

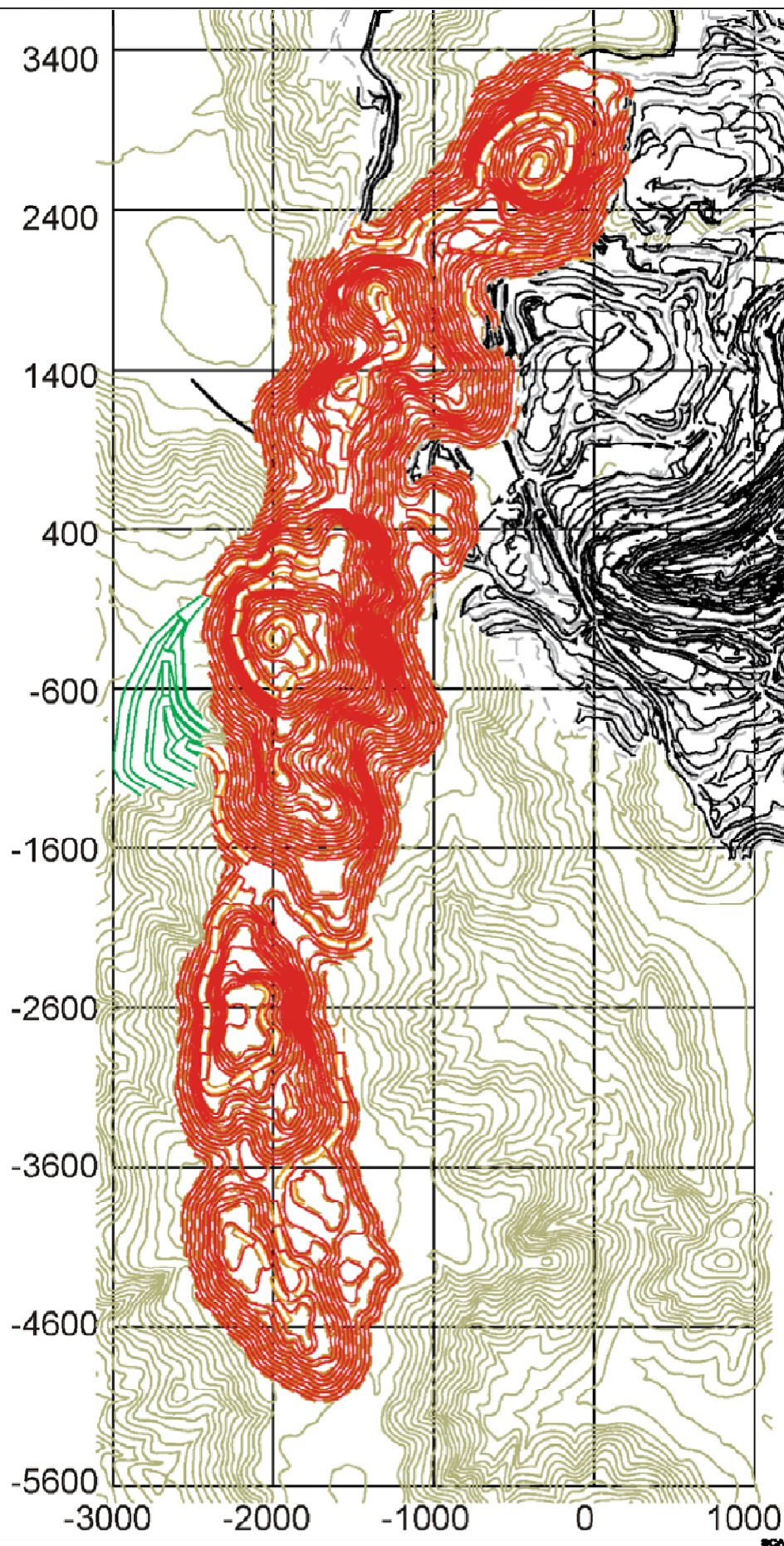


表 8-2

Vale

北部體系儲量審核

現有礦場設備機群

卡拉加斯礦場機群 – 2008年12月		模型	產能	數量
機群總計 - 鑽探				17
PF-02	Tamrock Diesel Rubber tired	D80K	9 7 / 8" a 12 1 / 4"	1
PF-06	Tamrock Diesel Crawler	CHA700	3,4" a 4"	1
PF-07	Ingersoll Rand Diesel Crawler	DML	10"	3
PF-24	Ingersoll Rand Diesel Rubber	T4BH	10"	9
PF-67	tired	PIT VIPER	10"	2
PF-68	Atlas Copco Diesel Crawler	DM30	6"	1
機群總計 - 挖斗機				18
ES-13	P&H Electric	2800 XPB	40 立方碼	2
ES-14	Bucyrus Erie Electric	295 BII	22 立方碼	4
ES-20	Komatsu Hydraulic	PC8000	50 立方碼	5
ES-21	Bucyrus Erie Electric	395 BII	36 立方碼	3
ES-60	O&K Hydraulic	RH200	23 立方碼	2
ES-90	O&K Hydraulic	RH340	31 立方碼	2
機群總計 - 前裝載機				17
PC-77	LeTourneau	L1850	22 立方碼	6
PC-79	LeTourneau	L1800	22 立方碼	2
PC-80	Komatsu	WA1200	19 立方碼	9
機群總計 - 運輸卡車				102
CM-40	Caterpillar - 2286 HP	793C	278短噸 / 252公噸	40
CM-41	Terex - 2287 HP	MT4400	253短噸 / 230公噸	5
CM-43	Komatsu - 2500 HP	830E	268短噸 / 243公噸	19
CM-47	Caterpillar - 1348 HP	785C	150短噸 / 136公噸	12
CM-50	Caterpillar - 1900 HP	789C	190短噸 / 172公噸	16
CM-53	Komatsu - 2500 HP	830E A / C	268短噸 / 243公噸	10
機群總計 - 推土機				43
TE-29	Caterpillar	D11R	850馬力	16
