
“A arte na Engenharia de Explosivos”

Eng. Luiz Eduardo Campos Pignatari

SIMULAÇÃO DO DESMONTE DE ROCHA (MINÉRIO)

X

REGULAGEM E DESEMPENHO DOS BRITADORES

X

PRODUTIVIDADE E ESPECIFICAÇÃO DO PRODUTO DO
SISTEMA DE MOAGEM

CASO REAL EM MINA DE COBRE E OURO

Especificação do desmonte

1. Desmonte de grande massa - acima de 100.000 t
2. Diâmetro de furação de 6 ¾”
3. Banco de 10 m de altura
4. Uso de emulsão bombeada e acessórios eletrônicos
5. Rocha com resistência a compressão de 100 E 200 Mpa
6. Desmonte subdivididos entre estéril, baixo teor e alto teor
7. Uso de modelo tecnológico para subdivisão do desmonte
8. Escavadeira de 15 m³ de caçamba e caminhões de 150 t

Especificação do sistema de britagem e moagem

1. Britador giratório IN PIT CRUSHER 63 X 89 - capacidade até 4.500 t/h
2. Britador de mandíbulas 160 - capacidade até 1.800 t/h
3. Moinho SAG e moinho de bolas com capacidade entre 2.000 a 3.000 t/h
4. Capacidade de produção - 23 MILHÕES t/ano de minério beneficiado

Objetivo

- 1 Garantir estabilidade no P80 de 6” dos desmontes de minério, com um range ente 5 e 7”;
- 2 Garantir P 95 abaixo de 20” nos desmontes de minério ;
- 3 Manter o uso de explosivo emulsionado e bombeado;
- 4 Manter o uso sistemático de espoleta eletrônica;
- 5 Redefinir todo o fluxo de engenharia, responsabilidades e atribuições entre a contratada e a contratante para desmontes de grande massa, acima de 100.000 t.

Planejamento - Fogo Base:

FOGO 150302-310

Data: 03-03-2015

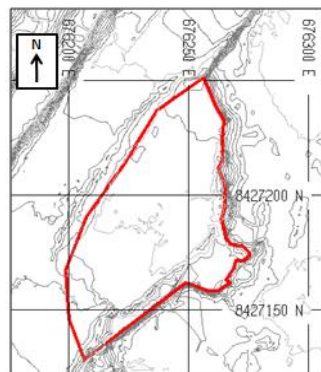
FOGO 150302-310

Mapeamento Geológico

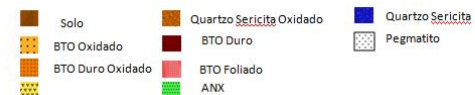
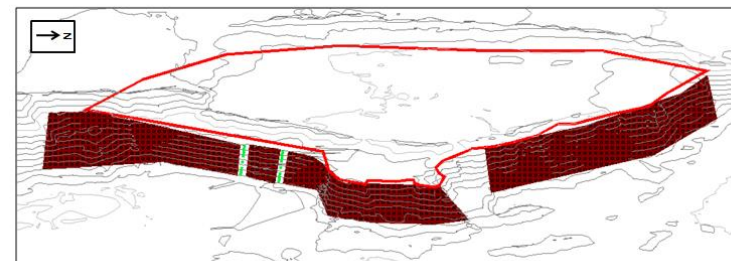
Data: 03-03-2015

Minério:
Volume: 52 056
Massa (t): 140 552
Sugerido: Grupo 01

Litologia:
70% BTO Duro
10% ANX
10% BTO Foliado
00% QSRT
00% GMS
00% PEG



Cava Norte



FOGO 150302-310

Isotoeros de Cu

Data: 03-03-2015

FOGO 150302-310

Mapeamento Geológico

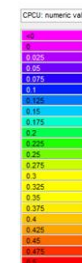
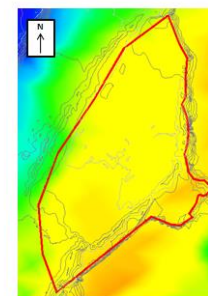
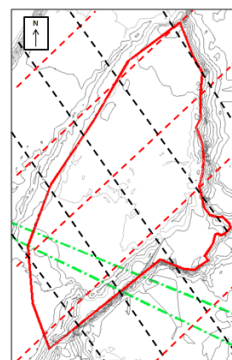
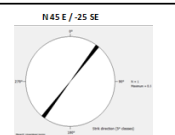
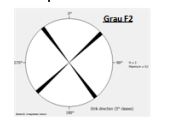
Data: 03-03-2015

Grado de fraturamento
(fraturas por metro)
F1: < 1
F2: 1 - 5
F3: 6 - 10
F4: 11 - 20
F5: > 20

Falha

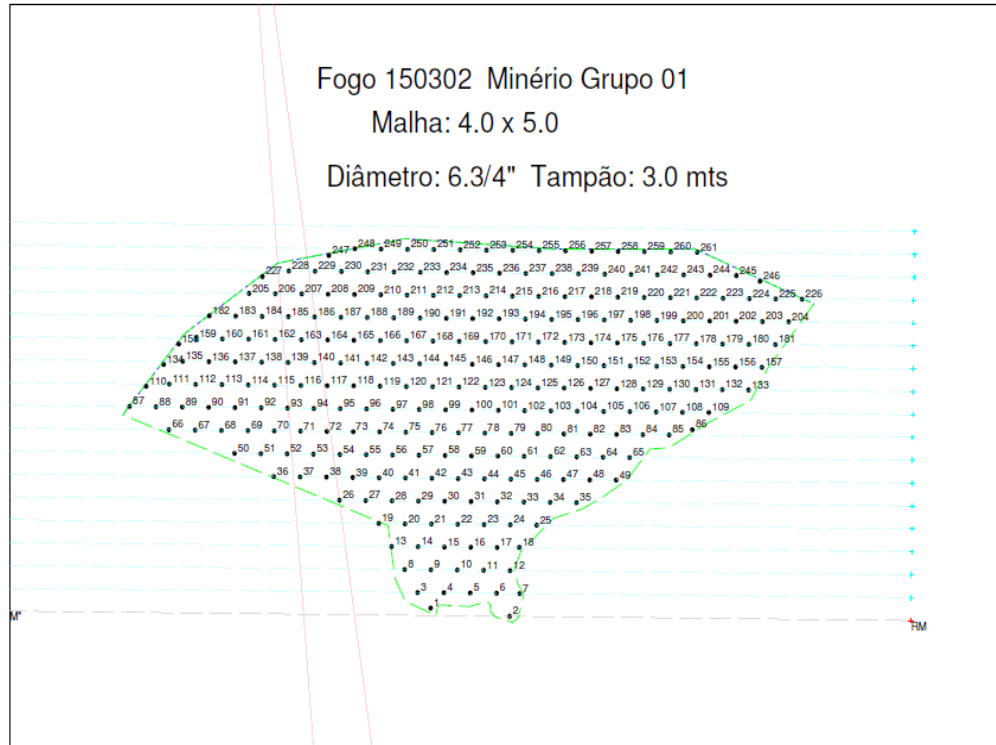
Ordem preferencial das fraturas

1^ª - N 40° W / -85° SW
2^ª - N 45° E / -70° SE



AMANAGOLD MINERAÇÃO MARACÁ IND. COM.

