MOPE
PROCESSOS MINERAIS
Novas ideias para um novo tempo

CONCENTRAÇÃO SELETIVA

SOLUÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E AMBIENTAL PARA CONCENTRAÇÃO DE FINOS DE MINÉRIO DE FERRO

Outubro, 2017

MOPE E PARCEIROS

Estamos trazendo um aporte de colaboração para o beneficiamento de minério de ferro. Trata-se de um conceito desenvolvido pela MOPE (Concentração Seletiva) que, considerando as características de cada projeto e com o suporte de outras equipes especialistas, poderia ser transformado numa **SOLUÇÃO** efetiva para resolver os graves problemas atuais da mineração.

Trabalhamos há algum tempo com a **Concentração Seletiva** para diversos tipos de minério, aqui e no Chile principalmente, com a participação e auxílio de fornecedores de equipamentos e consultoras especialistas.

Todas as empresas aqui citadas acreditam na **Concentração Seletiva** como sendo a melhor solução para minérios de baixo teor e serão solidários tecnicamente com ela. Estamos todos aqui dispostos a estudar, acompanhar, projetar, coordenar, apoiar e até mesmo participar da execução, comissionamento e operação desta solução, se formos convidados para isso.

USP Universidade de São Paulo

DETEMM | GORCEIX

metso minerals

GAUSTEC Tecnologia Magnética

GA Geotecnia Ambiental

FM TECHNOLOGIES

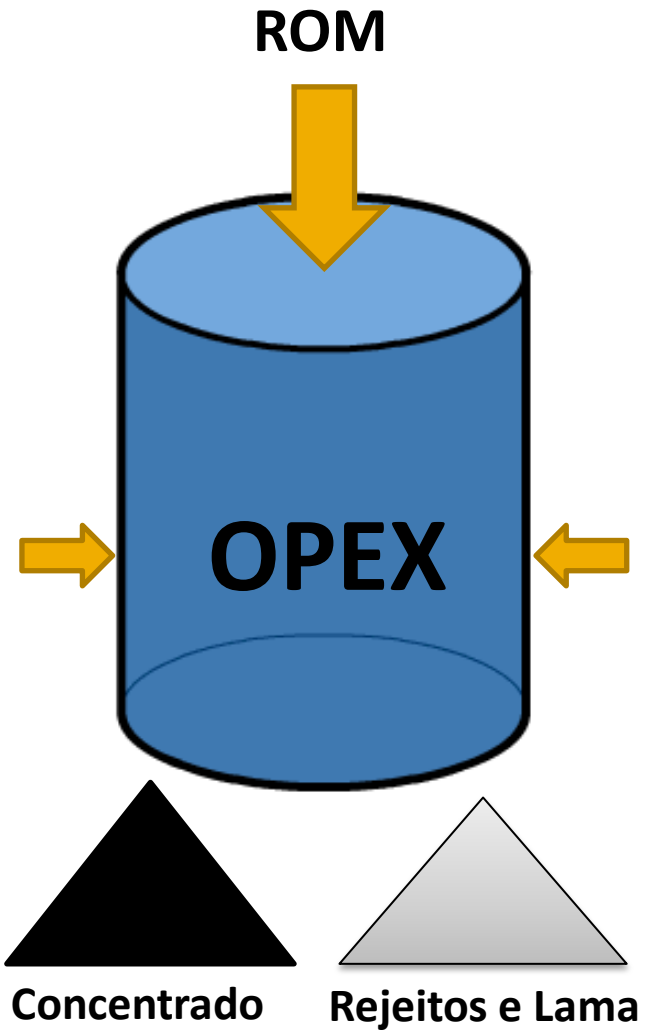
INTEGRATIO

OBJETIVOS PRINCIPAIS DA OTIMIZAÇÃO

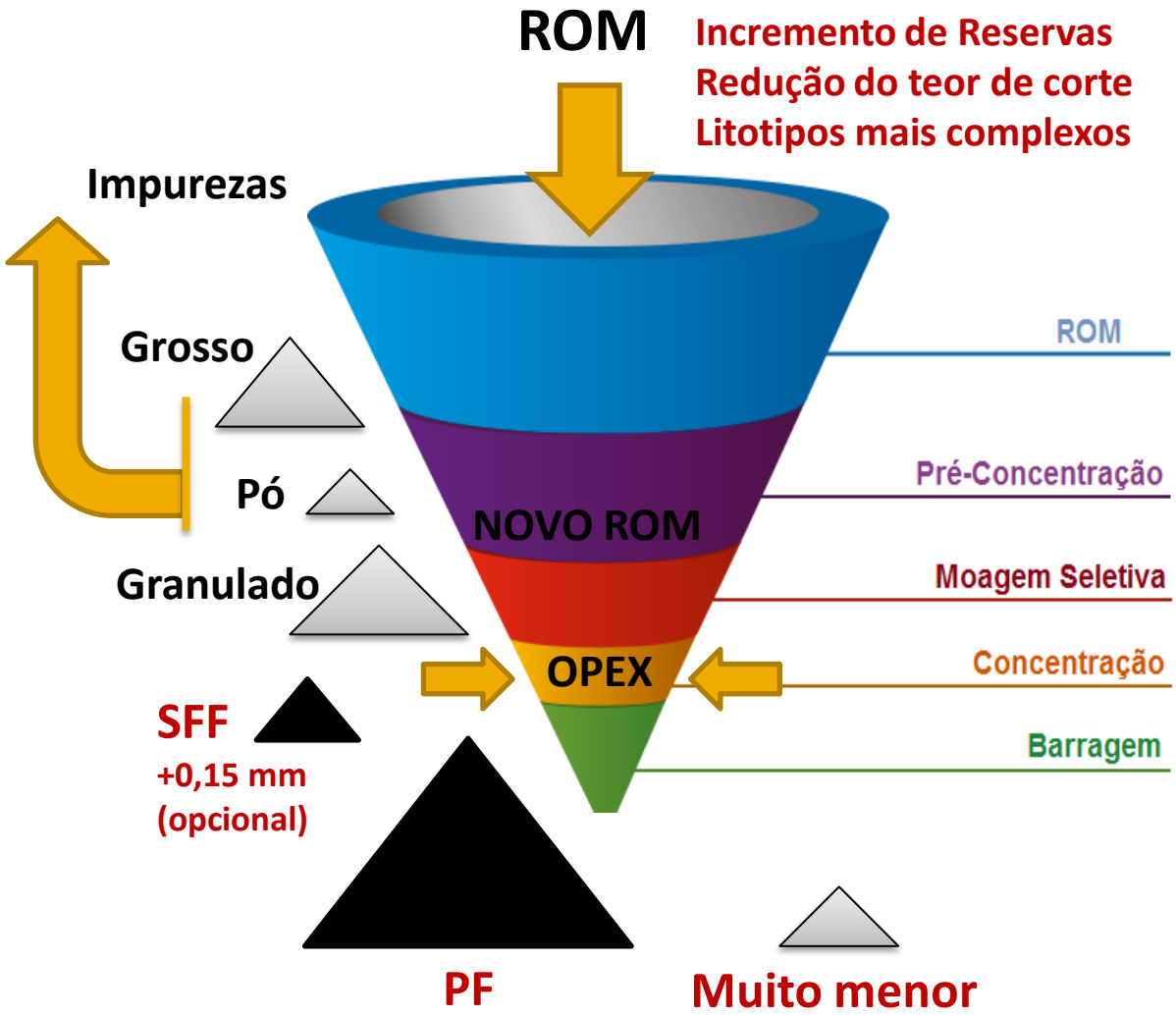
- ✓ Melhorar a caracterização do minério (diversos litotipos) mediante técnicas de fragmentação seletiva;
- ✓ Corrigir eventuais deficiências de arranjo;
- ✓ Reduzir radicalmente o OPEX da usina;
- ✓ Gerar aumento de produção, com mínimo CAPEX e com máximo aproveitamento das atuais instalações;
- ✓ Gerar um novo perfil granulométrico do concentrado, com menos ultrafinos;
- ✓ Resolver/mitigar problemas de filtragem do concentrado;
- ✓ Mitigar problemas de espessamento e de recuperação de água;
- ✓ Reduzir a geração de rejeitos ultrafinos (principalmente da flotação) e aumentar a vida útil da barragem, mitigando riscos ambientais;

Uma boa equipe multidisciplinar que acredite e apoie a ideia, com responsabilidade perante a sua eventual implantação, converte esta ideia numa solução efetiva.