TE-32	Caterpillar	D9R	405馬力	12
TE-39	Komatsu	D475A5	860馬力	13
TE-36	Caterpillar	D6R	165馬力	1
TE-37	Komatsu	D155A	305馬力	1
機群總計 - 膠輪推土機				14
TP-33	Caterpillar	854 G	880馬力	10
TP-34	Caterpillar	824 G	339馬力	2
TP-51	Komatsu	WA900	880馬力	2
機群總計 - 平地機				12
MT-30	Caterpillar	16 G	275馬力	1
MT-31	Caterpillar	24H	500馬力	11
機群總計 - 輔助前裝載機				3
PC-22	LeTourneau	L1400	19立方碼	1
PC-27	Caterpillar	990II	11立方碼	2
機群總計 - 水卡車				3
TQ-49	Caterpillar / Haulpak Dresser	CAT 789 / 830E	90立方米	3

截至2008年8月的設備機群

表 8-3

Vale

北部體系儲量審核

30百萬公噸／年擴充礦場設備機群

設備數量	參考模型	2008年	2009年	2011年	2013年	2014年	總計
鑽機 10"	DML / PIT VIPER	1					1
鑽機 8"	Driltech D55SP / Sandvik D245S		1				1
挖斗機	PH2800 / BE 395	2					2
水力挖斗機	PC8000	1	1				2
前裝載機	LeTourneau L2350		1				1
前裝載機	CAT 988	1					1
卡車	LIEBHERR T282B / TEREX 6300		2				2
卡車	CAT 793D	19		1	1	1	22
卡車 8x4	Scania P124 / Volvo		7				7
卡車 6x6 及 6x4	MBLK2638 / Kom HD 255-5		3				3
推土機	CAT D11 / KOM 475	5	1	1			7
推土機	CAT D9	1					1
推土機	CAT D6	2	1				3
輪式推土機	CAT 854 / WD900	2	1				3
平地機	CAT 24 H	2				1	3
平地機	CAT 16 M	1	1				2
後洞斗機	CAT 345	2	3				5
水卡車 8X4	Scania P124 - 30.000 liters		3				3
總計	-	39	25	2	1	2	69

