	3,98
		** Água de lavagem	0,19
		** Polpa	0,44
		** Bias	0,09
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		28,3
	* Altura da camada de espuma (cm)		305,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		4,6
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		2,8
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		—
	* "Hold up" do ar (%)		38,5
* Bias		1,23	

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	36.780,0	129.954,0	22,45	17,42	9,18	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	13.829,3	42.253,7	31,86	12,86	1,92	37,6	53,4	27,8	7,9
REJEITO	22.950,7	143.644,1	16,78	20,16	13,56	62,4	46,6	72,2	92,1

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA									
TESTE Nº:		CR - 17				DATA:	28	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO							
OBJETIVO:		Realizar a flotação sem adição de água de lavagem.							
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)						41,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)				41,5	
				** Soda (g/t)				1.513,0	
				** Collamil (g/t)				138,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)				40,5	
** Hidrocol (g/t)				129,7					
** KE - 883 (g/t)				60,5					
		** pH				11,5			
		* Água de diluição (l/h)						32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				3,96	
				** Água de lavagem				0,03	
				** Polpa				0,28	
				** Bias				-0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)						250,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)						9,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—	
* "Hold up" do ar (%)						41,1			
* Bias						0,77			
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.090,0	22,88	18,05	9,74	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	22.818,7	48.490,5	30,10	7,94	1,27	54,8	72,1	24,1	7,2
REJEITO	18.821,3	94.100,5	14,12	30,30	20,00	45,2	27,9	75,9	92,8

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº:	CR - 18		DATA:	28	Agosto	97			
TIPO DE COLUNA:	RECHEIO								
OBJETIVO:	Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,11 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
ETAPA	VARIÁVEIS					VALOR			
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)					58,8			
	* Percentagem de sólidos (%)					41,5			
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)				9,0			
		** Percentagem de sólidos (%)				41,5			
		** Soda (g/t)				1.513,0			
		** Collamil (g/t)				139,8			
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)				13,1			
		** Percentagem de sólidos (%)				40,5			
		** Hidrocol (g/t)				126,8			
** KE - 883 (g/t)				62,7					
** pH					11,5				
* Água de diluição (l/h)					32,4				
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar				3,96			
		** Água de lavagem				0,11			
		** Polpa				0,33			
		** Bias				0,00			
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					30,8			
	* Altura da camada de espuma (cm)					250,0			
	* Tempo de residência da polpa (min)					7,6			
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—			
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					4,5			
	* Diâmetro médio de bolha (mm)					—			
	* "Hold up" do ar (%)					39,2			
	* Bias					0,93			
	RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.102,0	22,63	17,83	9,85	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	22.277,4	55.264,0	30,58	8,35	1,21	53,5	72,3	25,0	6,6
REJEITO	19.362,6	111.739,8	13,49	28,73	19,78	46,5	27,7	75,0	93,4

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 19				DATA:		28	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,13 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						58,8		
		* Percentagem de sólidos (%)						41,5		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				41,5		
				** Soda (g/t)				1.513,0		
				** Collamil (g/t)				139,8		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				40,5		
** Hidrocol (g/t)				126,8						
** KE - 883 (g/t)				62,7						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						32,4		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				3,96		
				** Água de lavagem				0,13		
				** Polpa				0,35		
				** Bias				0,01		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,8		
		* Altura da camada de espuma (cm)						250,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						7,5		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,7		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						37,9				
* Bias						0,97				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.102,0	22,74	18,00	9,78	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	22.818,7	58.586,1	30,30	8,60	1,21	54,8	73,0	26,2	6,8	
REJEITO	18.821,3	115.845,3	13,56	29,40	20,17	45,2	27,0	73,8	93,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 20				DATA:		28	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,22 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,5	
				** Soda (g/t)					1.513,0	
				** Collamil (g/t)					139,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
** Hidrocol (g/t)					125,4					
** KE - 883 (g/t)					60,5					
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,96	
				** Água de lavagem					0,22	
				** Polpa					0,43	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							250,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							37,2			
* Bias							1,20			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.078,0	22,90	17,97	9,79	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	23.276,8	60.964,0	30,07	7,91	1,30	55,9	73,4	24,6	7,4	
REJEITO	18.363,2	139.521,9	13,82	30,71	20,55	44,1	26,6	75,4	92,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 21				DATA:		28	Agosto	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,36 cm/s.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							58,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							41,5	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					41,5	
				** Soda (g/t)					1.513,0	
				** Collamil (g/t)					139,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					40,6	
				** Hidrocol (g/t)					125,4	
				** KE - 883 (g/t)					57,6	
		** pH					11,5			
		* Água de diluição (l/h)							32,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,96	
				** Água de lavagem					0,36	
				** Polpa					0,53	
				** Bias					0,20	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							250,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							5,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							5,0	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							34,9			
* Bias							1,49			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.054,0	22,67	18,03	9,72	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	24.692,5	70.795,0	29,05	8,86	1,37	59,3	76,0	29,1	8,4	
REJEITO	16.947,5	168.996,3	13,38	31,40	21,88	40,7	24,0	70,9	91,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº:	CR - 22		DATA:	28	Agosto	97			
TIPO DE COLUNA:	RECHEIO								
OBJETIVO: Realizar a flotação com velocidade superficial de água de lavagem = 0,49 cm/s.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
ETAPA	VARIÁVEIS					VALOR			
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)					58,8			
	* Percentagem de sólidos (%)					41,5			
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)				9,0			
		** Percentagem de sólidos (%)				41,5			
		** Soda (g/t)				1.513,0			
		** Collamil (g/t)				139,8			
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)				13,1			
		** Percentagem de sólidos (%)				40,6			
		** Hidrocol (g/t)				125,4			
** KE - 883 (g/t)				57,6					
** pH					11,5				
* Água de diluição (l/h)					32,4				
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar				3,96			
		** Água de lavagem				0,49			
		** Polpa				0,65			
		** Bias				0,31			
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					30,8			
	* Altura da camada de espuma (cm)					250,0			
	* Tempo de residência da polpa (min)					4,2			
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—			
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					4,9			
	* Diâmetro médio de bolha (mm)					—			
	* "Hold up" do ar (%)					35,0			
	* Bias					1,80			
	RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	41.640,0	135.054,0	22,53	17,61	9,97	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	24.192,8	77.426,0	28,95	9,29	1,69	58,1	74,7	30,6	9,8
REJEITO	17.447,2	202.405,8	13,62	29,15	21,47	41,9	25,3	69,4	90,2