O CONCEITO POR TRÁS DA SOLUÇÃO



MINERAÇÃO ATUAL

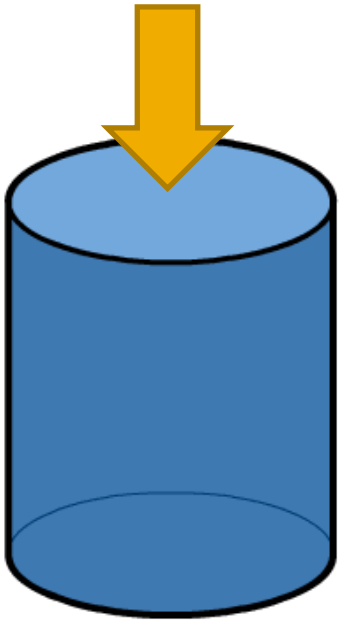


CONCENTRAÇÃO SELETIVA

ALGUNS NÚMEROS

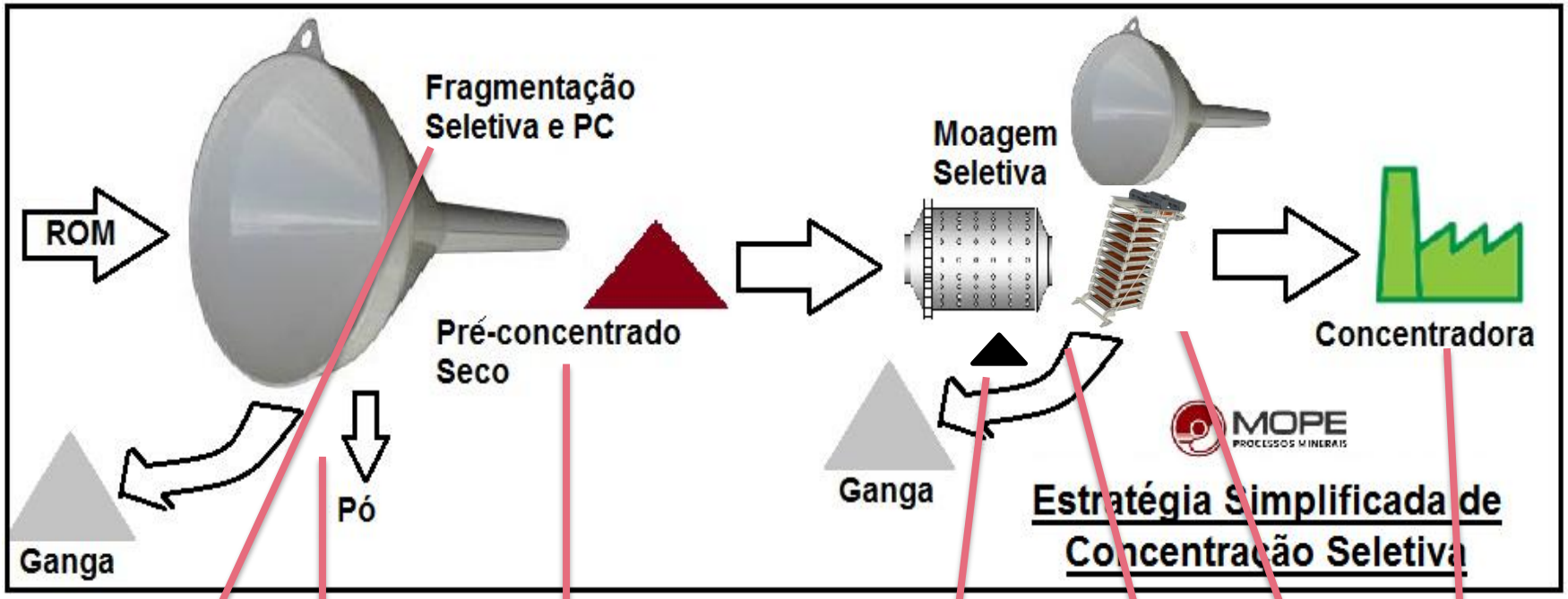
Se uma usina for implantada para produzir 25 milhões de toneladas por ano de concentrado de minério de ferro e, ao longo do tempo (como é de regra geral) o teor do ROM começar a cair, parece evidente que a usina deverá ser ampliada e a quantidade de rejeitos gerados aumentará assustadoramente, como ilustrado a seguir *(estimativa MOPE).*

MANTENDO A PRODUÇÃO DE CONCENTRADO DE FERRO						
Teor, %Fe	Alim., t/h	Ampliação Usina, %	Recup. Mássica, %	Concentrado Mtpa	Rejeito, t/h	% aumento de rejeito
55	4.530	**0**	70	25	1359	**0**
50	5.285	**17**	60	25	2114	**56**
45	5.765	**27**	55	25	2594	**91**
40	7.047	**56**	45	25	3876	**185**
35	8.345	**84**	38	25	5174	**281**
30	9.909	**119**	32	25	6738	**396**



Se gasta mais, apenas em processar e depositar mais rejeitos

TECNOLOGIAS POR TRÁS DA SOLUÇÃO



Britadores de Impacto

Extrator de Pó

Cobber Magnético

SFF opcional +0,15 mm

WHIMS +0,15 mm

Peneiramento HF

SM/Flotação -0,15 mm

TRABALHOS EXPERIMENTAIS E ESTUDOS PRELIMINARES

FRAGMENTAÇÃO SELETIVA – Fase 1

AMOSTRA: Ao redor de 15 Kg de material grosseiro (do tipo descarregado por um britador primário), abaixo de 100 mm. Serve também testemunha de sondagem, para estudos de Concentração Seletiva em novos projetos.

FRAGMENTAÇÃO SELETIVA – PRÉ-CONCENTRAÇÃO A SECO

Após a fragmentação seletiva é possível que haja oportunidade de pré-concentrar o minério, antes de alimentar a usina. Esta pré-concentração poderia ocorrer por causa da distribuição granuloquímica do ferro, que permitiria descartar alguma parcela do fluxo (pó, grossos, etc.) e, ainda, mediante cobber magnético.

Separação magnética a seco (cobber) de material fragmentado (Brasil, 2012)

FRAGMENTAÇÃO CONVENCIONAL VS. SELETIVA

A britagem de impacto separa melhor os óxidos de ferro da ganga

PROD DO BRIT DE MANDÍBULAS

malha (microns)	massa retida	% ret simples	Fe(%)	Distrib Fe
12700	96,20	8,54	46,80	8,62
6350	307,70	27,31	43,10	25,40
1000	374,57	33,25	52,20	37,45
600	45,05	4,00	49,60	4,28
419	20,61	1,83	34,70	1,37
296	26,20	2,33	25,90	1,30
209	30,60	2,72	22,40	1,31
148	35,73	3,17	23,20	1,59
74	55,88	4,96	40,00	4,28
43	51,12	4,54	56,20	5,50
37	20,43	1,81	61,10	2,39
<37	62,56	5,55	54,20	6,49

PROD DO BRIT DE MARTELOS

malha (microns)	massa retida	% ret simples	Fe(%)	Distrib Fe
12700		0,00		0,00
6350	51,70	5,60	60,80	7,18
1000	288,00	31,19	56,00	36,84
600	84,40	9,14	48,00	9,25
419	42,43	4,59	33,40	3,24
296	45,75	4,95	25,40	2,65
209	49,83	5,40	23,20	2,64
148	71,51	7,74	24,40	3,99
74	96,88	10,49	40,60	8,98
43	84,93	9,20	57,30	11,12
37	37,18	4,03	62,20	5,28
<37	70,83	7,67	54,60	8,83