表 8-4

Vale

北部體系儲量審核

N4E及N4W礦場所的儲量

N4E及N4W儲量概要	探明		可能		總計		其他參數				
	公噸	鐵%	公噸	鐵%	公噸	鐵%	硅%	鋁%	磷%	錳%	強熱失量%
N4E											
赤鐵礦	342.5	66.5%	99.9	66.0%	442.4	66.4%	1.52%	1.03%	0.022%	0.40%	1.73%
鐵英岩											
礦石總計	342.5	66.5%	99.9	66.0%	442.4	66.4%					
廢料					554.2						
總變動					996.6						
N4W											
赤鐵礦	1,324.8	66.5%	288.3	66.1%	1,613.0	66.5%	1.14%	0.76%	0.027%	0.39%	2.41%
鐵英岩											
礦石總計	1,324.8	66.5%	288.3	66.1%	1,613.0	66.5%					
廢料					1,588.6						
總變動					3,201.6						
N4E及 N4W 總計											
赤鐵礦	1,667.3	66.5%	388.2	66.1%	2,055.4	66.5%	1.22%	0.82%	0.026%	0.39%	2.26%
鐵英岩											
礦石總計	1,667.3	66.5%	388.2	66.1%	2,055.4	66.5%					
廢料					2,142.8						
總變動					4,198.2						

8.6 選礦

8.6.1 現有卡拉加斯選礦設備

產品

赤鐵礦產品主要有三大類，分別為塊礦、燒結用粉礦及球團用粉礦，本質屬不同粒度的原礦。可因應市場需求或客戶的喜好生產該等產品的次類別產品。一般而言，次類別產品的任何產品質量差異源於產品篩分（粒度測定）的輕微變化或化學分析。

塊礦是最先提煉出的產品，亦為粒度最粗的產品，包含粒徑介乎11毫米至25毫米的礦塊。該類產品生產供應巴西本土市場及出口，可用作生產液態鐵及金屬鐵的高爐給料。粗度居次的產品為燒結用粉礦，包含粒徑介乎0.5毫米至11毫米的礦塊。燒結用粉礦不可直接用作煉鐵的高爐給料，皆因其所含礦塊體積太小，容易堵塞高爐。故此，燒結用粉礦須由客戶選礦，製成可用於高爐的較大礦塊，有關工序涉及利用冶金爐的高溫環境將細小礦塊熔合（或燒結）成所需的較大礦塊。

第三類產品為球團用粉礦，礙於其太微細亦不能用作高爐給料，須通過類似生產燒結的工序將之壓縮成球團。球團用粉礦所含顆粒粒徑一般介乎20微米至0.5毫米，若未經造球工序而直接作高爐給料，會如粉塵般從高爐吹出。用於製造球團用粉礦的若干細粒礦石物料，必須以球磨機磨成顆粒粉末，以達至可接受的球團用粉礦所需的粒度測定。造球工序中，會將細粒鐵礦石與添加物混合以形成細小球團（直徑介乎6毫米至18毫米），然後在冶金爐中以攝氏1,300度左右的溫度燒焦，以製成適用於高爐的產品。

該三類鐵礦石產品的化學成分頗類似，皆因選礦涉及的所有工序不會顯著提升礦石成分的質量。選礦主要著眼於提煉三類不同粒度的產品。塊礦所佔百分比自2006年以來顯著下降，並將繼續僅佔產量的5%至6%。球團用粉礦所佔百分比維持穩定，燒結用粉礦所佔百分比則有所增加。未來塊礦及球團用粉礦將僅佔產量的10%至15%，對比2006年及2007年的20%至24%。北部廠房（30百萬公噸／年）及全新Serra Sul廠房（100百萬公噸／年）的未來擴建工程將只集中生產燒結用粉礦，故卡拉加斯綜合礦場項目日後生產的產品幾乎全部為燒結用粉礦。Vale的總綱計劃是將南部體系礦場生產的所有球團用粉礦供本土使用及出口。北部礦將生產足夠的球團用粉礦供給位於São Luis鄰近Ponta da Madeira港口的團礦場。