Planejamento - Detalhes:



Croqui do fogo

03/03/2015

BlastHole Drill Plan (XYZ)

Mine: MMIC
Location: Alto Horizonte
Title: Fogo 150302 Sérgio Silva
Filename: 150302.sp2
Comment:

RowID	HoleID	Eastinq	Northinq	R.L..	Drill Depth	Drill Anqle	Drill Bearing	Bench Height
1		676,265.5	8,427,161.8	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
2		676,274.4	8,427,174.0	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
3		676,261.9	8,427,161.0	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
4		676,264.5	8,427,165.3	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
5		676,267.1	8,427,169.6	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
6		676,269.6	8,427,173.9	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
7		676,271.9	8,427,177.6	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
8		676,257.2	8,427,160.9	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
9		676,269.8	8,427,165.2	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
10		676,262.4	8,427,169.5	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
11		676,264.9	8,427,173.8	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
12		676,267.5	8,427,178.1	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
13		676,252.5	8,427,160.8	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
14		676,255.1	8,427,165.1	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
15		676,257.6	8,427,169.4	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
16		676,260.2	8,427,173.7	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
17		676,262.8	8,427,178.0	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
18		676,264.9	8,427,181.6	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
19		676,247.8	8,427,160.7	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
20		676,250.4	8,427,165.0	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
21		676,252.9	8,427,169.3	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
22		676,255.5	8,427,173.6	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0
23		676,258.1	8,427,177.9	315.9	11.0	0.0	120.9	10.0

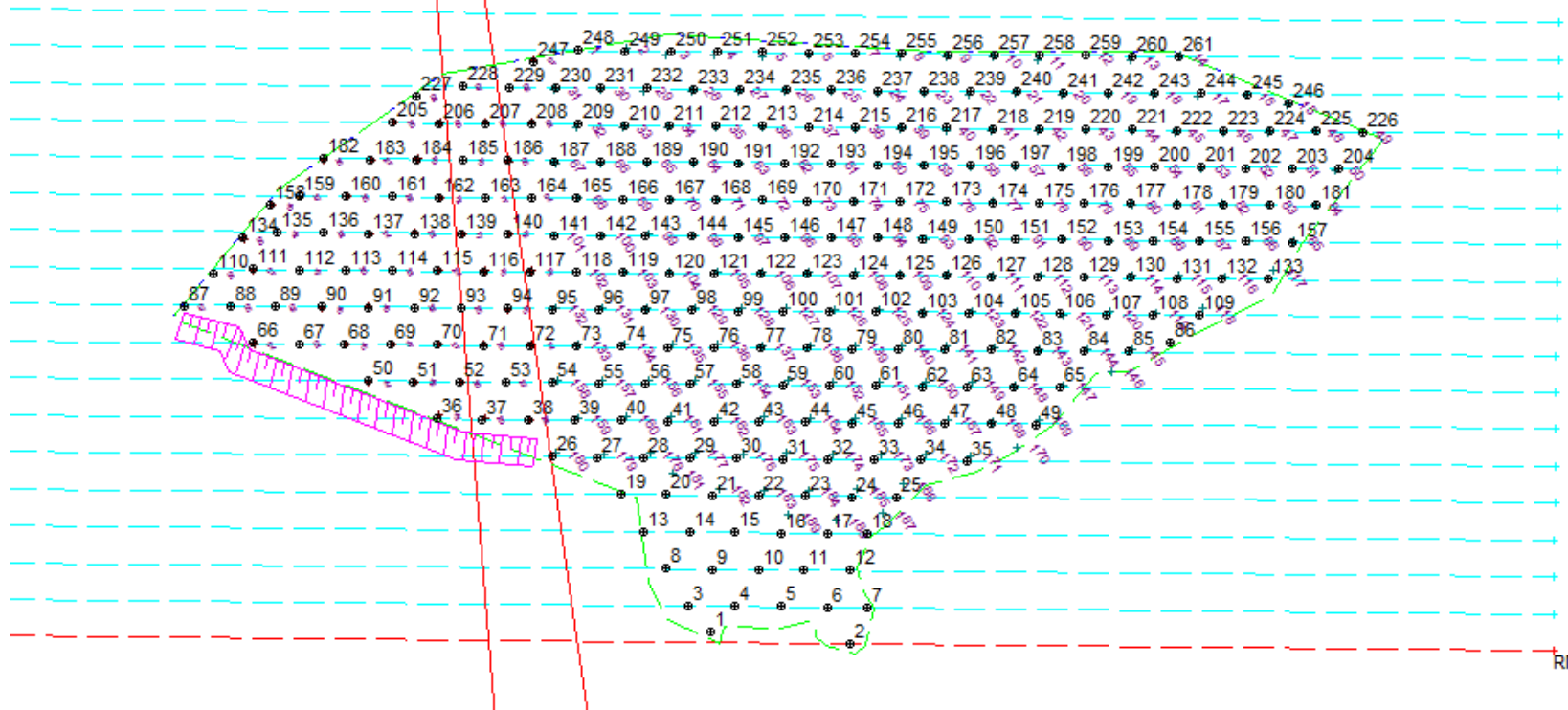
Coordenadas do fogo

Aderência da marcação topográfica:

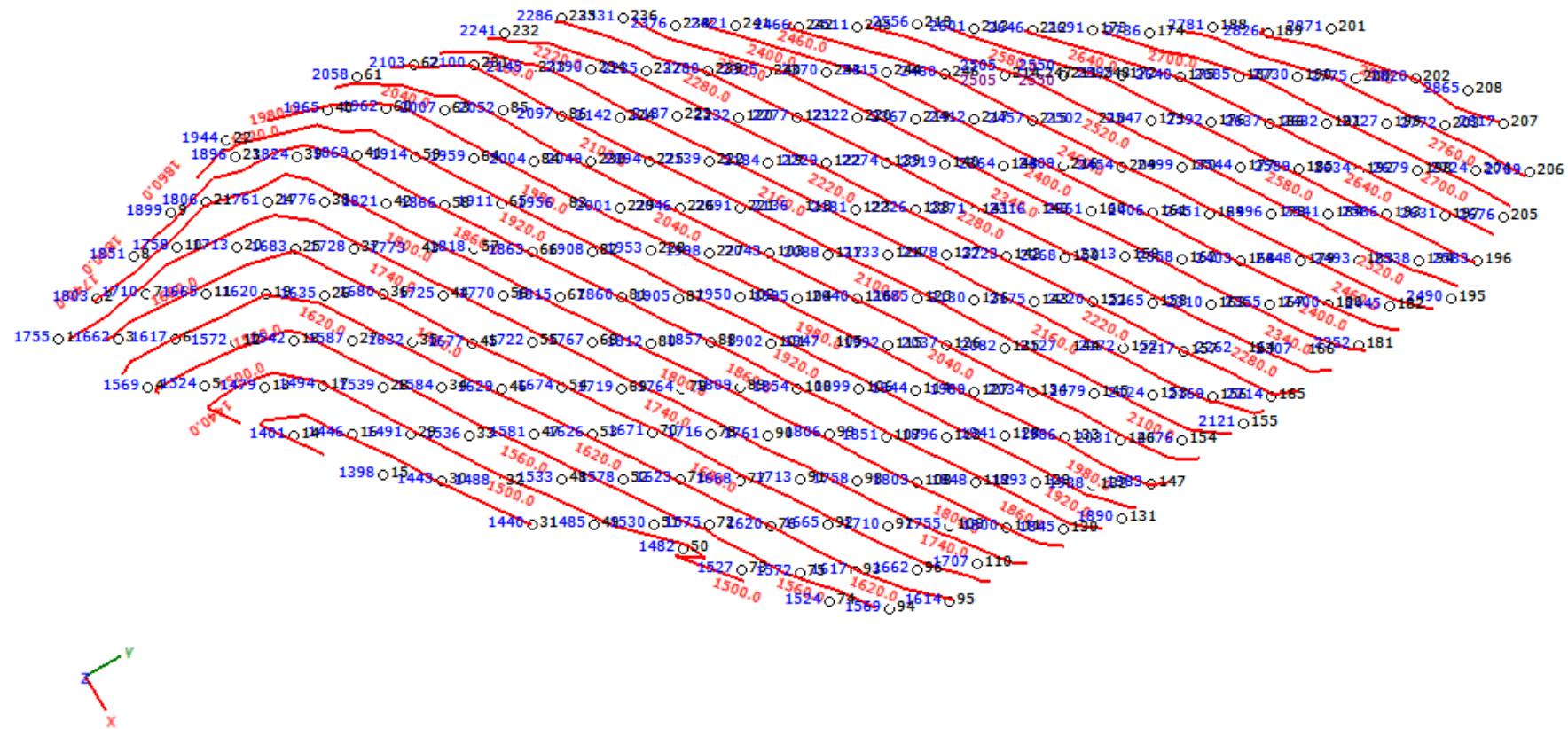
Fogo 150302 Minério Grupo 01

Malha: 4.0 x 5.0

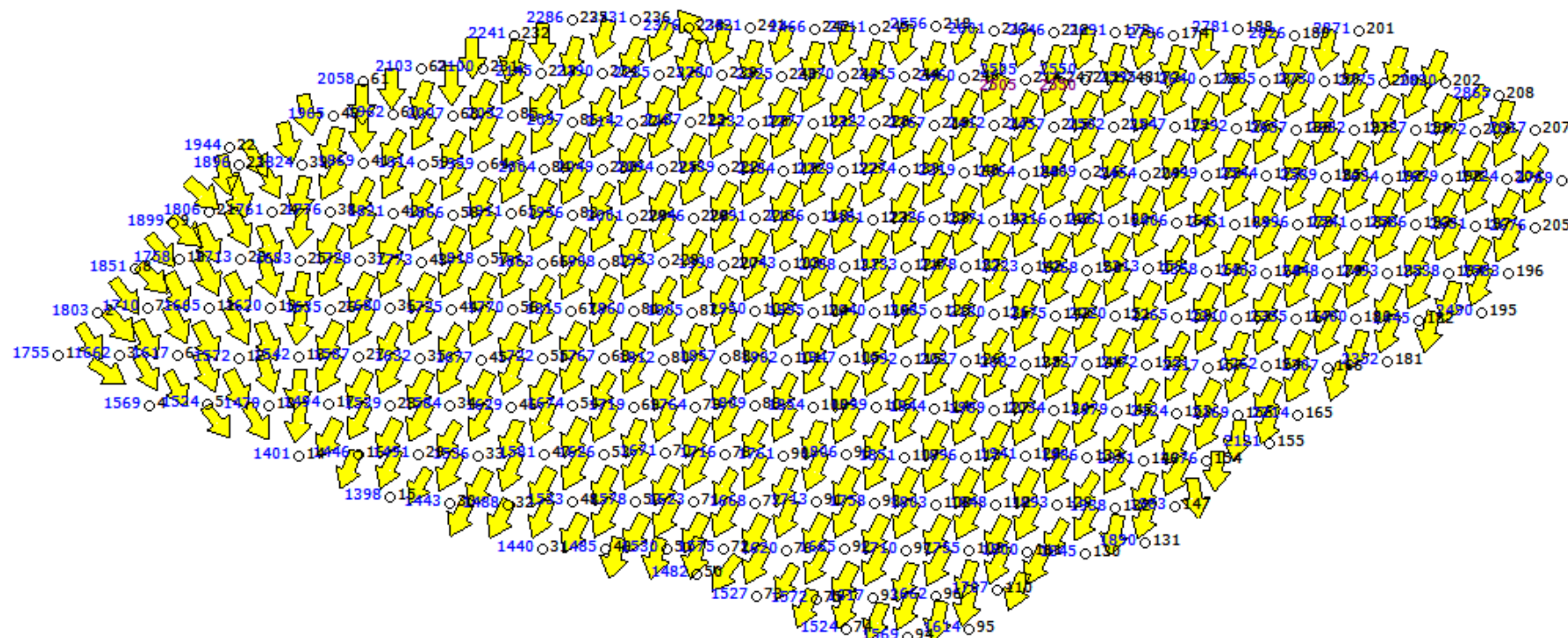
Diâmetro: 6.3/4" Tampão: 3.0 mts



Croqui de carregamento e detonação: Ângulo de iniciação



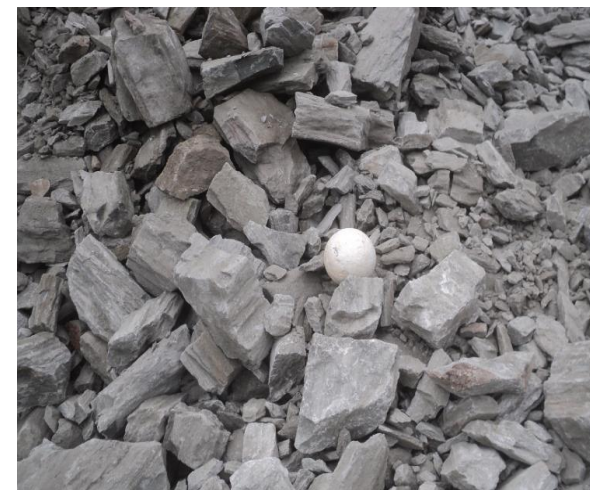
Croqui de carregamento e detonação: Sentido de detonação - 120.000 t de minério



Avaliação prévia da frente desmontada:



Tomada de fotos para análise de fragmentação:

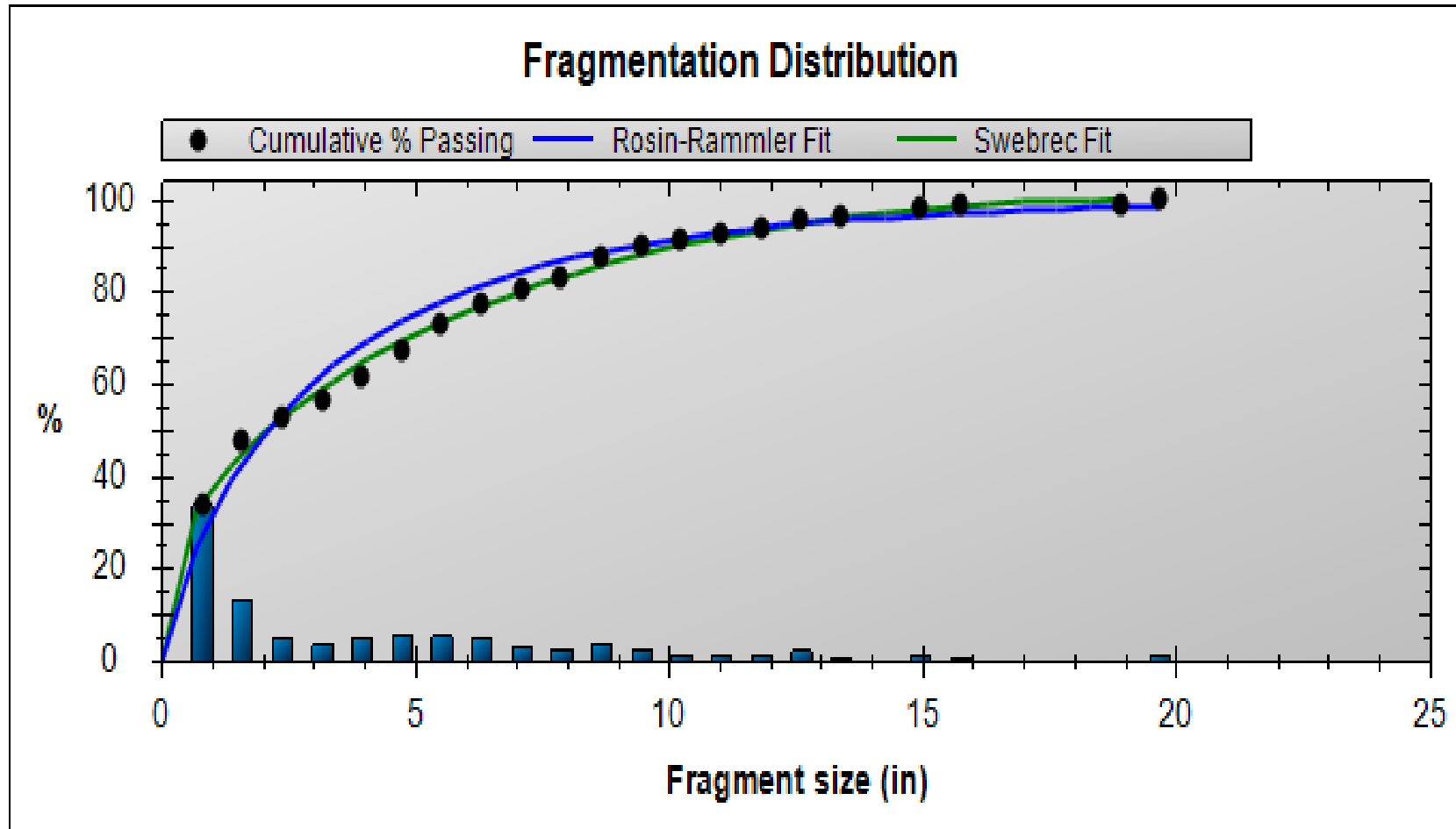


Curva granulométrica (P-80)