PARADIGMAS A ROMPER

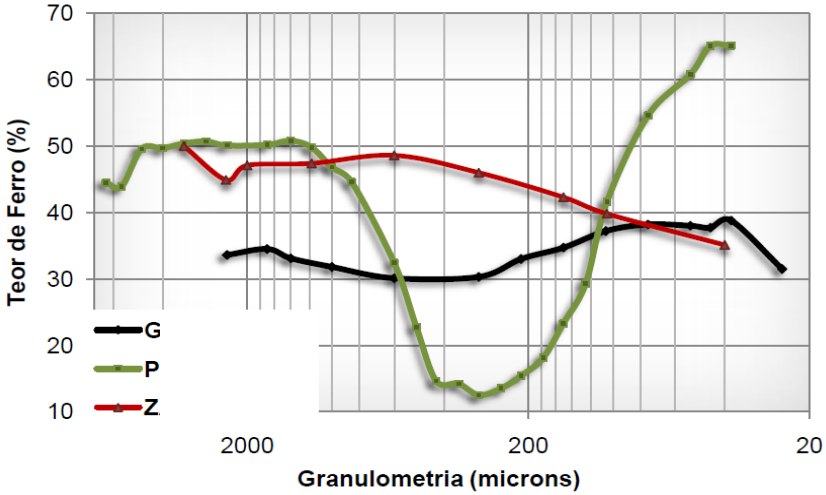
(citamos aqui apenas um, entre vários)

Teor de cabeça – A avaliação do teor médio do fluxo é insuficiente para caracterizar o minério, que muda em função da forma mais ou menos seletiva da sua fragmentação. Assim, um minério pode apresentar um determinado teor de cabeça, mas o conteúdo de mineral de interesse vem distribuído em forma particular e preferencial dentro do fluxo.

(2014) **EFEITO DA GRANULOMETRIA E DA DOSAGEM DE AMINA NA FLOTAÇÃO DE ITABIRITOS**

Malha [µm]	% massa	Fe	SiO_2
300	32,1	34,7	49,3
150	12,0	15,9	77,6
106	13,6	13,2	79,9
75	10,1	20,4	69,1
45	10,1	33,9	51,2
Fundo	22,1	46,0	29,8
Global calculado	100,0	30,5	54,8

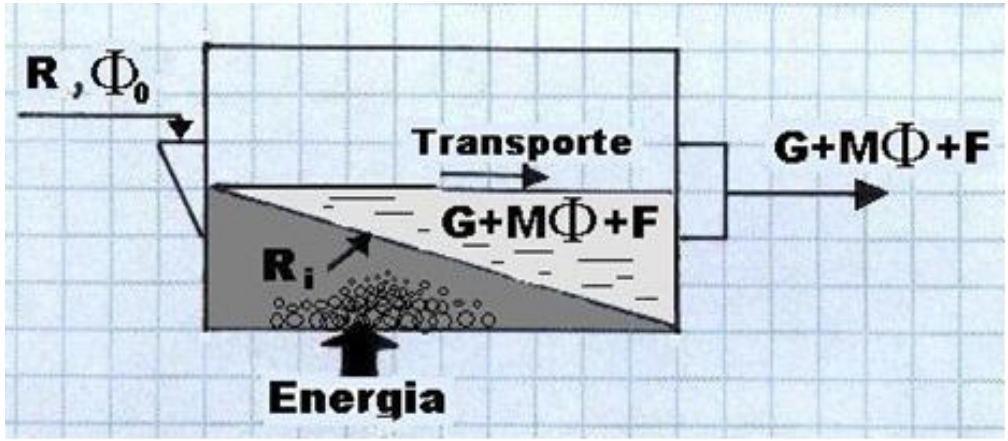
%Fe por faixa em três diferentes amostras, com o mesmo "teor de cabeça" (MOPE)



Comparação da granuloquímica de Ferro para três diferentes depósitos.

MOAGEM SELETIVA – Fase 2

O próprio minério ajuda a comandar a sua cominuição exteriorizando peculiaridades junto com a liberação dos minerais inseridos na rocha, e essas peculiaridades devem ser aproveitadas em beneficio da seletividade e dos menores custos.



Do livro: "Engenharia da Cominuição e Moagem em Moinhos Tubulares" (A. Yovanovic, Brasil, 2006)

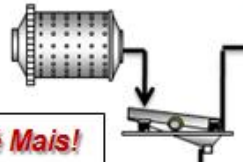
CONCEITO

Dentro do moinho, sedimentam as partículas maiores e/ou mais pesadas, sendo moídas preferencialmente, ou seja, em forma "seletiva".

Mineral	Gravidade Específica
Ganga	2,8
Willemita	3,9 – 4,2
Hematita/Goethita	5,3
Sulfetos*	5,0 – 7,0

MOAGEM SELETIVA vs. CIRCUITO FECHADO

No teste piloto com minério de 40%Fe, além da distribuição preferencial dos óxidos de ferro, o teor médio do fluxo retido foi de 18%Fe e no material passante de 51,8%Fe. Ou seja, há uma clara pré-concentração após a moagem seletiva.



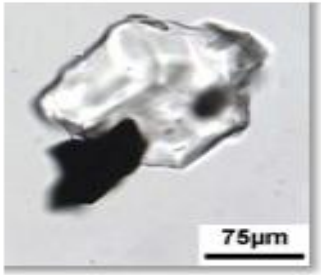
Energia: Menos é Mais!