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 23				DATA:		9	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 19,1 % de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)							60,6		
	* Percentagem de sólidos (%)							38,9		
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							8,9	
		** Percentagem de sólidos (%)							38,9	
		** Soda (g/t)							1.788,5	
		** Collamil (g/t)							155,5	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							12,9	
		** Percentagem de sólidos (%)							38,0	
		** Hidrocol (g/t)							136,9	
		** KE - 883 (g/t)							63,0	
		** pH							11,5	
	* Água de diluição (l/h)							100,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							3,96	
		** Água de lavagem							0,33	
		** Polpa							0,82	
		** Bias							0,24	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							19,1		
	* Altura da camada de espuma (cm)							250,0		
	* Tempo de residência da polpa (min)							3,5		
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—		
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,4		
	* Diâmetro médio de bolha (mm)							—		
	* "Hold up" do ar (%)							32,7		
	* Bias							1,38		
	RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.580,0	201.684,0	23,06	16,03	10,50	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	16.550,8	42.767,9	32,24	9,14	1,18	42,9	60,0	24,5	4,8	
REJEITO	22.029,2	256.053,5	16,16	21,21	17,49	57,1	40,0	75,5	95,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 24				DATA:		9	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 24,0 % de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,4	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					39,4	
				** Soda (g/t)					1.633,0	
				** Collamil (g/t)					158,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Hidrocol (g/t)					136,9	
				** KE - 883 (g/t)					64,5	
		** pH					11,5			
		* Água de diluição (l/h)							60,6	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,96	
				** Água de lavagem					0,22	
				** Polpa					0,57	
				** Bias					0,13	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							24,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							253,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							4,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							33,0			
* Bias							1,25			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.580,0	160.848,0	23,16	16,36	10,43	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	16.512,2	41.610,1	32,64	8,55	1,16	42,8	60,3	22,4	4,8	
REJEITO	22.067,8	183.030,8	16,07	22,20	17,36	57,2	39,7	77,6	95,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 25				DATA:		9	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 29,0 % de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							59,4	
		* Percentagem de sólidos (%)							39,4	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					36,4	
				** Soda (g/l)					1.633,0	
				** Collamil (g/l)					158,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,5	
				** Hidrocol (g/l)					136,9	
				** KE - 883 (g/l)					64,5	
		** pH							11,6	
		* Água de diluição (l/h)							33,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,97	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,49	
				** Bias					0,15	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,0	
		* Altura da camada de espuma (cm)							240,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							5,7	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							36,3	
		* Bias							1,35	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.580,0	133.248,0	22,67	16,26	10,21	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.209,8	46.987,4	31,96	9,88	1,06	47,2	66,5	28,7	4,9	
REJEITO	20.370,2	157.734,2	14,36	21,96	18,39	52,8	33,5	71,3	95,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 26				DATA:		9	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 33,3 % de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					8,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,9	
				** Soda (g/t)					1.866,3	
				** Collamil (g/t)					155,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					12,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,0	
				** Hidrocol (g/t)					136,9	
				** KE - 883 (g/t)					63,0	
				** pH					11,6	
		* Água de diluição (l/h)							14,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,97	
				** Água de lavagem					0,24	
				** Polpa					0,42	
				** Bias					0,14	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							33,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							240,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							4,0	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							38,9			
* Bias							1,39			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.580,0	115.914,0	23,06	16,06	10,43	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	19.791,5	50.575,7	30,95	9,67	1,10	51,3	66,9	30,8	5,4	
REJEITO	18.788,5	136.842,6	14,75	22,83	20,26	48,7	31,1	69,2	94,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 27				DATA:		9	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 38,0 % de sólidos na alimentação da coluna.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						60,6		
		* Percentagem de sólidos (%)						38,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				8,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,9		
				** Soda (g/t)				1.866,3		
				** Collamil (g/t)				155,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				12,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,0		
** Hidrocol (g/t)				136,9						
** KE - 883 (g/t)				63,0						
		** pH				11,5				
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				3,97		
				** Água de lavagem				0,20		
				** Polpa				0,33		
				** Bias				0,10		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						38,0		
		* Altura da camada de espuma (cm)						240,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						8,0		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						4,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						39,0				
* Bias						1,31				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.580,0	101.514,0	23,13	16,23	10,40	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	19.907,3	50.991,5	30,86	9,79	1,01	51,6	68,8	31,1	5,0	
REJEITO	18.672,7	110.404,3	14,89	23,10	20,40	48,4	31,2	68,9	95,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE N°: CR - 28 DATA: 16 Setembro 97

TIPO DE COLUNA: RECHEIO

OBJETIVO: Realizar a flotação com uma taxa de alimentação de sólidos = 21,3 kg/h.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		29,4
	* Percentagem de sólidos (%)		42,0
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	18,0
		** Percentagem de sólidos (%)	42,0
		** Soda (g/t)	1.971,8
		** Collamil (g/t)	140,8
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	26,0
		** Percentagem de sólidos (%)	41,0
** Hidrocol (g/t)		118,3	
** KE - 883 (g/t)		56,3	
	** pH	11,4	
	* Água de diluição (l/h)		0,0
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	3,97
		** Água de lavagem	0,26
		** Polpa	0,15
		** Bias	0,04
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		41,0
	* Altura da camada de espuma (cm)		270,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		12,4
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		2,4
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		—
* "Hold up" do ar (%)		50,2	
* Bias		1,23	

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	21.300,0	51.912,0	22,69	16,07	10,09	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	11.715,0	76.869,0	28,22	12,17	1,06	55,0	68,4	41,6	5,9
REJEITO	9.585,0	52.116,5	15,94	20,85	21,10	45,0	31,6	58,4	94,1

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 29				DATA:		16	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com uma taxa de alimentação de sólidos = 28,1 kg/h.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						45,6		
		* Percentagem de sólidos (%)						38,2		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				11,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				36,2		
				** Soda (g/t)				1.919,0		
				** Collamil (g/t)				162,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				17,3		
				** Percentagem de sólidos (%)				37,3		
** Hidrocol (g/t)				138,6						
** KE - 883 (g/t)				61,8						
		** pH				11,6				
		* Água de diluição (l/h)						0,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				3,96		
				** Água de lavagem				0,26		
				** Polpa				0,33		
				** Bias				0,15		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						37,3		
		* Altura da camada de espuma (cm)						245,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						8,1		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						3,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						37,4				
* Bias						1,72				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.140,0	75.474,0	22,23	15,76	10,30	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	15.448,9	46.346,6	28,85	10,46	1,07	54,9	71,3	36,4	5,7	
REJEITO	12.691,1	104.498,1	14,17	22,21	21,54	45,1	28,7	63,6	94,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 30				DATA:		16	Setembro	97
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com uma taxa de alimentação de sólidos = 37,8 kg/h.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							60,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							38,7	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					9,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					38,7	
				** Soda (g/t)					1.825,4	
				** Collamil (g/t)					155,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					13,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					37,8	
				** Hidrocol (g/t)					138,1	
				** KE - 883 (g/t)					64,3	
		** pH					11,6			
		* Água de diluição (l/h)							0,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					3,96	
				** Água de lavagem					0,27	
				** Polpa					0,39	
				** Bias					0,16	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							37,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							250,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							6,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							3,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							38,8			
* Bias							1,57			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	37.800,0	100.086,0	22,21	16,36	10,70	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	18.333,0	50.360,1	30,22	9,14	1,06	48,5	66,0	27,1	4,8	
REJEITO	19.467,0	129.012,1	14,66	23,15	19,79	51,5	34,0	72,9	95,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CR - 31		DATA: 16 Setembro 97							
TIPO DE COLUNA: RECHEIO									
OBJETIVO: Realizar a flotação com uma taxa de alimentação de sólidos = 48,2 kg/h.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR						
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		74,4						
	* Percentagem de sólidos (%)		39,3						
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	7,2						
		** Percentagem de sólidos (%)	39,3						
		** Soda (g/t)	1.865,7						
		** Collamil (g/t)	156,7						
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	10,5						
		** Percentagem de sólidos (%)	38,4						
		** Hidrocol (g/t)	136,8						
** KE - 883 (g/t)		63,4							
	** pH	11,6							
* Água de diluição (l/h)		0,0							
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	3,96						
		** Água de lavagem	0,26						
		** Polpa	0,43						
		** Bias	0,14						
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		38,4						
	* Altura da camada de espuma (cm)		250,0						
	* Tempo de residência da polpa (min)		6,0						
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—						
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		4,7						
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		—						
	* "Hold up" do ar (%)		38,7						
	* Bias		1,37						
	RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	48.240,0	125.568,0	23,14	15,71	10,63	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	22.865,8	57.388,2	31,61	8,11	0,94	47,4	64,8	24,5	4,2
REJEITO	25.374,2	143.323,3	15,50	22,56	19,36	52,6	35,2	75,5	95,8