Desmonte próximo do objetivo com RC 369 g/t

% Passing	Rosin Rammler Size (in)	Swebrec Size(in)
10	0.224	0.012
20	0.563	0.183
30	1.002	0.625
40	1.557	1.339
50	2.266	2.323
60	3.193	3.599
70	4.466	5.244
80	6.38	7.431
90	9.907	10.655
100	n/a	19.862

Distribuição Granulométrica

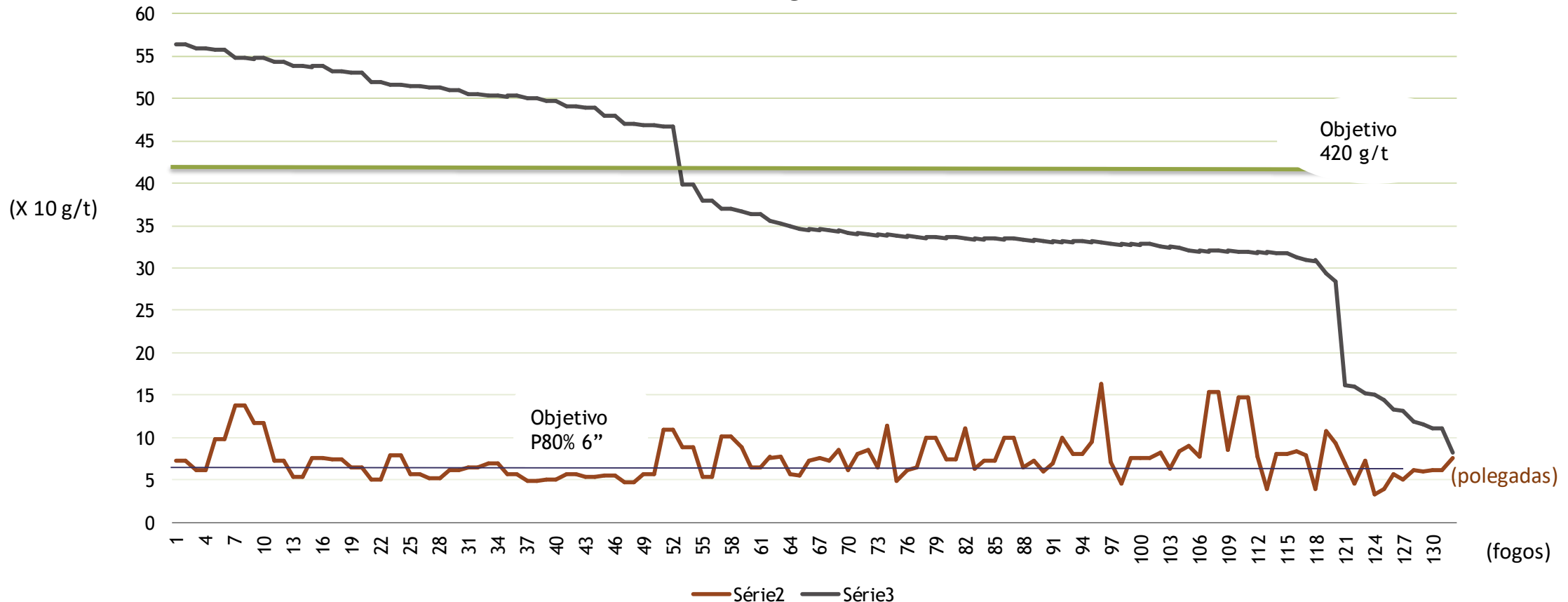


Proposta desmonte padrão - Rocha Grupo 1 6 3/4"

Grupo 1 PIT Norte		
Bench Height	m	10,0
Rock Density	(g/cc)	2,7
Diameter	inches	6,75
Burden	m	4,0
Spacing	m	4,6
Área	m ²	18,4
Subdrilling	m	1,0
Hole angle		0,0
Stemming	m	3,2
Air		0,0
Volume Column Charge	m ³	184
Mass Column Charge	t	497
Drill Index	t/m	45
Explosive density	gr/cc	1,15
Lineal Density	kg/m	27
Powder Column	m	7,8
Charge weight per hole	kg/hole	207
Powder Factor	g/T	417