30% menos energia para o mesmo P80

**Teste Piloto FO vs OC*

Para pré-concentração (+ 0,15 mm)

Tipo de Moagem	Fechada	Aberta
Massa (%)	25,9	27
Teor Fe (%)	27,3	18
Teor SiO_2 (%)	58,8	73

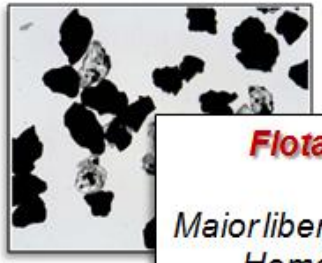


Pré-Concentração

Menores perdas de Ferro Granulado

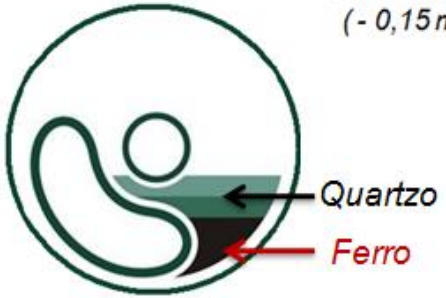
Para flotação (- 0,15 mm)

Tipo de Moagem	Fechada	Aberta
Massa (%)	74,1	73
Teor Fe (%)	48,1	51,8
Teor SiO_2 (%)	29,1	23,3



Flotação

Maior liberação das Hematitas



Conceito MOPE

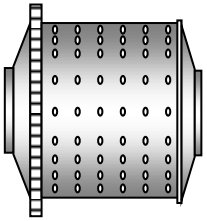
MOAGEM SELETIVA PARA MINÉRIO DE FERRO (MOPE)

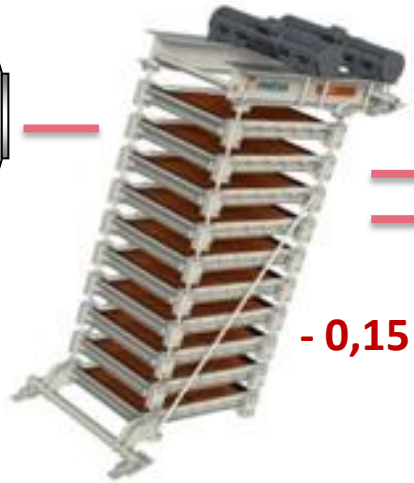
Os minerais com maior susceptibilidade magnética ficam retidos em 0,15 mm. Haverá populações diferentes no passante e no retido da peneira HF, o que permitiria utilizar separadores magnéticos específicos em cada fluxo.

Minerais	LITOLOGIAS - Separadas em faixas (mm)											
	IF		ISC		IC		HF		HSC		HC	
	+ 0,15	-0,15	+ 0,15	-0,15	+ 0,15	-0,15	+ 0,15	-0,15	+ 0,15	-0,15	+ 0,15	-0,15
Hematita tab. mono	2,42	17,52	3,90	15,02	2,05	13,63	4,65	24,06	2,95	17,86	2,35	11,47
Hemat. Gran. mono	2,38	25,68	1,65	16,13	0,22	9,53	1,59	25,77	0,37	14,22	0,53	14,58
Hematita tab. policrist.	8,15	0,49	4,87	0,94	0,28	0,43	3,88	0,27	3,75	0,08	2,33	0,22
Hemat. Gran. policrist.	1,11	1,08	0,29	0,82	0,00	0,24	1,42	0,75	0,00	0,12	0,08	0,07
SOMA % NÃO MAG.	23,89	76,11	24,55	75,45	9,65	90,35	18,50	81,50	17,98	82,02	16,72	83,28
Hematita lobular	3,58	1,00	3,21	1,10	10,63	0,67	34,26	1,66	52,71	4,38	62,56	3,94
Martita	0,26	0,10	0,21	0,02	0,00	0,05	0,00	0,03	0,11	0,00	0,00	0,00
Magnetita	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SOMA % MAGNÉTICO	77,70	22,30	75,23	24,77	93,60	6,40	95,32	4,68	92,34	7,66	94,07	5,93
Goehtita	0,16	0,03	0,81	0,23	0,15	0,14	0,58	0,22	0,47	0,19	0,65	0,19
Quartzo	28,85	6,78	41,20	8,95	48,60	11,83	0,54	0,18	1,13	0,41	0,26	0,02
SOMA % GANGA	80,98	19,02	82,07	17,93	80,28	19,72	73,90	26,10	72,65	27,35	80,90	19,10

MOAGEM SELETIVA PARA MINÉRIO DE FERRO (MOPE)

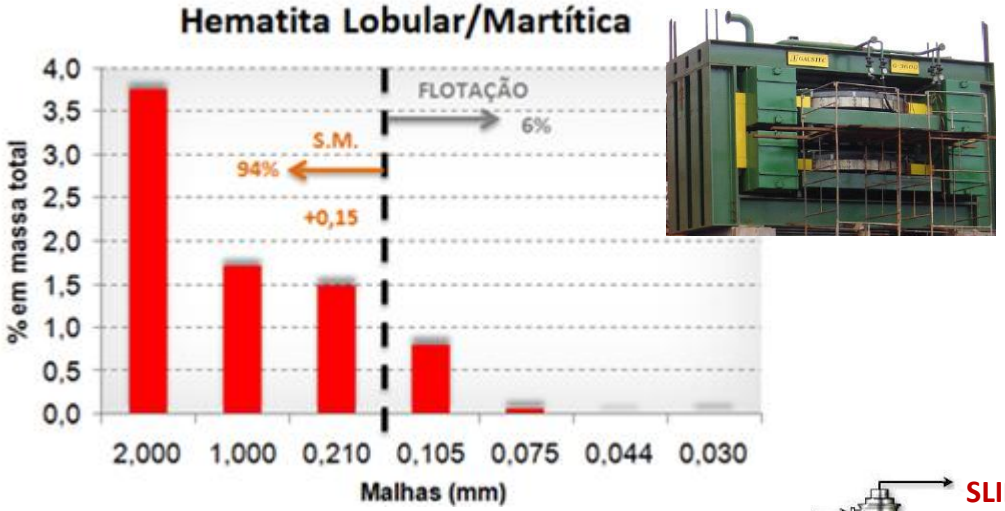
Ficam óxidos de ferro diferentes no retido e no passante em 0,15 mm