表8-5顯示卡拉加斯綜合項目最近期的年產量及產品化學質量。

表8-5

Vale

北部體系儲量審核

年產量及化學質量概要

	2006年	2007年	2008年 (估計)	2009年 (預測)
原礦礦石 (百萬公噸 / 年)	90.7	106.8	120.8	145.1
產品 (百萬公噸 / 年)	81.8	91.7	98.6	122.8
塊礦	11.4	11.1	8.1	8.4
燒結用粉礦	60.3	67.5	78.1	105.4
球團用粉礦	10.1	13.1	12.4	9.0
尾礦 (百萬公噸 / 年)	8.9	15.1	22.2	22.3
產量 (%)	%	%	%	%
原礦	100	100	100	100
產量	90.1	85.8	81.6	84.7
塊礦	12.6	10.4	6.7	5.8
燒結用粉礦	66.4	63.2	64.7	72.7
球團用粉礦	11.1	12.2	10.2	6.2
尾礦	9.9	14.2	18.4	15.3
鐵含量 (%鐵)	% 鐵	%鐵	%鐵	%鐵
產量				
塊礦	--	65.14	64.12	63.26
燒結用粉礦	--	66.20	66.24	65.79
球團用粉礦	--	65.65	65.43	65.44

選礦設備

年產量由2006年的每年約8,200萬公噸（百萬公噸／年）大幅增加至2007年的約92百萬公噸／年，2008年更達到100百萬公噸／年，計及將於下文論述的30百萬公噸／年擴建工程，未來數年將攀升至122百萬公噸／年以上。產量得以增至100百萬公噸／年，是通過多個資本改進項目，以及以較快給料速率操作若干現有選礦設備和輔助設備而達致。目前的正常給料速率為每小時20,000公噸。惟達至更高生產水平的代價，是鐵損增加及廢棄的高品位細粒尾礦大幅增加，以及輸送帶出現若干顯著偏移，以致輸送帶元件損壞及損失工序作業時間。

設備使用率在過去三年維持在80%餘左右，2006年為86.46%，2007年為89.51%，預計2008年為82.98%。該記錄低於其他礦場及廠房的表現水平，為短期內應予改善的一環。鐵產品的回收率在過去四年由90%下降至81.6%。本期間內，送到尾礦庫作棄矸儲存的細粒尾礦的實際噸數由9百萬公噸／年增至超過22百萬公噸／年（為平均超過60%鐵的含鐵物料）。該等尾礦料含極微細及高品位鐵礦物顆粒，對其他礦場而言可能屬優質礦石，並具回收及利用現有技術轉化成球團用粉礦產品的潛力。

北部體系礦場於2004年及2005年進行的審核詳細報告工序流程圖及設備。本審核將概述較早期的工序，相對於現有選場而言屬準確可靠。本審核將著眼於主要選礦步驟及主要設備與設施。

工序包括粒度降低及篩分以提煉三類不同粒度的產品，同時通過小心混合開採自露天礦工作面的物料控制產品的化學成分。整個選礦過程由以下步驟組成：

- 礦石在四個地點進行粗級破碎並輸送至中央選礦設備均質器。
- 二次破碎及篩分
- 三次破碎及篩分
- 水力旋流脫泥
- 球磨
- 脫水及過濾
- 產品儲存、調合及付運

現有選礦設備的簡明流程圖見圖8-3。個別組成部分在下文論述。

粗級破碎

粗級破碎在固定粗級破碎站或三個半移動破碎站的其中之一進行。露天礦的大部分粗級破碎工作以半移動破碎機進行，因較往來固定破碎機省時方便。半移動機組為顎式破碎機，而固定破碎機為回轉式破碎機。原礦礦石只需進行少量破碎，大部分礦石通過破碎機前端的格篩繞過破碎機。經破碎的礦石由帶式輸送機送入料倉，再進行二次破碎，標誌著選礦過程實際開始。

二次破碎及篩分

在二次破碎階段，源自粗級破碎的所有產品以75毫米為準進行乾法篩分，超粒會進入二級圓錐破碎機。圓錐破碎機為閉式回路運行並配有篩，故破碎機排出的產品會再循環返回礦石儲料倉作再次篩分。小於75毫米的產品可篩下進入二次篩分設備前的儲料倉。礦石通常只需進行少量破碎，故篩下超粒及破碎給料的噸數偏低。