Razão de Carga x P80

Razão de carga g/t X P80 junho a novembro 2014 ORE Cava Norte
TIPO 1







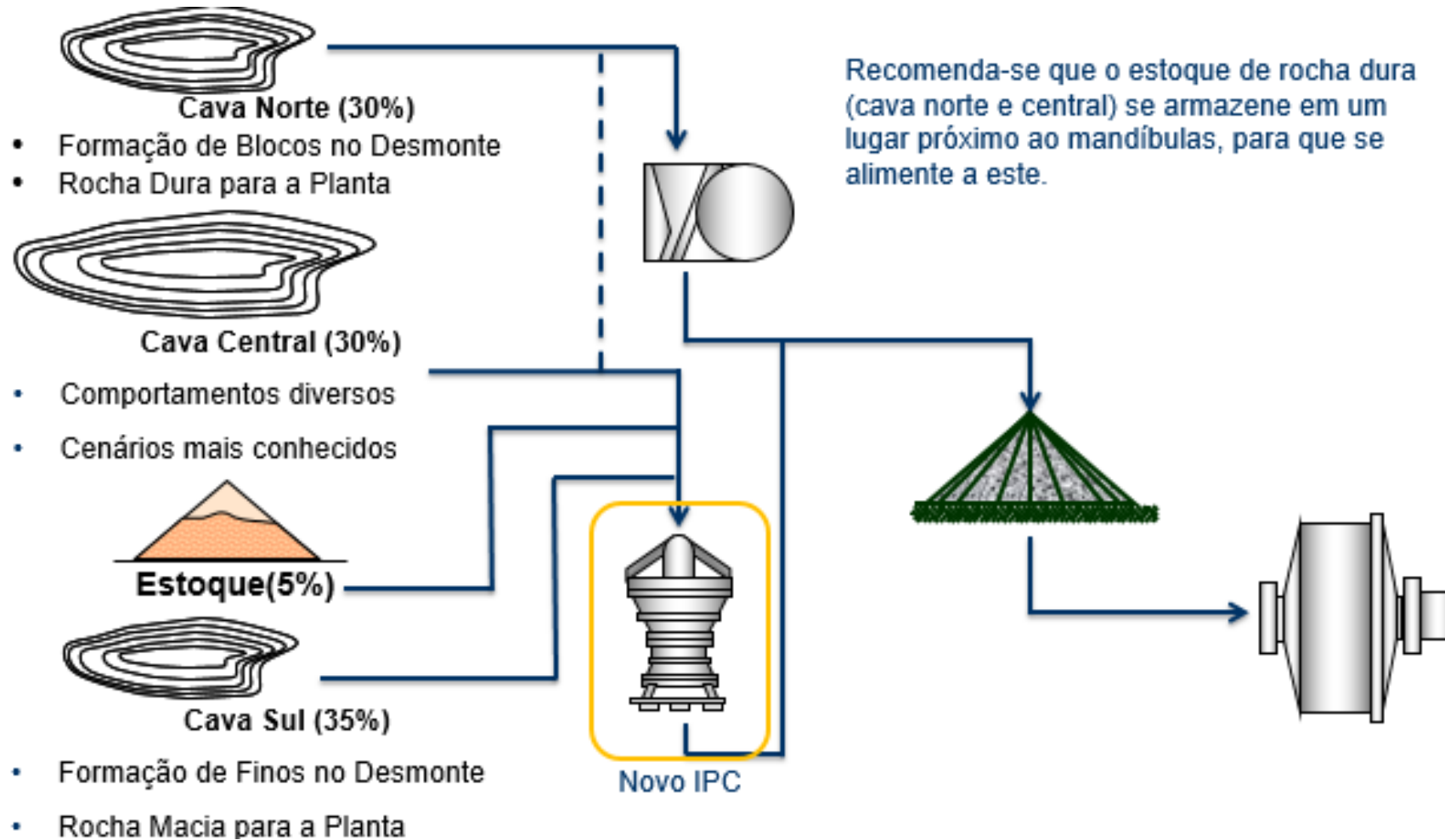




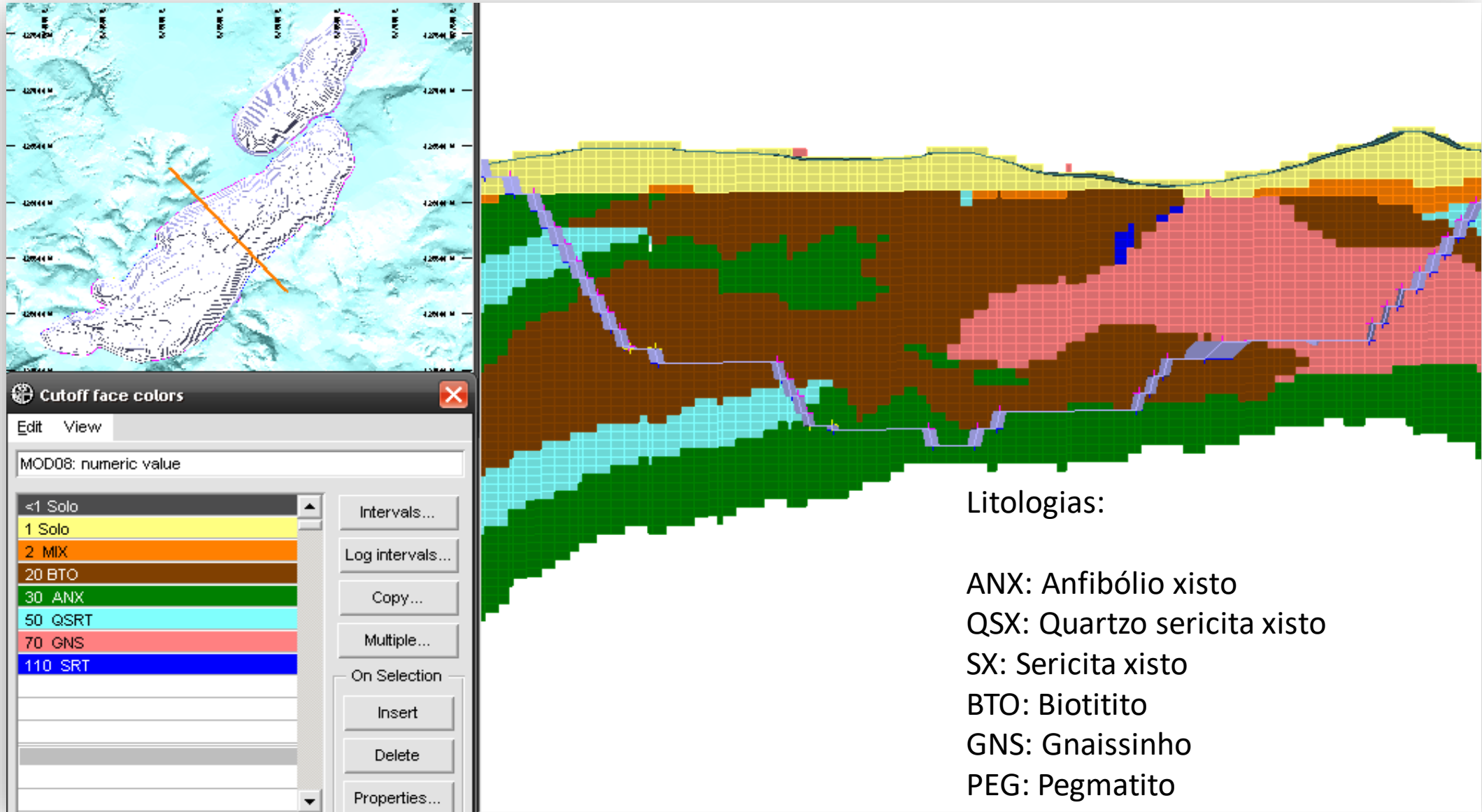




Esquema Geral



Modelo litológico



Litologias:

ANX: Anfibólio xisto

QSX: Quartzo sericita xisto

SX: Sericita xisto

BTO: Biotitito

GNS: Gnaissinho

PEG: Pegmatito

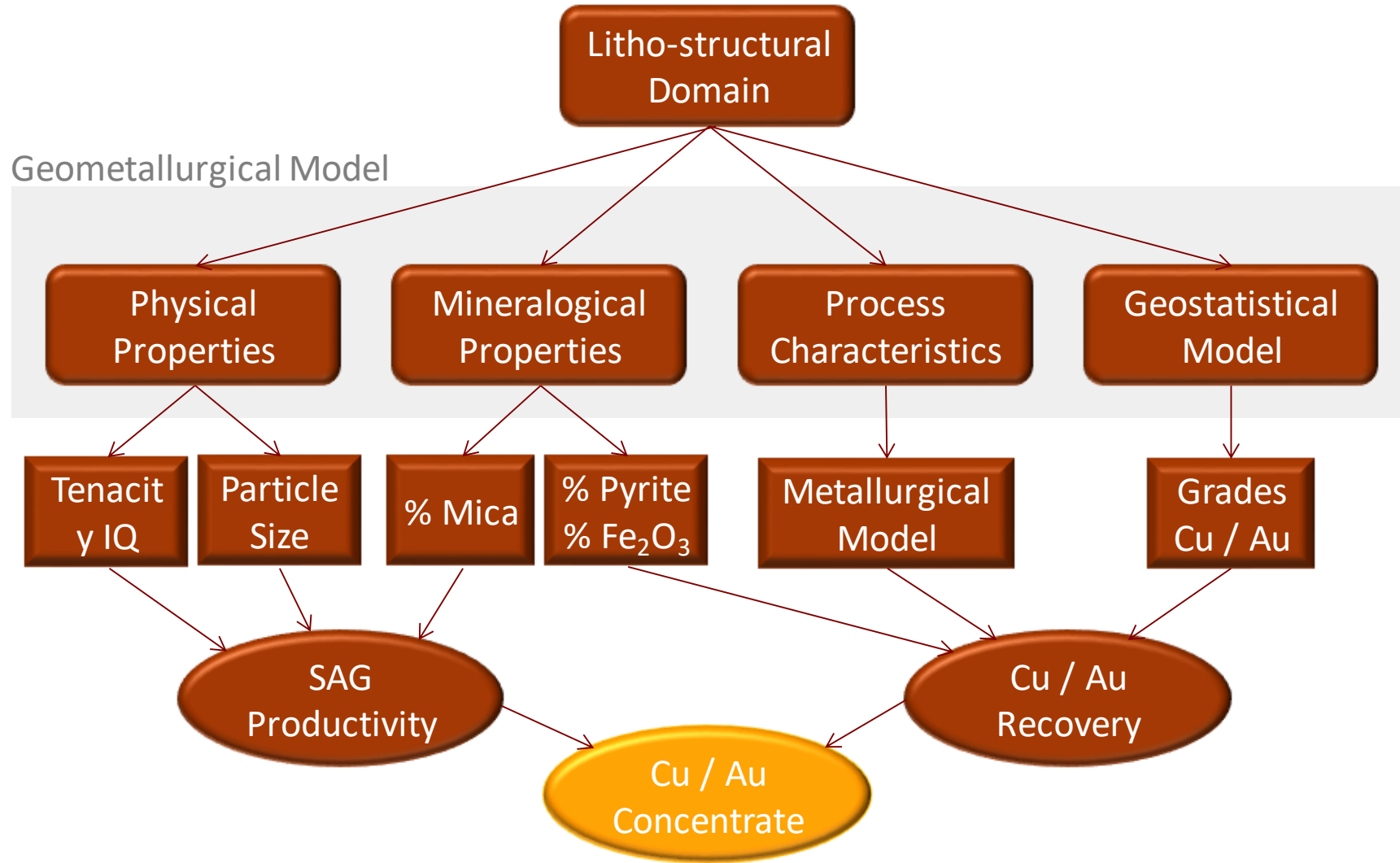
Fragmentação

- Objetivos: Otimização da energia à Detonação
- Recomendações de fragmentação de acordo às propriedades de rocha e seu comportamento nas etapas seguintes do processo