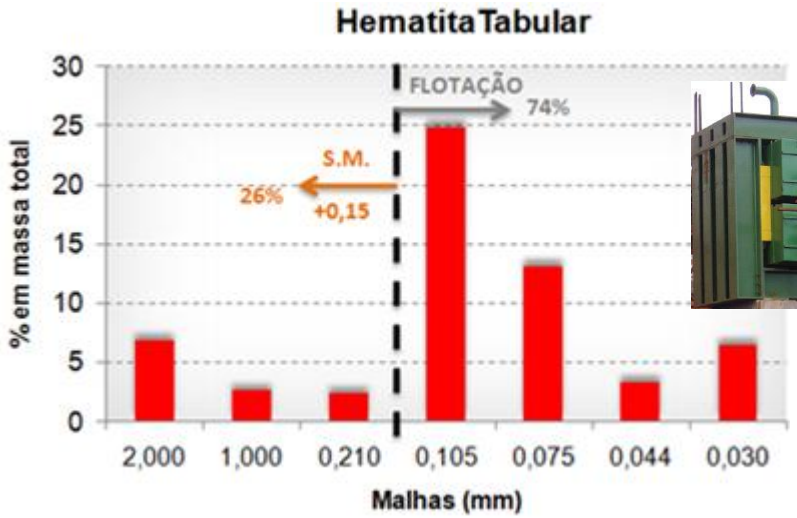


+ 0,15 mm

- 0,15 mm

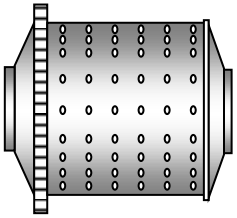


SLIMES



CONCENTRAÇÃO SELETIVA PARA MINÉRIO DE FERRO (MOPE)

Descarte de Ganga Granulada (Experiência MOPE)