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CR - 32		DATA: 16 Setembro 97							
TIPO DE COLUNA: RECHEIO									
OBJETIVO: Realizar a flotação com uma taxa de alimentação de sólidos = 60,9 kg/h.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR						
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		86,4						
	* Percentagem de sólidos (%)		41,3						
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	6,1						
		** Percentagem de sólidos (%)	41,3						
		** Soda (g/t)	1.773,4						
		** Collamil (g/t)	142,9						
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	8,9						
		** Percentagem de sólidos (%)	40,4						
		** Hidrocol (g/t)	125,1						
** KE - 883 (g/t)		56,7							
	** pH	11,6							
	* Água de diluição (l/h)		0,0						
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	3,96						
		** Água de lavagem	0,31						
		** Polpa	0,51						
		** Bias	0,17						
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		40,4						
	* Altura da camada de espuma (cm)		250,0						
	* Tempo de residência da polpa (min)		5,0						
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—						
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		5,5						
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		—						
	* "Hold up" do ar (%)		38,1						
	* Bias		1,40						
	RESULTADOS								
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)		DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	60.900,0	150.702,0	22,58	16,08	10,16	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	26.796,0	65.596,2	32,65	6,95	0,92	44,0	63,6	19,0	4,0
REJEITO	34.104,0	175.087,5	14,67	23,25	17,41	56,0	36,4	81,0	96,0

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 33				DATA:		29	Janeiro	98
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com a amostra da Arafertil utilizando as melhores condições .								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						59,4		
		* Percentagem de sólidos (%)						39,3		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				9,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				39,3		
				** Soda (g/t)				1.716,1		
				** Collamil (g/t)				143,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				13,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				38,4		
** Hidrocol (g/t)				138,8						
** KE - 883 (g/t)				63,2						
		** pH				11,7				
		* Água de diluição (l/h)						32,7		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				3,99		
				** Água de lavagem				0,00		
				** Polpa				0,21		
				** Bias				-0,13		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						29,0		
		* Altura da camada de espuma (cm)						190,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						13,6		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						3,5		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
* "Hold up" do ar (%)						44,1				
* Bias						0,59				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	38.460,0	132.792,0	20,09	22,99	12,97	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	17.114,7	54.453,5	30,69	10,49	1,34	44,5	68,0	20,3	4,6	
REJEITO	21.345,3	77.189,5	11,59	33,01	22,30	55,5	32,0	79,7	95,4	

ANEXO – IA

COLUNA CONVENCIONAL

AMOSTRA DA FOSFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 35				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 307,1 g/t do coletor Hidrocol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,5	
** Hidrocol (g/t)					307,1					
** KE - 883 (g/t)					50,5					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,17	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,42	
				** Bias					0,15	
				* Altura da camada de espuma (cm)					45,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					9,5	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					2,1	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,68	
				* "Hold up" do ar (%)					23,8	
				* Bias					1,48	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.356,0	10,93	9,49	20,36	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	9.741,6	17.065,4	29,39	3,22	6,80	32,8	88,2	11,1	11,0	
REJEITO	19.958,4	131.398,7	1,91	12,55	26,98	67,2	11,8	88,9	89,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 36				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 355,6 g/t do coletor Hidrocol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,4	
** Hidrocol (g/t)					355,6					
** KE - 883 (g/t)					49,5					
		** pH					9,2			
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,17	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,14	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							24,0			
* Bias							1,46			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.422,0	10,91	9,75	20,12	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.038,6	17.603,9	28,80	3,71	6,28	33,8	89,2	12,9	10,5	
REJEITO	19.661,4	130.008,6	1,78	12,83	27,20	66,2	10,8	87,1	89,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 37				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 408,1 g/t do coletor Hidrocol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,4	
** Hidrocol (g/t)					408,1					
** KE - 883 (g/t)					49,5					
		** pH					9,2			
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,15	
				** Polpa					0,40	
				** Bias					0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							40,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							24,2			
* Bias							1,40			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.500,0	10,88	9,73	20,02	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.513,8	18.428,7	28,02	4,02	6,93	35,4	91,1	14,6	12,3	
REJEITO	19.186,2	125.041,1	1,49	12,85	27,19	64,6	8,9	85,4	87,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 38				DATA:		7	Abril	96
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 456,6 g/l do coletor Hidrocol.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
ETAPA		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						31,2		
		* Percentagem de sólidos (%)						48,8		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,0		
				** Percentagem de sólidos (%)				48,8		
				** Soda (g/l)				0,0		
				** Collamil (g/l)				303,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				47,3		
** Hidrocol (g/l)				456,6						
** KE - 883 (g/l)				50,5						
		** pH				9,2				
		* Água de diluição (l/h)						37,8		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,38		
				** Água de lavagem				0,15		
				** Polpa				0,39		
				** Bias				0,12		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						29,5		
		* Altura da camada de espuma (cm)						43,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,1		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,3		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,68		
* "Hold up" do ar (%)						24,3				
* Bias						1,38				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.578,0	10,82	9,71	19,92	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.751,4	19.225,2	27,38	4,49	7,13	36,2	91,6	16,8	13,0	
REJEITO	18.948,6	123.165,9	1,43	12,67	27,18	63,8	8,4	83,2	87,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 39				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 25,3 g/t do coletor sintético KE-883.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,5	
** Hidrocol (g/t)					396,0					
** KE - 883 (g/t)					25,3					
		** pH					9,1			
		* Água de diluição (l/h)							37,5	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,7	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,66	
* "Hold up" do ar (%)							25,5			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.038,0	10,77	9,61	19,93	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.216,8	16.505,8	27,92	3,81	6,48	34,4	89,1	13,6	11,2	
REJEITO	19.483,2	114.854,7	1,78	12,65	26,98	65,6	10,9	86,4	88,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 40				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 49,5 g/t do coletor sintético KE-883.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
ETAPA		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,4	
				** Hidrocol (g/t)					408,1	
				** KE - 883 (g/t)					49,5	
				** pH					9,2	
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,15	
				** Polpa					0,40	
				** Bias					0,12	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							40,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,1	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							24,2			
* Bias							1,40			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.500,0	10,88	9,73	20,02	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.513,8	18.428,7	28,02	4,02	6,93	35,4	91,1	14,6	12,3	
REJEITO	19.186,2	125.041,1	1,49	12,85	27,19	64,6	8,9	85,4	87,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 41				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 74,7 g/l do coletor sintético KE-883.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/l)					0,0	
				** Collamil (g/l)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,3	
** Hidrocol (g/l)					404,0					
** KE - 883 (g/l)					74,7					
		** pH					9,1			
		* Água de diluição (l/h)							37,5	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,12	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,67	
* "Hold up" do ar (%)							24,6			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.344,0	10,76	9,81	19,66	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.870,2	18.904,2	27,04	4,31	6,94	36,6	92,0	16,1	12,9	
REJEITO	18.829,8	114.628,5	1,36	12,96	27,00	63,4	8,0	83,9	87,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 42				DATA:		7	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 101,0 g/t do coletor sintético KE-883.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,8	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					303,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,1	
** Hidrocol (g/t)					400,0					
** KE - 883 (g/t)					101,0					
		** pH					9,1			
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,21	
				** Polpa					0,45	
				** Bias					0,18	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,4	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,70	
* "Hold up" do ar (%)							22,6			
* Bias							1,58			
R E S U L T A D O S										
P R O D U T O	V A Z ã O (g/h)		T E O R (%)			D I S T R I B U I Ç ã O (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.700,0	100.794,0	10,75	9,46	19,97	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	11.315,7	20.074,0	25,94	5,06	7,50	38,1	91,9	20,4	14,3	
REJEITO	18.384,3	139.012,4	1,40	12,16	27,64	61,9	8,1	79,6	85,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 43				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 369,9 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					369,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					46,4	
** Hidrocol (g/t)					418,0					
** KE - 883 (g/t)					52,2					
		** pH					9,1			
		* Água de diluição (l/h)							38,7	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							43,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							23,9			
* Bias							1,23			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.572,0	10,24	9,06	19,21	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.737,5	19.668,8	25,07	4,14	6,47	37,4	91,5	17,1	12,6	
REJEITO	17.972,5	111.439,4	1,39	12,00	26,82	62,6	8,5	82,9	87,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 44				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 413,8 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					413,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					46,3	
** Hidrocol (g/t)					422,2					
** KE - 883 (g/t)					50,2					
		** pH					9,1			
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,10	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							43,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,3	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,67	
* "Hold up" do ar (%)							24,5			
* Bias							1,22			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.392,0	10,25	9,26	19,07	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	9.991,1	18.123,1	26,66	3,94	6,77	34,8	90,5	14,8	12,4	
REJEITO	18.718,9	111.065,6	1,49	12,11	25,64	65,2	9,5	85,2	87,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 45				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 472,3 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						31,2		
		* Percentagem de sólidos (%)						47,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				47,9		
				** Soda (g/t)				0,0		
				** Collamil (g/t)				472,3		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				46,2		
				** Hidrocol (g/t)				426,3		
** KE - 883 (g/t)				49,1						
** pH						9,1				
* Água de diluição (l/h)						38,4				
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,38		
				** Água de lavagem				0,09		
				** Polpa				0,33		
				** Bias				0,06		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						28,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						40,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						11,9		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,67		
* "Hold up" do ar (%)						24,8				
* Bias						1,17				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.560,0	10,06	9,02	18,81	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	9.962,4	17.761,5	26,34	3,91	6,84	34,7	90,9	15,0	12,6	
REJEITO	18.747,6	107.129,3	1,40	11,73	25,17	65,3	9,1	85,0	87,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 46				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com adição de 524,6 g/t de Collamil.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					524,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					46,1	
** Hidrocol (g/t)					426,3					
** KE - 883 (g/t)					49,1					
		** pH					9,2			
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							42,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,67	
* "Hold up" do ar (%)							24,5			
* Bias							1,27			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.710,0	10,26	9,38	18,94	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.077,2	17.882,7	26,66	3,81	8,19	35,1	91,2	14,3	15,2	
REJEITO	18.632,8	114.846,6	1,39	12,39	24,75	64,9	8,8	85,7	84,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CC - 47		DATA: 16		Abril		98			
TIPO DE COLUNA: CONVENCIONAL									
OBJETIVO: Realizar a flotação em pH = 9,1.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS					VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)					31,2		
		* Percentagem de sólidos (%)					47,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)			16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)			47,9		
				** Soda (g/l)			0,0		
				** Collamil (g/l)			413,8		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)			23,0		
				** Percentagem de sólidos (%)			46,3		
				** Hidrocol (g/l)			422,2		
				** KE - 883 (g/l)			50,2		
		** pH			9,1				
		* Água de diluição (l/h)					38,4		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar			1,38		
				** Água de lavagem			0,10		
				** Polpa			0,35		
				** Bias			0,07		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					28,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)					43,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)					11,3		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					2,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,67		
		* "Hold up" do ar (%)					24,5		
		* Bias					1,22		
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.392,0	10,25	9,26	19,07	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	9.991,1	18.123,1	26,66	3,94	6,77	34,8	90,5	14,8	12,4
REJEITO	18.718,9	111.065,6	1,49	12,11	25,64	65,2	9,5	85,2	87,6