		SAG		Bolas	Complexidade de desmonte	Blasting P80	
		IQ	IQ	WI		Atual	Novo objetivo
Minério	ANX CHAR	28,0	27,1	11,3	5	6-10	5,5-6,5
	ANX PIABA	28,0			5	6-10	5,5-6,5
	BTO PIABA	34,7	48,7	9,1	5	6-10	5,5-6,5
	BTO FOLIADO	66,3	67,1	11,7	3	6-8	6,5-7,5
	QSRT JAÓ	110,1	164,3	13,6	3	6-8	6,5-7,5
	GNS COMPACTO	129,6			1	4-6	7,5-8,5
	GNS MACIO	156,6	177,2	13,9	1	4-6	7,5-8,5
Estéril	ANX CHAR	N/A			5	10-15	10-12
	ANX PIABA	N/A			5	10-15	10-12
	BTO PIABA	N/A			5	10-15	10-12
	BTO FOLIADO	N/A			3	8-12	10-12
	QSRT JAÓ	N/A			3	8-12	10-12
	GNS COMPACTO	N/A			1	8-10	10-12
	GNS MACIO	N/A			1	8-10	10-12



Modelo Tecnológico



Perfuratriz para amostragem – ROC L8 com KIT de circulação reversa 6 ½ “



Modelagem de curto prazo com horizonte mínimo de um ano

40m

- Produtividade do moinho SAG
- Teor de cobre e ouro
- Recuperação metalúrgica Cu e Au
- Custos de lavra – desmonte, carga e transporte
- Amostragem de 10 metros 4 bancos (40 m)
- Representatividade da amostra.....2600 t
- RMU (Reconcilable Mining Unit).....26.000 t

Tabela de origem do minério – modelo tecnológico

Use	Área	Subarea	Massa		NSR (US\$/t)	Au (g/t)	Cu (%)	Py (%)	FeO (%)	Rau (%)	Rcu (%)	F80 (mm)	DMTeq (km)		Dureza (%)
			(t)	%Oper.									IPC	Mand	
✓	Estoque Duro	Estoque duro	4.100	100%	10,00	0,277	0,329	1,93	0,85	50,00	80,00	330	1,20	1,00	100%
✓	Estoque Macio	Estoque Macio	6.772	100%	12,00	0,243	0,342	2,19	1,88	50,00	70,00	330	1,30	1,10	30%
✓	AV-320NE	Min-140713-M	6.142	100%	13,00	0,305	0,401	1,50	1,35	60,00	70,00	180	2,10	3,10	50%
✓	AV-310NE	Min-140808-M	6.511	100%	11,00	0,310	0,428	1,17	1,45	71,89	87,30	140	2,20	3,20	40%
✓	AV-310NE	Min-140809-M	2.662	100%	12,50	0,302	0,341	2,35	1,75	68,81	83,71	150	2,30	3,30	60%
✓	AV-320NE	Min-140811b-M	6.283	80%	9,00	0,219	0,360	1,91	2,00	43,09	79,75	289	2,40	3,40	50%
✓	AVCS-320SW	Min-140813-M	5.359	100%	8,00	0,359	0,490	2,62	1,44	31,54	60,74	330	2,50	3,50	50%
✓	AV-320NE	Min-140814-M	4.416	100%	9,50	0,299	0,339	3,88	1,62	42,18	78,32	248	2,60	3,60	50%
✓	AV-320NE	Min-140820..-M	4.358	100%	15,00	0,333	0,394	1,57	1,50	56,48	81,13	165	2,70	3,70	60%

NSR – Net Smelter Return

Dureza – valores relativos para simulação – IQ – Índice de Quebra

Modelos de Britagem & Limites de parâmetros de Moagem

IPC	mm	pol
AP _A	200	7,87
P ₈₀	128	5,06
t/h	4.263	
t _{lim} /h	3.200	
t/per	504.337	
t _{lim} /per	595.200	
Efetividade (%)	63,6%	

← In-Pit Crusher Model

MAND	mm	pol
AP _F	150	5,91
P ₈₀	120	4,73
t/h	2.396	
t _{lim} /h	3.200	
t/per	181.456	
t _{lim} /per	595.200	
Efetividade (%)	40,7%	

← Jaw Crusher Model

Moagem	mínimo	máximo	passo
Pot.útil total (kW)	10.000	30.000	200
Efic.Energética(%)	70,0%	90,0%	0,5%
W _{lab} (kWh/t)	8,0	16,0	0,2
F ₈₀ (μm)	50.000	150.000	5.000
P ₈₀ (μm)	210	420	5
Efetividade (%)	97,2%		
Pot.útil SAG (kW)	10.500	Efic.En.SAG(%)	80,0%