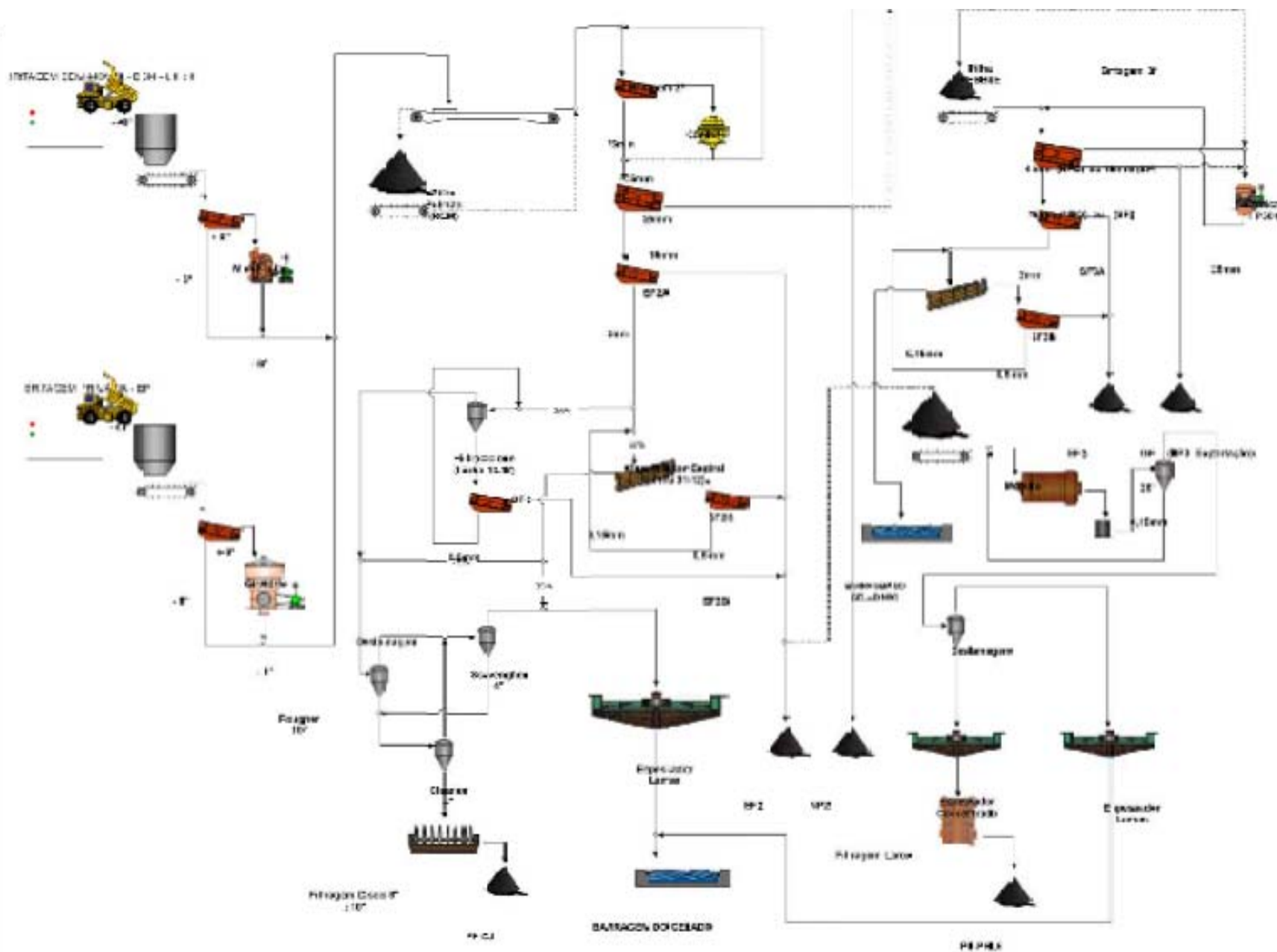


圖 8-3
現有卡拉加斯廠房簡明流程圖

二次篩分

二次篩分是卡拉加斯選礦廠的選礦流程的重要環節，乃生產製成品的首個步驟，並提供半成品供下游業務作進一步加工，故被視為卡拉加斯選礦業務的重心。17條平衡線處理小於75毫米的給料。17個篩其中6個可作乾法操作，其餘11個篩則用水噴濕篩作濕法操作。所有其他下游業務均為濕法選礦。