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 48				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA: CONVENCIONAL										
OBJETIVO: Realizar a flotação em pH = 9,6.										
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/l)					133,8	
				** Collamil (g/l)					413,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					46,0	
** Hidrocol (g/l)					418,0					
** KE - 883 (g/l)					51,2					
		** pH					9,6			
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,16	
				** Polpa					0,41	
				** Bias					0,14	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,5	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							23,7			
* Bias							1,44			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	100.776,0	10,15	9,33	18,75	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.278,2	17.981,9	26,25	3,77	7,15	35,8	92,6	14,5	13,7	
REJEITO	18.431,8	129.022,7	1,18	12,44	25,21	64,2	7,4	85,5	86,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 49				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 10,0.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/l)					271,7	
				** Collamil (g/l)					409,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,6	
				** Percentagem de sólidos (%)					45,7	
** Hidrocol (g/l)					418,0					
** KE - 883 (g/l)					51,2					
		** pH					10,0			
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,4	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,67	
* "Hold up" do ar (%)							24,4			
* Bias							1,24			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	101.160,0	10,15	9,23	18,79	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.536,6	17.686,4	25,35	3,68	8,13	36,7	91,7	14,6	15,9	
REJEITO	18.173,4	113.145,9	1,34	12,44	24,97	63,3	8,3	85,4	84,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE N°:		CC - 50				DATA:		16	Abril	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação em pH = 10,5.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							47,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
				** Soda (g/t)					313,5	
				** Collamil (g/t)					409,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					45,7	
				** Hidrocol (g/t)					418,0	
				** KE - 883 (g/t)					51,2	
				** pH					10,5	
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,10	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							28,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							23,8			
* Bias							1,19			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	28.710,0	101.280,0	10,09	9,03	18,82	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	13.378,9	22.501,7	20,11	3,99	11,35	46,6	92,9	20,6	28,1	
REJEITO	15.331,1	106.853,4	1,34	13,43	25,33	53,4	7,1	79,4	71,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 51				DATA:		6	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 40 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)							30,9		
	* Percentagem de sólidos (%)							49,7		
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)							16,1	
		** Percentagem de sólidos (%)							49,7	
		** Soda (g/t)							120,1	
		** Collamil (g/t)							401,6	
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)							22,6	
		** Percentagem de sólidos (%)							47,7	
		** Hidrocol (g/t)							409,4	
		** KE - 883 (g/t)							48,2	
	** pH							9,8		
	* Água de diluição (l/h)							60,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar							1,38	
		** Água de lavagem							0,10	
		** Polpa							0,42	
		** Bias							0,07	
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							24,6		
	* Altura da camada de espuma (cm)							40,0		
	* Tempo de residência da polpa (min)							9,5		
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—		
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,4		
	* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,69		
	* "Hold up" do ar (%)							23,5		
	* Bias							1,17		
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.480,0	123.888,0	10,55	9,31	19,00	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	11.399,5	19.836,8	26,45	3,75	6,23	37,4	93,8	15,0	12,3	
REJEITO	19.080,5	132.905,8	1,05	12,64	26,64	62,6	6,2	85,0	87,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 52				DATA:		6	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 60 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,9		
		* Percentagem de sólidos (%)						49,7		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				49,7		
				** Soda (g/t)				120,1		
				** Collamil (g/t)				395,7		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,6		
				** Percentagem de sólidos (%)				47,7		
** Hidrocol (g/t)				413,4						
** KE - 883 (g/t)				47,2						
		** pH						9,8		
		* Água de diluição (l/h)						60,0		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,38		
				** Água de lavagem				0,03		
				** Polpa				0,35		
				** Bias				0,00		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						24,6		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,5		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,3		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,67		
* "Hold up" do ar (%)						25,2				
* Bias						0,97				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.480,0	123.870,0	10,49	9,73	18,56	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.668,0	20.666,4	27,70	3,28	6,16	35,0	92,4	11,8	11,6	
REJEITO	19.812,0	112.852,9	1,22	13,21	25,24	65,0	7,6	88,2	88,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 53				DATA:		6	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 80 cm de camada de espuma.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,9	
		* Percentagem de sólidos (%)							49,7	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,7	
				** Soda (g/t)					120,1	
				** Collamil (g/t)					395,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,6	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,7	
** Hidrocol (g/t)					405,5					
** KE - 883 (g/t)					47,2					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							60,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,20	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					-0,02	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							24,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							80,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,67	
* "Hold up" do ar (%)							25,7			
* Bias							0,92			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.480,0	123.858,0	10,53	9,61	18,81	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.546,1	72.851,9	27,56	3,20	6,30	34,6	90,6	11,5	11,6	
REJEITO	19.933,9	108.516,4	1,52	13,00	25,42	65,4	9,4	88,5	88,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 54				DATA:		15	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 7,7 min.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
				** Soda (g/t)					0,0	
				** Collamil (g/t)					426,0	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,0	
** Hidrocol (g/t)					0,0					
** KE - 883 (g/t)					60,9					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,07	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,32	
				** Bias					0,06	
				* Altura da camada de espuma (cm)					43,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					7,7	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					2,4	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,67	
				* "Hold up" do ar (%)					24,5	
				* Bias					1,12	
				RESULTADOS						
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.580,0	100.800,0	10,43	8,80	18,31	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	11.299,6	18.895,3	26,46	3,08	7,16	38,2	96,9	13,4	14,9	
REJEITO	18.280,4	102.217,6	0,53	12,33	25,20	61,8	3,1	86,6	85,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA									
TESTE Nº:		CC - 55				DATA:	15	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL							
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 9,6 min.							
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						31,8	
		* Percentagem de sólidos (%)						48,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				15,8	
				** Percentagem de sólidos (%)				48,2	
				** Soda (g/l)				125,8	
				** Collamil (g/l)				415,8	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,3	
				** Percentagem de sólidos (%)				46,3	
				** Hidrocol (g/l)				409,7	
				** KE - 883 (g/l)				49,7	
		** pH				9,5			
		* Água de diluição (l/h)						37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				1,38	
				** Água de lavagem				0,10	
				** Polpa				0,35	
				** Bias				0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						29,1	
		* Altura da camada de espuma (cm)						45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)						9,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,68	
* "Hold up" do ar (%)						23,9			
* Bias						1,20			
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	29.580,0	101.682,0	10,43	7,91	18,71	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	11.003,8	19.196,0	26,96	3,27	7,08	37,2	96,2	15,4	14,1
REJEITO	18.576,2	110.169,4	0,64	10,66	25,60	62,8	3,8	84,6	85,9