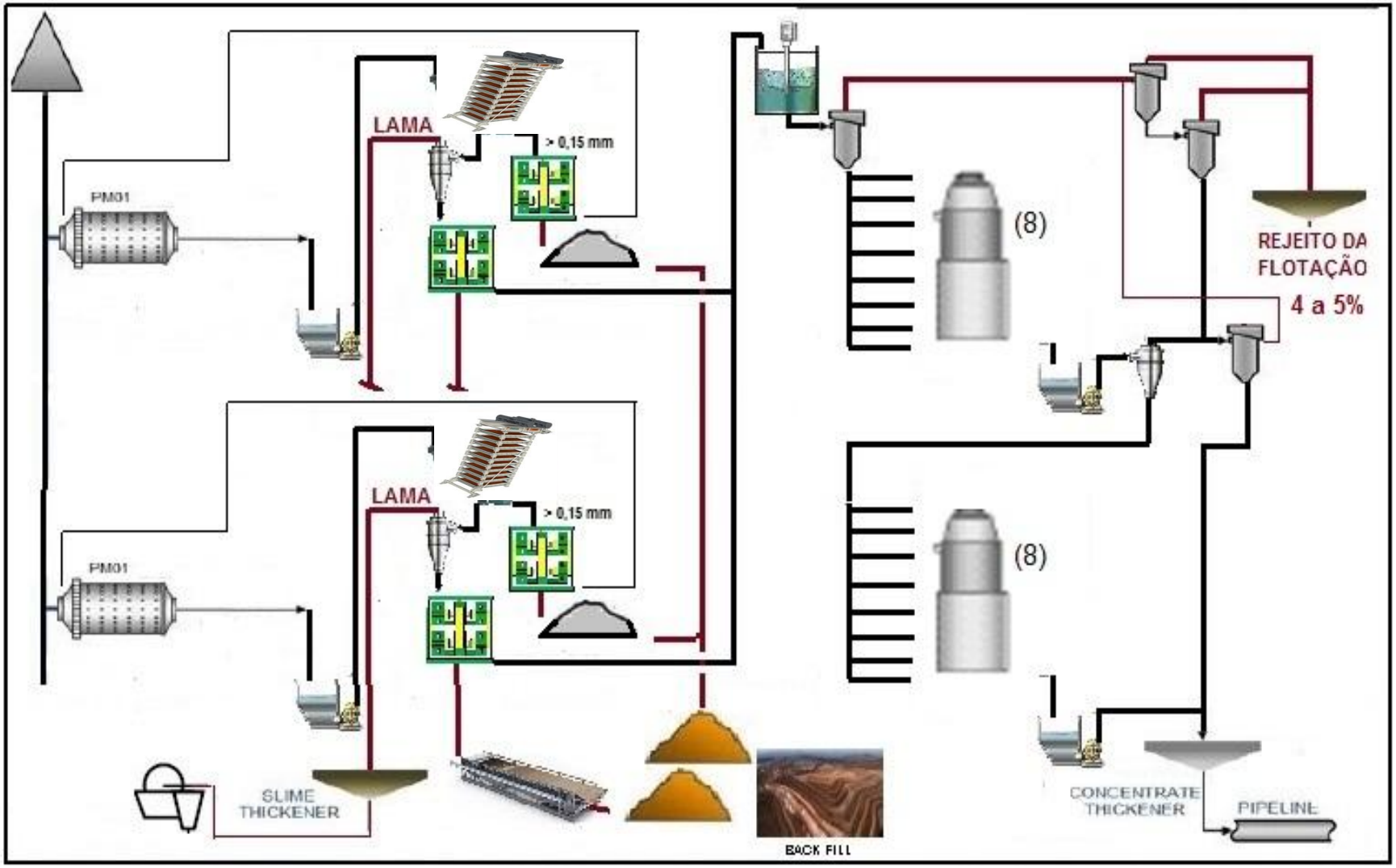


GRANULATED QUARTZ ~4%Fe 20/25% ROM

+ 0,15 mm

Iron SFF or Return to the mill 5/10% ROM

ALTERAÇÃO DO FLUXOGRAMA DA USINA (Preliminar)