篩分機裝有雙層篩板，上層篩板入口孔闊25毫米，下層篩板入口孔闊11毫米。上層篩板的超粒（-75毫米 +25毫米）由輸送帶送到儲存倉作為三次破碎步驟的給料。下層篩板的超粒（-25毫米 +11毫米）會收集並儲存於混料堆作最終塊礦產品。下層的細粒進入另一組33個入口孔闊2毫米的單層篩進行脫水及生產燒結用粉礦。該等篩分機篩出細粒的送入11個螺旋分級機或6排水力旋流器。兩者均旨在為-2毫米產品分級及提供脫水產品送入18個入口孔闊0.5毫米的單層脫水篩。篩分出的超粒匯合來自先前篩分步驟的-11毫米 +2毫米給料形成第二部分的燒結用粉礦產品。 -0.5毫米篩分細粒產品返回螺旋分級機及／或水力旋流器，該兩個分級機的篩上物進入脫泥旋流器。

三重旋流脫泥

來自二次篩分設備-0.5毫米的礦漿篩上物通過三個獨立水力旋流處理步驟完成脫泥。首個步驟使用80個直徑10英寸的粗糙旋流器產生篩下物產品送入160個直徑4英寸的過濾式旋流器。過濾式旋流器篩下物產生名為天然球團用粉礦的球團用粉礦產品並在圓盤真空過濾器脫水形成球團用粉礦濾餅產品。粗糙旋流器及過濾式旋流器所產生的旋流器篩上物產品送入400個直徑4英寸掃洗旋流器，以回收額外細碎鐵物料。掃洗旋流器篩上物為最終礦泥尾礦產品，會泵送到兩個直徑80厘米的尾礦濃密機其中之一。濃密機底流泵送到尾礦池儲存，濃密機溢流水則返回選礦廠循環再作加工用水。掃洗旋流器底流亦送到過濾式旋流器，匯合粗糙旋流器底流。

三次破碎及篩分

二次篩分設備所產生存放於儲存倉的-75毫米 +25毫米超粒產品是三次破碎及篩分操作的給料來源。該等物料從儲存倉取出並送入六個連續及閉式回路運行的平衡雙層振動篩線並配有六個三級圓錐破碎機。上層篩板的入口孔闊45毫米，下層篩板的入口孔闊13毫米。上層超粒（-75毫米 +45毫米）送入三級破碎機，碾碎的產品返回篩給料。下層超粒（-45毫米 +13毫米）回收作塊礦產品。 -13毫米的細粒產品會在入口孔闊2.0毫米的篩進行脫水，以生產(-13毫米 +2毫米)燒結用粉礦產品。脫水細粒進入螺旋分級器產生粗粒級（-2毫米 +0.15毫米），粗粒級送進入口孔闊0.5 毫米的脫水篩。篩分超粒會回收作燒結用粉礦並匯合此工序較早前生產的-13毫米 +2毫米燒結用粉礦產品。 -0.5毫米的篩分細粒產品返回螺旋分級器。螺旋分級器溢流（尺寸為-0.15毫米）為最終尾礦，會導入尾礦儲存槽。

該設備亦可選擇從二次篩分設備取出-75毫米 +25毫米的產品並直接送入三級破碎機而不事先經過三次篩分。破碎機排出的產品會進入三次篩分以完成流程。

球磨

倘需要額外球團用粉礦或不同規格的球團用粉礦，會利用球磨工序生產名爲人造或加工球團用粉礦的產品。該產品通過取出二次篩分設備所生產的部分燒結用粉礦並將之從儲存倉運送到球磨設備料倉進行再加工。礦石從料倉取出並送入兩個相同及平衡的球磨流程，各含一個閉式回路運行並配有8個直徑26英寸的水力旋流器的大型球磨機。水力旋流器底流再循環回到球磨機，溢流則以180個（直徑4英寸）水力旋流器處理進行脫泥。脫泥水力旋流器溢流爲最終尾礦，泵送到尾礦儲存槽前會通過尾礦濃密機。脫泥水力旋流器底流爲最終球團用粉礦產品，在壓力過濾器過濾前會泵送到精礦濃密機。