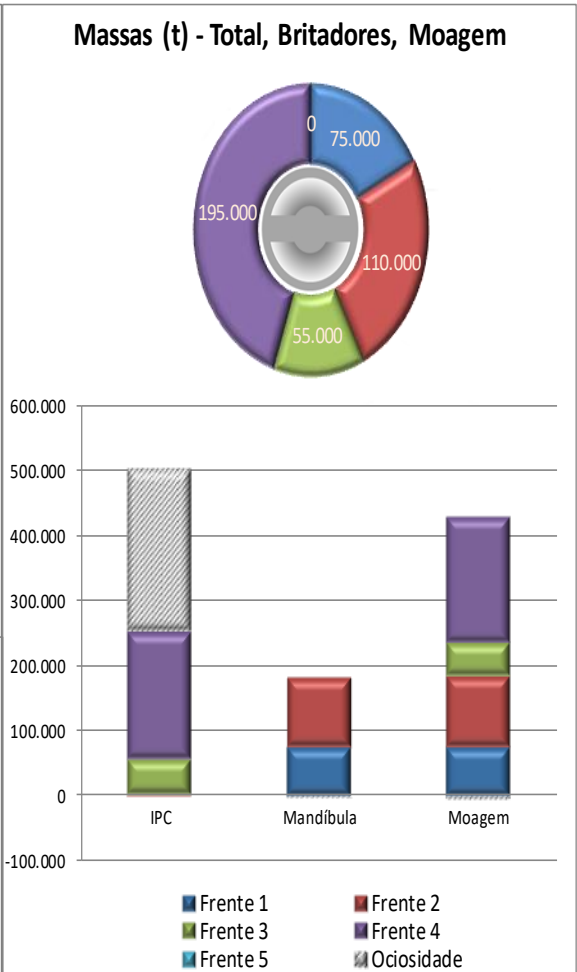
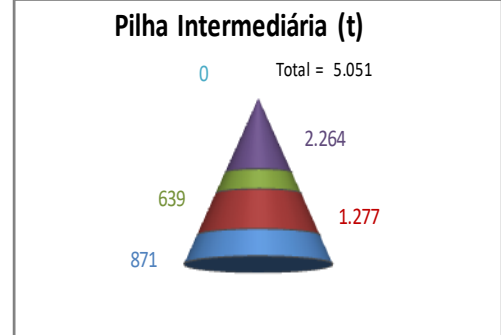
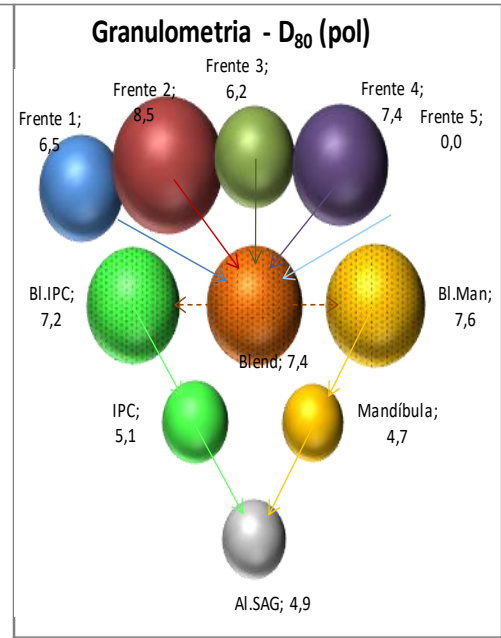
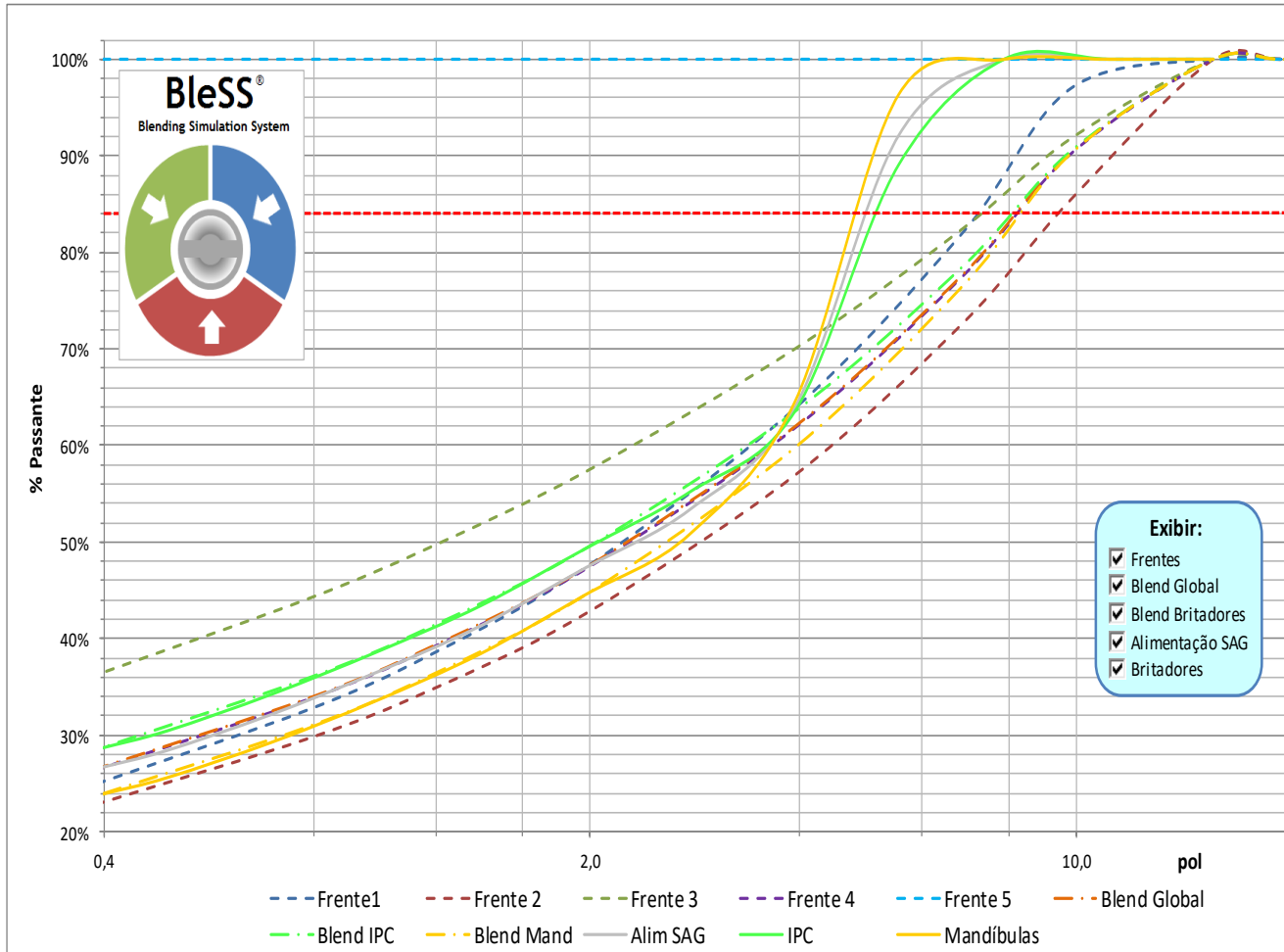
↑ Grinding Parameters Bounds

Simulação de massa/ Otimização

Fixar	Equipamento	Subarea	Massa (t)							Produtos							NSR		Contaminantes		Desmonte	Dureza
			Total	Frente1	Frente2	Frente3	Frente4	Frente5	(%)	Au (g/t)	R _{Au} (%)	Au (oz)	Cu (%)	R _{Cu} (%)	Cu (t)	Total (US\$)	Unit. (US\$/t)	Total (US\$)	Pb (%)	FeO (%)	F80 (mm)	(%)
✓	L9250	150303_310 NE	75.000	75.000					17,2%	0,226	51,4	280,3	0,349	74,4	195	1.639.186	0,0	0	0,003	0,000	165	53%
✓	L9250	150307_310 NE	110.000		110.000				25,3%	0,167	53,5	315,8	0,331	83,2	303	2.404.393	0,0	0	0,004	0,000	216	52%
✓	L9250	150308_330 CS	55.000			55.000			12,6%	0,216	46,7	178,4	0,331	66,5	121	1.024.470	0,0	0	0,006	0,000	157	8%
✓	L9250	Estoque Duro	195.000				195.000		44,8%	0,246	56,0	863,8	0,339	75,0	496	4.353.341	0,0	0	0,001	0,000	188	42%
			0				0		0,0%	0,000	0,0	0,0	0,000	0,0	0	0	0,0	0	0,000	0,000	0	0%
	Restrições	Máximo	685.749	251.100	251.100	251.100	353.400															
		Mínimo																				
	Resultados		435.000	75.000	110.000	55.000	195.000	0	100,0%	0,219	53,4	1638,3	0,338	75,9	1.114	9.421.389	0,0	0	0,003	0,000	188	42%
	Objetivo [> < valor]		>																			