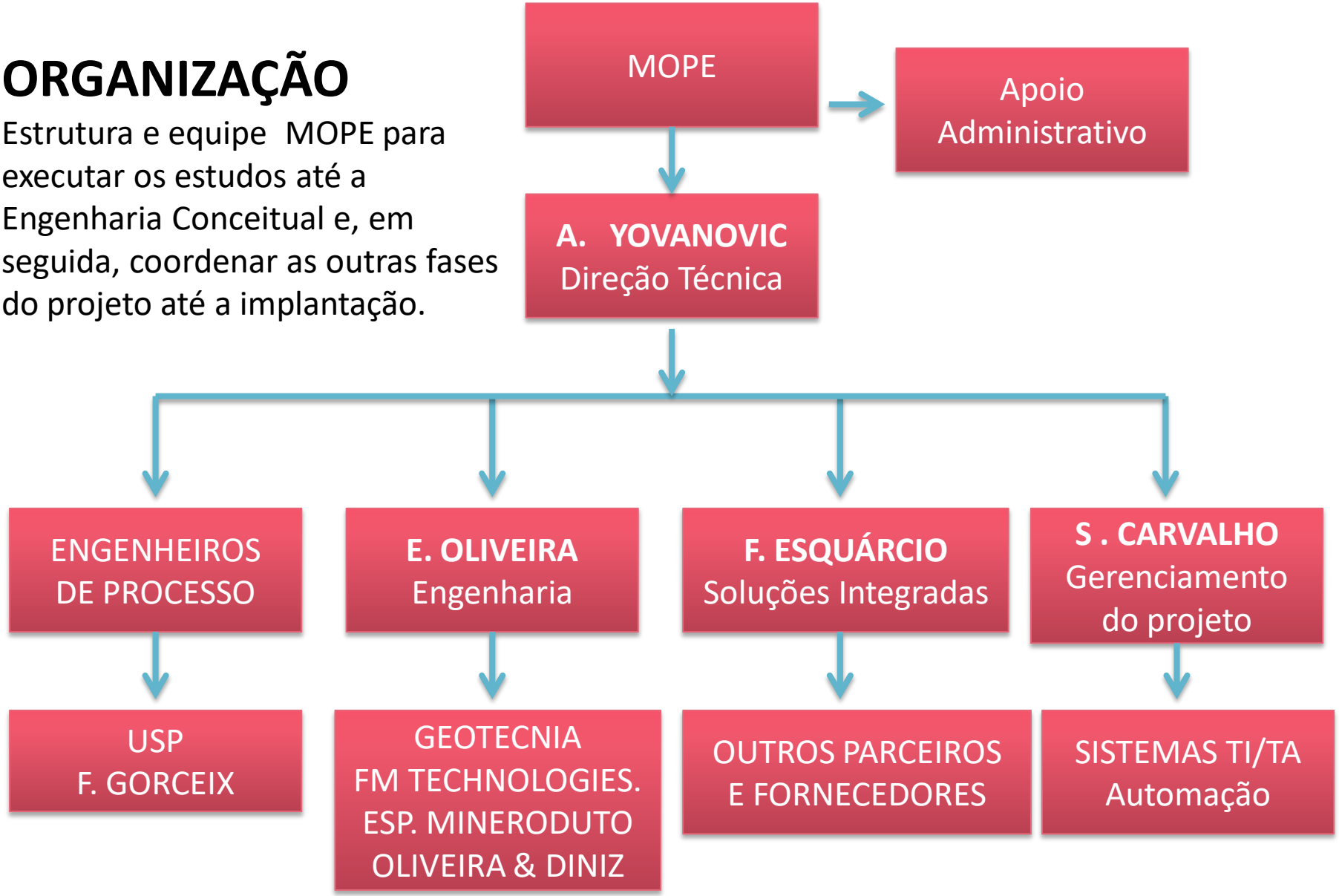
EQUIPE PARA DESENVOLVER E IMPLANTAR A CONCENTRAÇÃO SELETIVA

AS BOAS PRÁTICAS POR TRÁS DA SOLUÇÃO

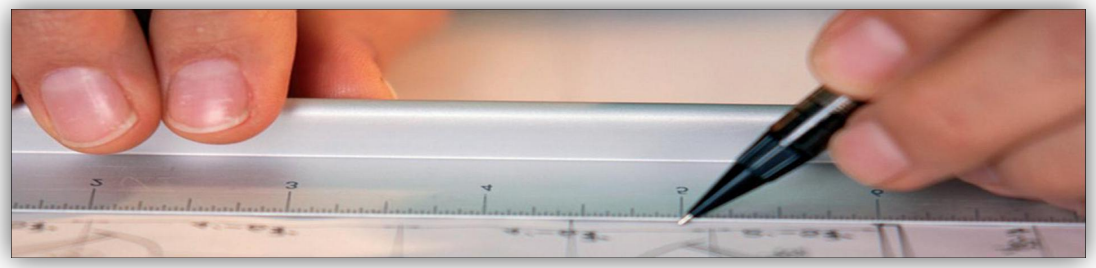
- Circuitos Abertos (mínimas cargas circulantes). Simplificação total;
- Cominuição seletiva focada inicialmente na liberação de ganga;
- Extrair rejeito final a cada passo do processo onde seja possível;
- Purga para partículas grosseiras, duras ou indesejáveis, em geral;
- Extrair o pó, seco, antes deste se converter em lama natural;
- A melhor forma de lidar com ultrafinos é não gerá-los;
- Moagem para liberar ganga e não para atingir um determinado P80;
- Garantir com peneira o tamanho < 0,15 mm no fluxo enviado para a flotação;
- Concentração simples para o fluxo abaixo de 0,15 mm;
- Não misturar a lama natural com os ultrafinos gerados na moagem;