脫水及過濾

各類產品的脫水及過濾已於本報告其他章節簡述。該等意見將整合及總結選礦廠的脫水及過濾工序。來自二次篩分設備的細泥尾礦在兩個直徑80米的尾礦濃密機處理，底流泵送到Gelado尾礦庫。濃密機溢流返回選礦廠循環再用作加工用水。球磨脫泥工序所產生的細泥尾礦在直徑34米的單一濃密機處理，底流泵送到Gelado尾礦庫。同樣地，溢流循環再用作加工用水。

兩類球團用粉礦產品均須脫水及過濾。天然球團用粉礦經八個真空過濾器（直徑8尺，10個圓盤）過濾前，在水力旋流器進行濃縮。濾餅濕度一般偏高，平均約爲10.5%但可高達12%。人造球團用粉礦送入八個（132平方米）壓力過濾器前，在直徑26米的單一傳統濃密機進行濃縮。所產生的濕度水平較真空過濾機爲佳，平均約爲9.4%。

產品儲存、調合及付運

整個北部體系礦區生產的所有產品存放於料堆或儲存倉預備作調合及最後裝卸。堆貨場劃分為預留作儲存不同質量產品的區域，有足夠空間及能力處理所有產品，並設有四部輸送帶堆料機、兩部斗輪堆取料機及一部堆取料機。產品裝上軌道車及以330部軌道車（33,000公噸）及4部機車付運892公里到位於São Luis的Ponta da Madeira海上轉運站。

討論

位於卡拉加斯的北部體系礦場的鐵礦石選礦業務主要為物料處理。選礦步驟利用傳統技術及設備。高選礦率及高回收率為選礦廠提供世界級的低營運成本。首11個月的營運成本為每公噸2.63美元。高品位礦石及產品，結合極低的每噸營業成本，為業務提供利潤可觀的營商環境。

然而，Pincok發現業務在若干範疇未達世界級表現，分別為：

- 設備使用率，
- 回收率下降，
- 輸送帶問題及溢出物料，及
- 過濾設備過量溢出。

匯報的年設備使用率為83%至89%，應可提升至最少90%，長遠目標是達到92%。回收率下降導致每年損失數以百萬噸的高品位細粒物料，當中大部分應可利用已知技術回收。生產目標似乎甚高，導致工序過於緊湊頻繁，造成鐵損偏高。

觀察到（從二次篩分設備及外部堆貨場及堆取輸送帶）的輸送帶邊緣破損、輸送帶溢出物料、輸送帶托輥及回轉段托輥損毀以及輸送帶回轉過度等情況頗為嚴重，在以往審核中記錄為重大關注事項。注意到輸送帶替換部件的付運欠佳及難以取得若干部件。應認真研究導致輸送帶溢出問題、部件失效及輸送帶邊緣破損的所有原因，並應優先解決該等問題。這似乎屬於嚴重的維護問題，如未能及早控制，日後或會導致經常出現故障、成本增加及產量下降。

兩部過濾設備的下層部分過量溢出及清潔不足，不單嚴重威脅員工安全，亦代表損失高品位球團用粉礦原料，致使重大採礦及選礦的營運成本大幅增加。導致該等溢出的情況應予識別及糾正。