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 56				DATA:		15	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com tempo de residência = 10,8 min.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,8	
		* Percentagem de sólidos (%)							48,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
				** Soda (g/t)					121,7	
				** Collamil (g/t)					421,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					46,3	
** Hidrocol (g/t)					413,8					
** KE - 883 (g/t)					51,7					
		** pH					9,6			
		* Água de diluição (l/h)							36,6	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					1,38	
				** Água de lavagem					0,13	
				** Polpa					0,37	
				** Bias					0,10	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,4	
		* Altura da camada de espuma (cm)							45,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,8	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,68	
* "Hold up" do ar (%)							23,5			
* Bias							1,30			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.580,0	100.506,0	10,47	7,74	18,80	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.441,7	18.557,3	28,42	3,29	6,66	35,3	95,8	15,0	12,9	
REJEITO	19.138,3	117.106,4	0,68	10,17	25,32	64,7	4,2	85,0	87,1	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CC - 57		DATA: 23		Julho		98			
TIPO DE COLUNA: CONVENCIONAL									
OBJETIVO: Realizar a flotação com a amostra da Fosfertil utilizando as melhores condições.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS					VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)					30,0		
		* Percentagem de sólidos (%)					50,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)			16,5		
				** Percentagem de sólidos (%)			50,1		
				** Soda (g/t)			99,5		
				** Collamil (g/t)			419,9		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)			23,2		
				** Percentagem de sólidos (%)			48,2		
** Hidrocol (g/t)				413,9					
** KE - 883 (g/t)				43,8					
		** pH			9,9				
		* Água de diluição (l/h)					37,5		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar			0,88		
				** Água de lavagem			0,07		
				** Polpa			0,31		
				** Bias			0,04		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					30,1		
		* Altura da camada de espuma (cm)					60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)					11,5		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					2,2		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,46		
* "Hold up" do ar (%)					26,8				
* Bias					1,12				
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.104,0	10,61	9,29	19,25	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	10.190,7	18.076,0	28,69	2,87	4,66	33,8	91,5	10,4	8,2
REJEITO	19.959,3	102.354,4	1,37	12,57	26,69	66,2	8,5	89,6	91,8

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CC - 58				DATA:		4	Agosto	98
TIPO DE COLUNA:		CONVENCIONAL								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com a amostra da Fosfertil utilizando as melhores condições sem recheio.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							31,2	
		* Percentagem de sólidos (%)							49,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,0	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,2	
				** Soda (g/t)					99,2	
				** Collamil (g/t)					410,7	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,3	
** Hidrocol (g/t)					412,7					
** KE - 883 (g/t)					50,6					
		** pH					9,8			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,10	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,9	
		* Altura da camada de espuma (cm)							100,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,6	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,46	
* "Hold up" do ar (%)							26,4			
* Bias							1,29			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.240,0	101.112,0	9,52	10,14	21,02	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	7.832,2	12.834,9	32,39	2,64	3,96	25,9	88,1	6,7	4,9	
REJEITO	22.407,8	118.307,8	1,53	12,76	26,99	74,1	11,9	93,3	95,1	

ANEXO – IIA

COLUNA AGITADA

AMOSTRA DA FOSFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 29				DATA:		23	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 0 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							50,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					50,1	
				** Soda (g/t)					99,5	
				** Collamil (g/t)					419,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
** Hidrocol (g/t)					413,9					
** KE - 883 (g/t)					43,8					
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,07	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%) * Altura da camada de espuma (cm) * Tempo de residência da polpa (min) * Rotação na coluna agitada (r.p.m.) * Capacidade de transporte (g/cm ² .min) * Diâmetro médio de bolha (mm) * "Hold up" do ar (%) * Bias		** Polpa					0,31	
				** Bias					0,04	
				* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					30,1	
				* Altura da camada de espuma (cm)					60,0	
				* Tempo de residência da polpa (min)					11,5	
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					0,0	
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					2,2	
				* Diâmetro médio de bolha (mm)					—	
				* "Hold up" do ar (%)					26,8	
				* Bias					1,12	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.104,0	10,61	9,29	19,25	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.190,7	18.076,0	28,69	2,87	4,66	33,8	91,5	10,4	8,2	
REJEITO	19.959,3	102.354,4	1,37	12,57	26,69	66,2	8,5	89,6	91,8	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CA - 30		DATA:		23		Julho		98	
TIPO DE COLUNA:		AGITADA									
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 100 rpm.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS								VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)								30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)								50,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)						16,5	
				** Percentagem de sólidos (%)						50,1	
				** Soda (g/l)						99,5	
				** Collamil (g/l)						415,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)						23,2	
				** Percentagem de sólidos (%)						48,2	
				** Hidrocol (g/l)						413,9	
				** KE - 883 (g/l)						43,8	
				** pH						9,8	
		* Água de diluição (l/h)								38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar						0,88	
				** Água de lavagem						0,07	
				** Polpa						0,32	
				** Bias						0,04	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)								29,9	
		* Altura da camada de espuma (cm)								60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)								11,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)								100,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)								2,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)								—	
		* "Hold up" do ar (%)								28,4	
		* Bias								1,12	
		RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.992,0	10,69	9,64	19,16	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	9.949,5	17.270,7	29,71	3,23	4,70	33,0	91,7	11,0	8,1		
REJEITO	20.200,5	103.295,8	1,32	12,80	26,28	67,0	8,3	89,0	91,9		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 31				DATA:		23	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 200 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							50,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					50,1	
				** Soda (g/t)					99,5	
				** Collamil (g/t)					413,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
** Hidrocol (g/t)					413,9					
** KE - 883 (g/t)					43,8					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							38,4	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,08	
				** Polpa					0,33	
				** Bias					0,05	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,9	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							200,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							2,2	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							28,2			
* Bias							1,15			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.986,0	10,70	9,48	19,29	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	10.100,3	16.847,8	29,11	3,24	4,80	33,5	91,1	11,4	8,3	
REJEITO	20.049,8	105.990,5	1,43	12,62	26,59	66,5	8,9	88,6	91,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 32				DATA:		23	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 300 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,0		
		* Percentagem de sólidos (%)						50,1		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,5		
				** Percentagem de sólidos (%)				50,1		
				** Soda (g/t)				99,5		
				** Collamii (g/t)				413,9		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				23,2		
** Percentagem de sólidos (%)				48,2						
** Hidrocol (g/t)				413,9						
** KE - 883 (g/t)				43,8						
				** pH				9,7		
		* Água de diluição (l/h)						38,4		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,88		
				** Água de lavagem				0,10		
				** Polpa				0,35		
				** Bias				0,06		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						29,9		
		* Altura da camada de espuma (cm)						60,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,2		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						300,0		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						2,1		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						—		
		* "Hold up" do ar (%)						27,5		
		* Bias						1,25		
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.986,0	10,77	9,64	19,29	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	9.798,8	16.512,3	29,95	2,86	4,46	32,5	90,4	9,7	7,5	
REJEITO	20.351,3	113.574,0	1,53	12,91	26,43	67,5	9,6	90,3	92,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 33				DATA:		23	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 400 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							50,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					50,1	
				** Soda (g/l)					101,5	
				** Collamil (g/l)					413,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
				** Hidrocol (g/l)					406,0	
				** KE - 883 (g/l)					43,8	
** pH							9,8			
* Água de diluição (l/h)							37,2			
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,08	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					0,06	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,6	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							400,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,3	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
		* "Hold up" do ar (%)							27,9	
		* Bias							1,20	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	99.780,0	10,65	9,59	19,15	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	6.150,6	11.595,3	37,77	0,70	0,97	20,4	72,4	1,5	1,0	
REJEITO	23.999,4	111.126,5	3,70	11,87	23,81	79,6	27,6	98,5	99,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CA - 34				DATA:		23	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		AGITADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com agitação = 500 rpm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							50,1	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,5	
				** Percentagem de sólidos (%)					50,1	
				** Soda (g/t)					101,5	
				** Collamil (g/t)					413,9	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					23,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					48,2	
** Hidrocol (g/t)					413,9					
** KE - 883 (g/t)					43,8					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							36,0	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,88	
				** Água de lavagem					0,09	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							60,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,5	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							500,0	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							28,5			
* Bias							1,23			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	98.592,0	10,71	9,68	19,20	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	5.276,3	10.328,3	38,33	0,61	0,89	17,5	62,6	1,1	0,8	
REJEITO	24.873,8	112.106,9	4,86	11,60	23,09	82,5	37,4	98,9	99,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CA - 35 DATA: 23 Julho 98