- Utilizar ciclones apenas para deslamar/desaguar, não para classificar;
- Remoagem final apenas para o concentrado que vai ao mineroduto.

ORGANIZAÇÃO

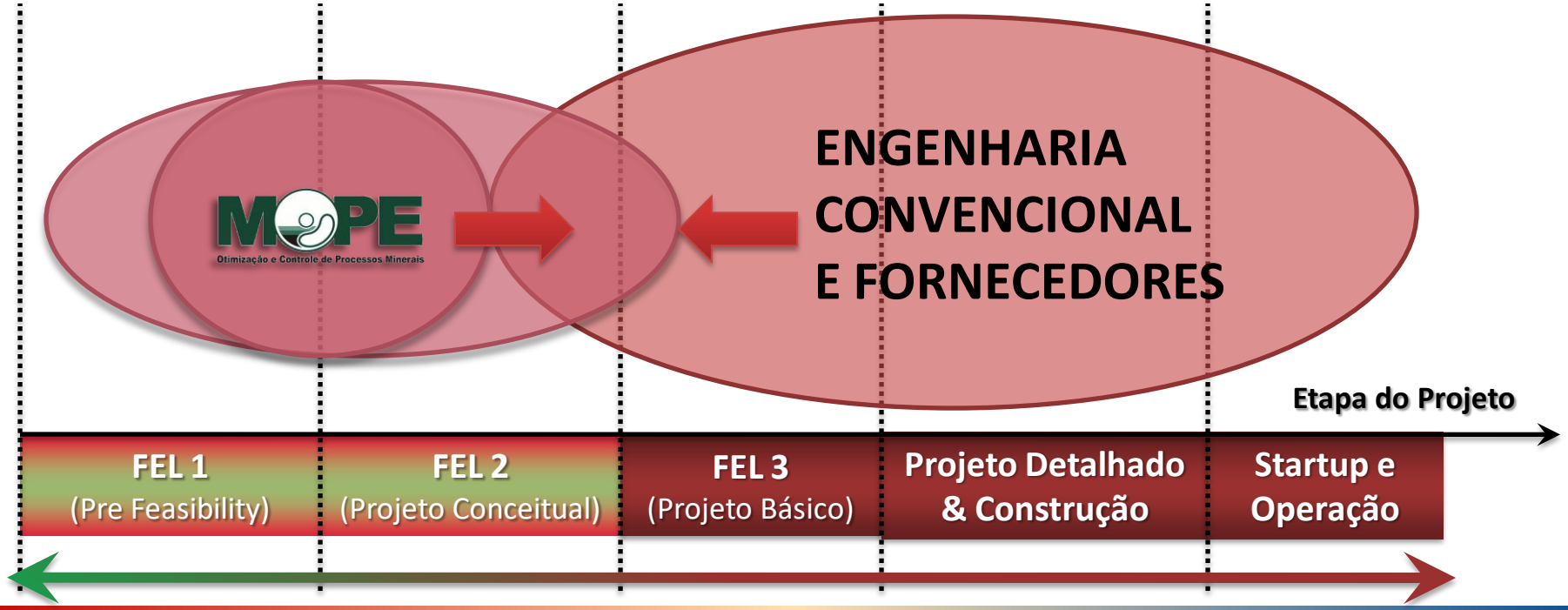
Estrutura e equipe MOPE para executar os estudos até a Engenharia Conceitual e, em seguida, coordenar as outras fases do projeto até a implantação.



MOPE – NA DEFESA DO CONCEITO



Para evitar a deformação de boas iniciativas, na defesa do conceito, MOPE desenvolve a **Engenharia Conceitual** das suas próprias e criativas soluções.



MOPE
PROCESSOS MINERAIS

Rua Califórnia, 281/103 – Bairro Sion
Belo Horizonte, Minas Gerais
CEP 30315-500
+55 31 3285-3923
contato@modelooperacional.com.br

Alexis Yovanovic | Diretor
+55 (31) 3285 3923 +55 (31) 98474 3655
ayovanovic@modelooperacional.com.br
www.modelooperacional.com.br
skype:apyovanovic

También en Chile