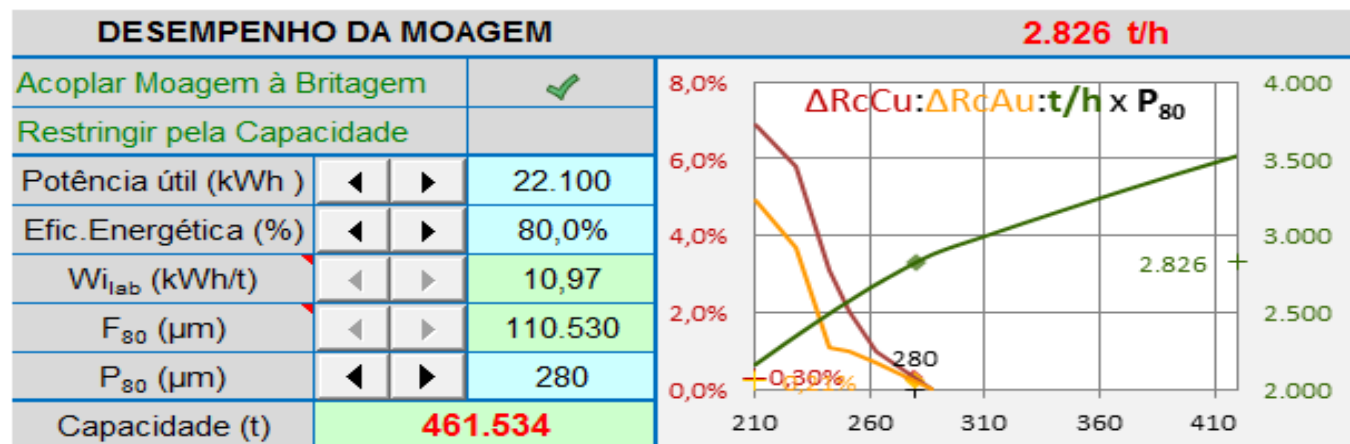
Equipamento	Subarea	Produtos							NSR		Contaminantes		Desmonte	Dureza
		Au (g/t)	R _{Au} (%)	Au (oz)	Cu (%)	R _{Cu} (%)	Cu (kg)	Total (US\$)	Unit. (US\$/t)	Total (US\$)	Pb (%)	FeO (%)	F80 (mm)	(%)
CAT993	Mh-140811b-M	0,219	43,1	156,7	0,360	79,8	477	191.178	9,0	14.941	1,91	2,00	289	50%
L9250	Mh-140808-M	0,310	71,9	1004,2	0,428	87,3	1.684	1.216.307	11,0	49.566	1,17	1,45	140	40%
L9250	Mh-140814-M	0,299	42,2	491,9	0,339	78,3	1.035	597.147	9,5	37.049	3,88	1,62	248	50%
L9250	Mh-140713-M	0,305	60,0	825,7	0,401	70,0	1.267	999.308	13,0	58.656	1,50	1,35	180	50%
CAT993	Estoque Mech	0,243	50,0	366,3	0,342	70,0	722	444.416	12,0	36.180	2,19	1,88	330	30%
Restrições	Máximo										2,10			
	Mínimo													
Resultados		0,286	55,8	2844,7	0,380	77,2	5.184	3.448.356	11,2	196.382	2,10	1,59	208	44%
Objetivo [> < valor]										>				

Resultados - Gráficos

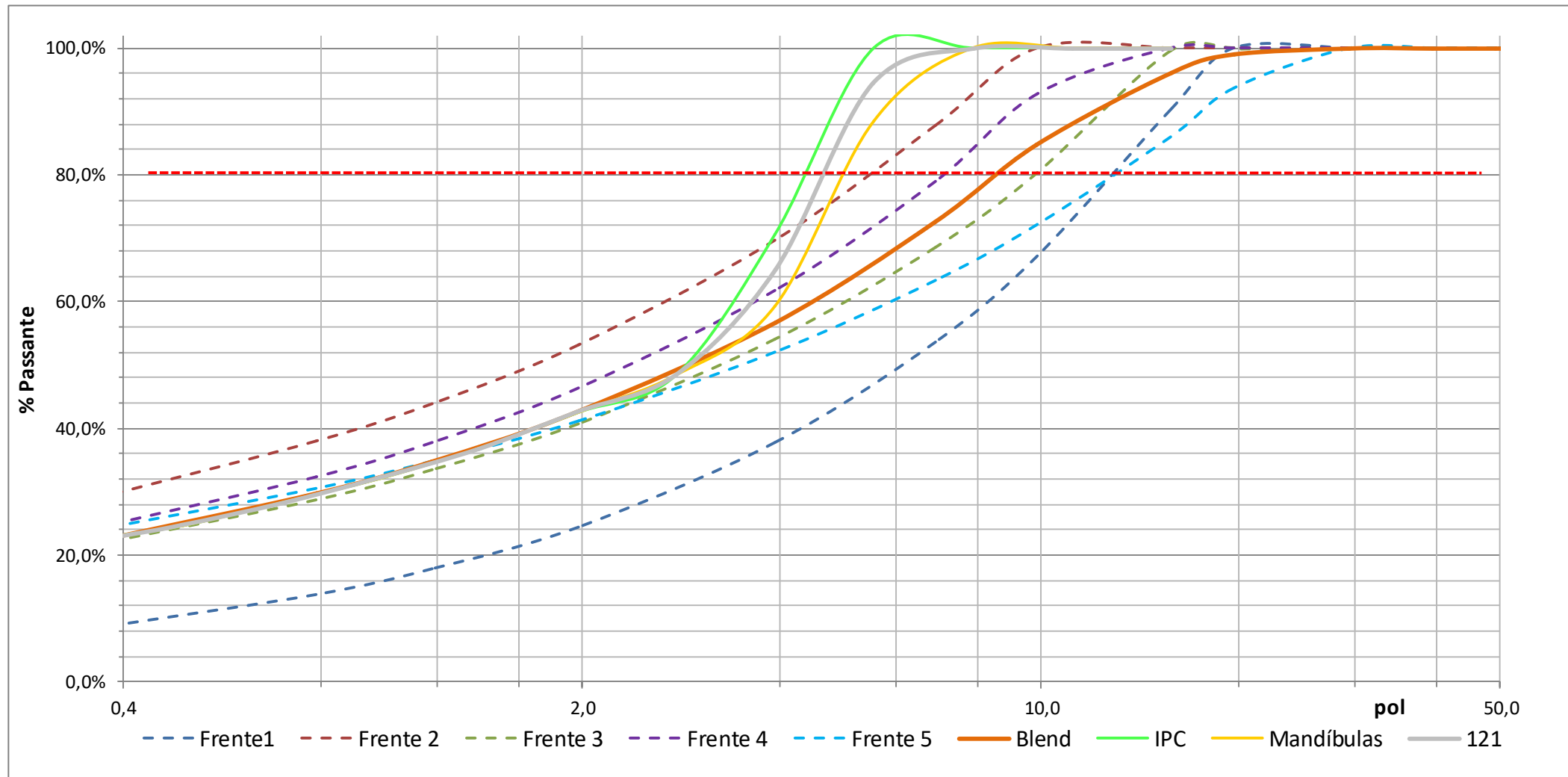


Alocação do Britador & Simulação de Moagem

ALOCAÇÃO DOS BRITADORES							(por DMT)
435.000	IPC		504.337	MAND	(Manual)	81.456	média
483.820	DMT _{eq} (km)	Massa (t)	D x M	DMT _{eq} (km)	Massa (t)	D x M	DMT _{eq} (km)
Frente 1	10,00	0	0	2,11	75.000	158.025	2,11
Frente 2	10,00	3.324	33.244	2,72	106.676	290.051	2,94
Frente 3	0,01	55.000	550	2,44	0	0	0,01
Frente 4	0,01	195.000	1.950	0,80	0	0	0,01
Frente 5	0,00	0	0	0,00	0	0	0,00
Total		253.324	35.744		181.676	448.076	1,11



Curvas - Distribuição Granulométrica



RESULTADOS E CONCLUSÕES

1. Estabilidade nos produtos do desmonte, dos britadores e da moagem
2. Aderência de 96 % no cobre e 98% no ouro entre a previsão usando o modelo tecnológico e os resultados da planta industrial
3. Incremento de recuperação de cobre e ouro
4. Redução do custo de energia por tonelada processada, com o aumento da produtividade
5. Maior assertividade nos orçamentos mês a mês, usando as simulações
6. Menor variabilidade na produção da planta dia a dia
7. Integração do sistema “BLESS” com os sistemas de planejamento e controle da mina e da planta incrementada a qualidade e confiabilidade das informações.

Trabalho desenvolvido por Luiz Eduardo Campos Pignatari com colaboração dos engenheiros Juliana Levino , Maurício Dompieri , João Augusto Segato e Edson Luis Rodrigues

Desenvolvimento tecnológico - DTM (Dompieri Tecnologia em Mineração)

Obrigado