TIPO DE COLUNA: AGITADA

OBJETIVO: Realizar a flotação com a amostra da Fosfertil utilizando as melhores condições.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS			VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)			30,0
	* Percentagem de sólidos (%)			50,1
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)		16,5
		** Percentagem de sólidos (%)		50,1
		** Soda (g/l)		99,5
		** Collamil (g/l)		413,9
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)		23,2
		** Percentagem de sólidos (%)		48,2
		** Hidrocol (g/l)		413,9
		** KE - 883 (g/l)		43,8
		** pH		9,7
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Água de diluição (l/h)			38,4
	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar		0,88
		** Água de lavagem		0,10
		** Polpa		0,35
		** Bias		0,08
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)			29,9
	* Altura da camada de espuma (cm)			60,0
	* Tempo de residência da polpa (min)			10,2
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)			300,0
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)			2,1
	* Diâmetro médio de bolha (mm)			—
	* "Hold up" do ar (%)			27,5
	* Bias			1,25

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	30.150,0	100.966,0	10,77	9,64	19,29	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	9.798,8	16.512,3	29,95	2,86	4,46	32,5	90,4	9,7	7,5
REJEITO	20.351,3	113.574,0	1,53	12,91	26,43	67,5	9,6	90,3	92,5

ANEXO – IIIA

COLUNA DE RECHEIO

AMOSTRA DA FOSFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CR - 34				DATA:		26	Maio	98
TIPO DE COLUNA:		RECHEIO								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com a amostra da Fosfertil utilizando as melhores condições .								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							49,3	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,3	
				** Soda (g/t)					121,0	
				** Collamil (g/t)					411,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,4	
** Hidrocol (g/t)					403,2					
** KE - 883 (g/t)					49,4					
		** pH					9,9			
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					2,99	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							29,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							100,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							11,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,1	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							—	
* "Hold up" do ar (%)							40,6			
* Bias							1,30			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	29.760,0	100.638,0	11,09	9,01	20,07	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	5.267,5	12.626,6	38,05	0,46	1,25	17,7	60,7	0,9	1,1	
REJEITO	24.492,5	120.542,0	5,29	10,85	24,12	82,3	39,3	99,1	98,9	

ANEXO – IV

COLUNA MODIFICADA

AMOSTRA DA FOSFÉRTIL

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 1				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 0,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,8	
				** Soda (g/t)					100,5	
				** Collamil (g/t)					380,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,8	
** Hidrocol (g/t)					365,6					
** KE - 883 (g/t)					45,7					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							115,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,9	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
* "Hold up" do ar (%)							28,9			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.098,0	10,41	9,04	20,15	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	9.485,0	15.525,3	32,38	2,24	3,98	28,9	89,8	7,2	5,7	
REJEITO	23.335,0	118.831,0	1,49	11,81	26,73	71,1	10,2	92,8	94,3	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 2				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 15,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,8	
				** Soda (g/t)					100,5	
				** Collamil (g/t)					380,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,8	
** Hidrocol (g/t)					365,6					
** KE - 883 (g/t)					45,7					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,35	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							120,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
* "Hold up" do ar (%)							29,7			
* Bias							1,28			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.098,0	10,42	8,87	20,30	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.959,9	17.044,6	33,97	1,97	3,78	27,3	89,0	6,1	5,1	
REJEITO	23.860,1	119.019,7	1,57	11,45	26,50	72,7	11,0	93,9	94,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 3				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 30,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							52,2	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,1	
				** Percentagem de sólidos (%)					52,2	
				** Soda (g/t)					100,5	
				** Collamil (g/t)					380,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					50,3	
				** Hidrocol (g/t)					365,6	
				** KE - 883 (g/t)					45,7	
				** pH					9,6	
		* Água de diluição (l/h)							36,9	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,11	
				** Polpa					0,36	
				** Bias					0,09	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							32,1	
		* Altura da camada de espuma (cm)							115,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,44	
		* "Hold up" do ar (%)							29,9	
		* Bias							1,29	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	102.198,0	10,40	8,78	20,32	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.927,0	15.596,7	33,89	2,00	3,60	27,2	88,6	6,2	4,8	
REJEITO	23.893,0	118.449,5	1,62	11,32	26,56	72,8	11,4	93,8	95,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 4				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 45,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,8	
				** Soda (g/t)					100,5	
				** Collamil (g/t)					382,1	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,8	
** Hidrocol (g/t)					369,3					
** KE - 883 (g/t)					45,7					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,08	
				** Polpa					0,33	
				** Bias					0,07	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,8	
		* Altura da camada de espuma (cm)							120,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							8,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,8	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,44	
* "Hold up" do ar (%)							31,3			
* Bias							1,22			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.110,0	10,47	9,07	20,33	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.631,7	12.752,1	35,13	1,44	3,17	26,3	88,2	4,2	4,1	
REJEITO	24.188,3	114.571,7	1,67	11,80	26,46	73,7	11,8	95,8	95,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CM - 5 DATA: 2 Julho 98

TIPO DE COLUNA: MODIFICADA

OBJETIVO: Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 60,0 cm.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		30,6
	* Percentagem de sólidos (%)		51,8
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	15,9
		** Percentagem de sólidos (%)	51,8
		** Soda (g/t)	100,5
		** Collamil (g/t)	380,3
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	22,4
		** Percentagem de sólidos (%)	49,8
** Hidrocol (g/t)		372,9	
** KE - 883 (g/t)		45,7	
** pH		9,7	
* Água de diluição (l/h)		37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	0,84
		** Água de lavagem	0,09
		** Polpa	0,35
		** Bias	0,08
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		31,8
	* Altura da camada de espuma (cm)		125,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		7,7
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		1,7
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		0,44
	* "Hold up" do ar (%)		31,0
* Bias		1,27	

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.110,0	10,37	8,95	20,16	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	8.270,6	11.826,8	35,51	1,42	3,07	25,2	86,3	4,0	3,8
REJEITO	24.549,4	118.498,3	1,91	11,49	25,92	74,8	13,7	96,0	96,2

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 6				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 75,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,8	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					15,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,8	
				** Soda (g/t)					100,5	
				** Collamil (g/t)					380,3	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,4	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,8	
** Hidrocol (g/t)					372,9					
** KE - 883 (g/t)					45,7					
		** pH					9,7			
		* Água de diluição (l/h)							37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,09	
				** Polpa					0,34	
				** Bias					0,08	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,6	
		* Altura da camada de espuma (cm)							125,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							7,7	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,44	
* "Hold up" do ar (%)							31,1			
* Bias							1,25			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.710,0	10,52	9,10	20,46	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.106,5	10.634,4	36,38	1,28	2,75	24,7	85,4	3,5	3,3	
REJEITO	24.713,5	118.245,3	2,04	11,67	26,28	75,3	14,6	96,5	96,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CM - 7 DATA: 2 Julho 98

TIPO DE COLUNA: MODIFICADA

OBJETIVO: Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 90,0 cm.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		30,6
	* Percentagem de sólidos (%)		51,8
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	15,9
		** Percentagem de sólidos (%)	51,8
		** Soda (g/t)	100,5
		** Collamil (g/t)	380,3
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	22,4
		** Percentagem de sólidos (%)	49,8
** Hidrocol (g/t)		372,9	
** KE - 883 (g/t)		45,7	
** pH		9,7	
* Água de diluição (l/h)		37,8	
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	0,84
		** Água de lavagem	0,09
		** Polpa	0,35
		** Bias	0,08
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		31,6
	* Altura da camada de espuma (cm)		125,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		7,8
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		1,5
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		0,44
	* "Hold up" do ar (%)		29,7
* Bias		1,27	

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	103.710,0	10,45	8,92	20,41	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	7.483,0	11.153,4	37,14	0,78	2,18	22,8	81,1	2,0	2,4
REJEITO	25.337,0	120.209,1	2,56	11,33	25,80	77,2	18,9	98,0	97,6

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 8				DATA:		2	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação na coluna modificada com altura de recheio de 105,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,0		
		* Percentagem de sólidos (%)						52,2		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,1		
				** Percentagem de sólidos (%)				52,2		
				** Soda (g/t)				100,5		
				** Collamil (g/t)				391,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,7		
				** Percentagem de sólidos (%)				50,2		
** Hidrocol (g/t)				369,3						
** KE - 883 (g/t)				45,7						
		** pH				9,7				
		* Água de diluição (l/h)						36,9		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,84		
				** Água de lavagem				0,11		
				** Polpa				0,36		
				** Bias				0,10		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						32,1		
		* Altura da camada de espuma (cm)						115,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						8,0		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						1,4		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,45		
* "Hold up" do ar (%)						28,4				
* Bias						1,34				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	32.820,0	102.240,0	10,49	8,90	20,57	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	7.023,5	11.424,8	38,01	0,63	1,91	21,4	77,5	1,5	2,0	
REJEITO	25.796,5	123.675,6	3,00	11,15	25,66	78,6	22,5	98,5	98,0	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 9				DATA:		10	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 5 recheios e altura da camada de espuma = 40,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,6		
		* Percentagem de sólidos (%)						49,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				49,9		
				** Soda (g/t)				118,3		
				** Collamii (g/t)				414,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,8		
				** Percentagem de sólidos (%)				47,9		
** Hidrocol (g/t)				402,4						
** KE - 883 (g/t)				48,3						
		** pH				9,9				
		* Água de diluição (l/h)						37,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,84		
				** Água de lavagem				0,08		
				** Polpa				0,32		
				** Bias				0,05		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						40,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						12,4		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						1,8		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,44		
* "Hold up" do ar (%)						26,1				
* Bias						1,17				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.420,0	100.746,0	10,77	8,58	19,83	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.943,5	15.033,7	32,61	1,92	3,43	29,4	89,0	6,6	5,1	
REJEITO	21.476,5	107.613,6	1,67	11,35	26,66	70,6	11,0	93,4	94,9	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 10				DATA:		10	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 5 recheios e altura da camada de espuma = 63,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,6		
		* Percentagem de sólidos (%)						49,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)				49,9		
				** Soda (g/t)				116,4		
				** Collamil (g/t)				414,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,8		
				** Percentagem de sólidos (%)				47,9		
** Hidrocol (g/t)				402,4						
** KE - 883 (g/t)				48,3						
		** pH				9,8				
		* Água de diluição (l/h)						37,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,84		
				** Água de lavagem				0,07		
				** Polpa				0,31		
				** Bias				0,05		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						30,2		
		* Altura da camada de espuma (cm)						63,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						11,6		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						1,7		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,45		
* "Hold up" do ar (%)						26,5				
* Bias						1,15				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.420,0	100.740,0	10,70	8,57	19,70	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.152,6	14.010,2	34,27	1,47	2,52	26,8	85,9	4,6	3,4	
REJEITO	22.267,4	106.657,2	2,07	11,16	25,99	73,2	14,1	95,4	96,6	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CM - 11 DATA: 10 Julho 98

TIPO DE COLUNA: MODIFICADA

OBJETIVO: Realizar a flotação com 5 recheios e altura da camada de espuma = 80,0 cm.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS			VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)			30,6
	* Percentagem de sólidos (%)			49,9
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)		16,2
		** Percentagem de sólidos (%)		49,9
		** Soda (g/t)		116,4
		** Collamil (g/t)		414,2
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)		22,8
		** Percentagem de sólidos (%)		47,9
		** Hidrocol (g/t)		398,4
		** KE - 883 (g/t)		48,3
		** pH		9,8
	* Água de diluição (l/h)			37,2
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar		0,84
		** Água de lavagem		0,08
		** Polpa		0,32
		** Bias		0,06
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)			30,2
	* Altura da camada de espuma (cm)			80,0
	* Tempo de residência da polpa (min)			10,7
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)			—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)			1,7
	* Diâmetro médio de bolha (mm)			0,45
	* "Hold up" do ar (%)			26,3
	* Bias			1,17

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	30.420,0	100.734,0	10,71	8,55	19,76	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	8.213,4	14.336,6	33,86	1,14	2,55	27,0	85,4	3,6	3,5
REJEITO	22.206,6	108.600,7	2,15	11,28	26,13	73,0	14,6	96,4	96,5

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 12				DATA:		10	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 5 recheios e altura da camada de espuma = 103,0 cm.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6	
		* Percentagem de sólidos (%)							49,9	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,9	
				** Soda (g/t)					116,4	
				** Collamil (g/t)					414,2	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8	
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9	
** Hidrocol (g/t)					402,4					
** KE - 883 (g/t)					49,3					
		** pH					9,8			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,08	
				** Polpa					0,32	
				** Bias					0,05	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							30,2	
		* Altura da camada de espuma (cm)							103,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							9,9	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
* "Hold up" do ar (%)							26,3			
* Bias							1,17			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	30.420,0	100.746,0	10,82	8,82	19,74	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.213,4	14.850,5	34,67	1,48	2,65	27,0	86,6	4,5	3,6	
REJEITO	22.206,6	108.095,7	1,99	11,54	26,06	73,0	13,4	95,5	96,4	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA											
TESTE Nº:		CM - 13				DATA:		10	Julho	98	
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA									
OBJETIVO:		Realizar a flotação com 5 recheios e altura da camada de espuma = 125,0 cm.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS											
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,6		
		* Percentagem de sólidos (%)							49,9		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)					49,9		
				** Soda (g/t)					116,4		
				** Collamil (g/t)					414,2		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,8		
				** Percentagem de sólidos (%)					47,9		
** Hidrocol (g/t)					402,4						
** KE - 883 (g/t)					50,3						
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84		
				** Água de lavagem					0,09		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		** Polpa					0,33		
				** Bias					0,06		
				* Altura da camada de espuma (cm)							125,0
				* Tempo de residência da polpa (min)							8,2
				* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—
				* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,7
				* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45
				* "Hold up" do ar (%)							30,5
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Bias		* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Bias		* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
				* Água de diluição (l/h)					37,2		
RESULTADOS											
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)					
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂		
ALIMENTAÇÃO	30.420,0	100.752,0	10,77	8,49	19,93	100,0	100,0	100,0	100,0		
CONCENTRADO	8.304,7	15.805,0	34,41	1,49	2,78	27,3	87,3	4,8	3,8		
REJEITO	22.115,3	111.197,1	1,89	11,12	26,37	72,7	12,7	95,2	96,2		

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 14				DATA:		15	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com alimentação da polpa a 43,0 cm do transbordo.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS						VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)						30,0		
		* Percentagem de sólidos (%)						51,4		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)				16,3		
				** Percentagem de sólidos (%)				51,4		
				** Soda (g/t)				94,4		
				** Collamil (g/t)				396,5		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)				22,9		
				** Percentagem de sólidos (%)				49,5		
** Hidrocol (g/t)				377,6						
** KE - 883 (g/t)				47,2						
		** pH				9,8				
		* Água de diluição (l/h)						37,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar				0,84		
				** Água de lavagem				0,08		
				** Polpa				0,30		
				** Bías				0,04		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)						31,3		
		* Altura da camada de espuma (cm)						100,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)						10,3		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)						—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)						1,7		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)						0,45		
* "Hold up" do ar (%)						27,4				
* Bías						1,12				
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	31.782,0	101.442,0	10,80	9,25	20,32	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.485,8	19.267,2	33,09	1,68	3,46	26,7	81,8	4,9	4,5	
REJEITO	23.296,2	104.742,7	2,68	12,00	26,46	73,3	18,2	95,1	95,5	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 15				DATA:		15	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com alimentação da polpa a 82,0 cm do transbordo.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,4	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,4	
				** Soda (g/t)					94,4	
				** Collamil (g/t)					396,5	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,5	
** Hidrocol (g/t)					377,6					
** KE - 883 (g/t)					47,2					
				** pH					9,8	
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,07	
				** Polpa					0,31	
				** Bias					0,04	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							100,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,2	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
* "Hold up" do ar (%)							27,2			
* Bias							1,13			
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	31.782,0	101.442,0	10,82	9,27	20,36	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.231,5	15.777,1	34,27	2,11	2,99	25,9	82,0	5,9	3,8	
REJEITO	23.550,5	106.052,2	2,62	11,78	26,44	74,1	18,0	94,1	96,2	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA										
TESTE Nº:		CM - 16				DATA:		15	Julho	98
TIPO DE COLUNA:		MODIFICADA								
OBJETIVO:		Realizar a flotação com alimentação da polpa a 121,0 cm do transbordo.								
CONDIÇÕES OPERACIONAIS										
E T A P A		VARIÁVEIS							VALOR	
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)							30,0	
		* Percentagem de sólidos (%)							51,4	
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)					16,3	
				** Percentagem de sólidos (%)					51,4	
				** Soda (g/t)					94,4	
				** Collamil (g/t)					394,6	
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)					22,9	
				** Percentagem de sólidos (%)					49,5	
** Hidrocol (g/t)					377,6					
** KE - 883 (g/t)					47,2					
		** pH					9,8			
		* Água de diluição (l/h)							37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar					0,84	
				** Água de lavagem					0,08	
				** Polpa					0,31	
				** Bias					0,05	
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)							31,3	
		* Altura da camada de espuma (cm)							103,0	
		* Tempo de residência da polpa (min)							10,0	
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)							—	
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)							1,7	
		* Diâmetro médio de bolha (mm)							0,45	
* "Hold up" do ar (%)							26,6			
		* Bias							1,16	
RESULTADOS										
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)				
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	
ALIMENTAÇÃO	31.782,0	101.436,0	10,79	9,31	20,30	100,0	100,0	100,0	100,0	
CONCENTRADO	8.295,1	15.744,5	35,00	1,58	2,56	26,1	84,7	4,4	3,3	
REJEITO	23.486,9	107.991,5	2,24	12,04	26,57	73,9	15,3	95,6	96,7	

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CM - 17 DATA: 15 Julho 98

TIPO DE COLUNA: MODIFICADA

OBJETIVO: Realizar a flotação com alimentação da polpa a 167,0 cm do transbordo.

CONDIÇÕES OPERACIONAIS

ETAPA	VARIÁVEIS		VALOR
PREPARAÇÃO DA POLPA	* Vazão de água (l/h)		30,0
	* Percentagem de sólidos (%)		51,4
CONDICIONAMENTO	* Condicionador 1	** Tempo de residência (min)	16,3
		** Percentagem de sólidos (%)	51,4
		** Soda (g/t)	94,4
		** Collamil (g/t)	392,7
	* Condicionador 2	** Tempo de residência (min)	22,9
		** Percentagem de sólidos (%)	49,5
** Hidrocol (g/t)		377,6	
** KE - 883 (g/t)		47,2	
** pH		9,8	
* Água de diluição (l/h)		37,2	
FLOTAÇÃO EM COLUNA	* Velocidade Superficial (cm/s)	** Ar	0,84
		** Água de lavagem	0,08
		** Polpa	0,32
		** Bias	0,06
	* Percentagem de sólidos na alimentação (%)		31,3
	* Altura da camada de espuma (cm)		103,0
	* Tempo de residência da polpa (min)		9,8
	* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)		—
	* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)		1,7
	* Diâmetro médio de bolha (mm)		0,45
	* "Hold up" do ar (%)		26,8
* Bias		1,18	

RESULTADOS

PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	31.782,0	101.430,0	10,79	9,18	20,42	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	8.199,8	15.288,8	35,06	1,41	2,24	25,8	83,8	4,0	2,8
REJEITO	23.582,2	109.367,1	2,35	11,88	26,75	74,2	16,2	96,0	97,2

TESTES DE FLOTAÇÃO DE FOSFATO EM DIFERENTES TIPOS DE COLUNA

TESTE Nº: CM - 18		DATA: 4		Agosto		98			
TIPO DE COLUNA: MODIFICADA									
OBJETIVO: Realizar a flotação com a amostra da Fosfertil utilizando as melhores condições.									
CONDIÇÕES OPERACIONAIS									
E T A P A		VARIÁVEIS					VALOR		
PREPARAÇÃO DA POLPA		* Vazão de água (l/h)					30,0		
		* Percentagem de sólidos (%)					52,2		
CONDICIONAMENTO		* Condicionador 1		** Tempo de residência (min)			16,2		
				** Percentagem de sólidos (%)			52,2		
				** Soda (g/t)			91,6		
				** Collamil (g/t)			381,0		
		* Condicionador 2		** Tempo de residência (min)			22,8		
				** Percentagem de sólidos (%)			50,2		
				** Hidrocol (g/t)			377,3		
				** KE - 883 (g/t)			45,8		
		** pH			9,8				
		* Água de diluição (l/h)					37,2		
FLOTAÇÃO EM COLUNA		* Velocidade Superficial (cm/s)		** Ar			0,84		
				** Água de lavagem			0,12		
				** Polpa			0,36		
				** Bias			0,10		
		* Percentagem de sólidos na alimentação (%)					32,0		
		* Altura da camada de espuma (cm)					100,0		
		* Tempo de residência da polpa (min)					8,8		
		* Rotação na coluna agitada (r.p.m.)					—		
		* Capacidade de transporte (g/cm ² .min)					1,6		
		* Diâmetro médio de bolha (mm)					0,45		
		* "Hold up" do ar (%)					26,5		
		* Bias					1,32		
RESULTADOS									
PRODUTO	VAZÃO (g/h)		TEOR (%)			DISTRIBUIÇÃO (%)			
	SÓLIDOS	POLPA	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Massa	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
ALIMENTAÇÃO	32.760,0	102.426,0	10,57	9,03	21,19	100,0	100,0	100,0	100,0
CONCENTRADO	7.829,6	15.291,0	36,50	1,43	2,03	23,9	82,5	3,8	2,3
REJEITO	24.930,4	122.448,7	2,43	11,41	27,21	76,1	17,5	96,2	97,7