8.6.2 建議卡拉加斯3,000萬公噸擴建工程

工序設計

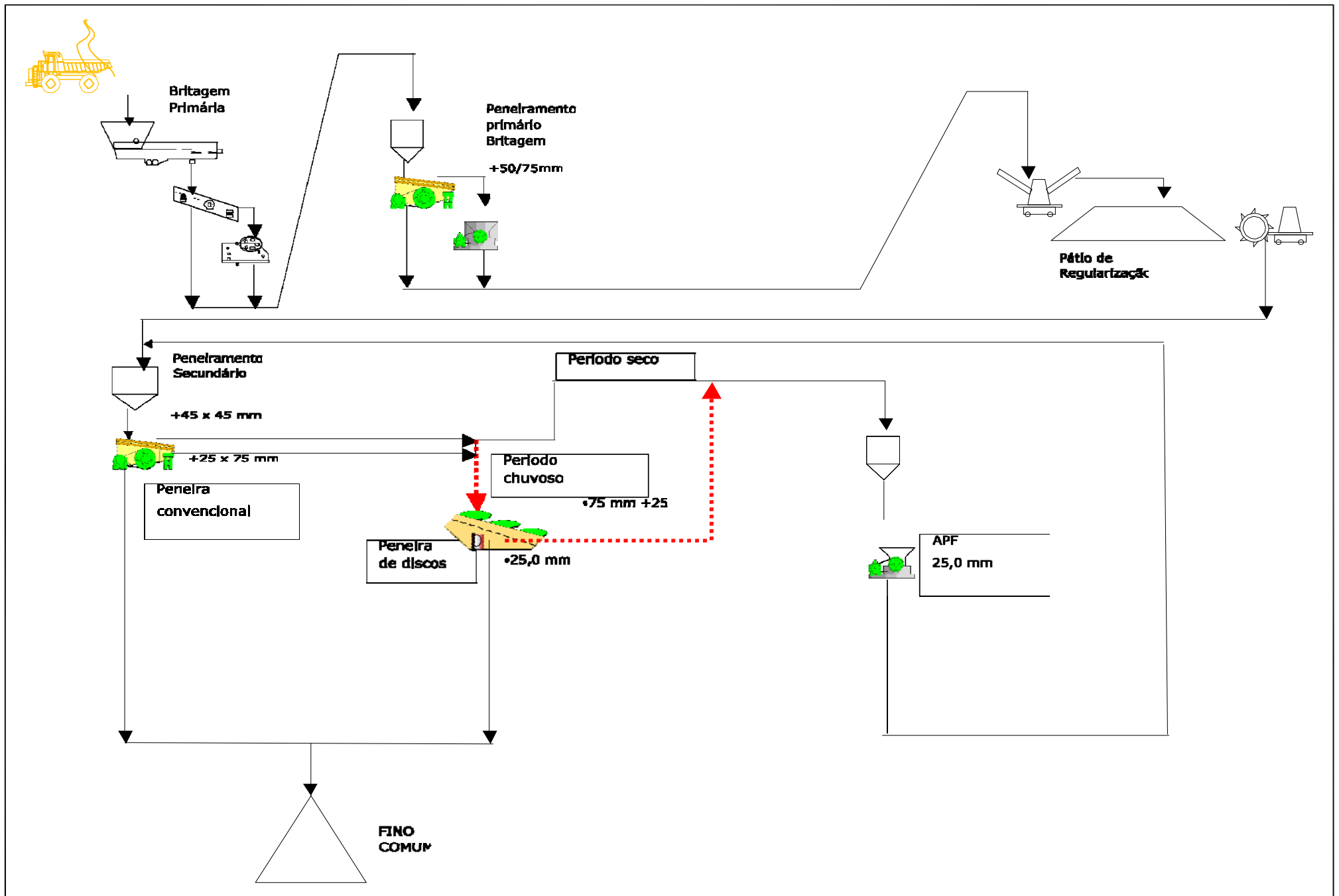
Vale現正計劃將北部體系礦場的產能擴大30百萬公噸／年，方式為建設另一選礦廠，該廠房的選址毗鄰現有選礦廠北面及N4E露天礦東面，將應用全新選礦流程並集中生產燒結用粉礦。有別於現有設備使用的濕法選礦工序，該設備將利用乾法選礦工序，亦不會生產任何塊礦或球團用粉礦。該選礦工序將大大簡化，亦不會如現有選礦工序般導致損失大量鐵礦石粉。該設備應更易於操作控制及不應出現目前濕法選礦設備所產生的溢出物料問題。預期原礦的燒結用粉礦回收率將為100%，遠較濕法選礦設備過去數年的83%至90%回收率為佳。

所開發的乾法選礦工序為經大量研究及工業測試的成果，藉以制定簡化流程及可銷售的燒結用粉礦產品。主要突破是開發在乾燥及雨季均運行暢順的乾法篩分系統，該系統將應用於新設備。

選礦廠及設備

新廠房的選礦流程圖將包括兩個階段。第一階段包括振動格篩、粗級破碎、粗級篩分、二次破碎及堆料混合，以將原礦粒度降至75毫米。第二階段包括二次乾法篩分（配備雨季適用的乾法篩分系統）及三次破碎（在篩分機閉式回路進行）。新的乾法篩分設備為滾軸篩的一種，類似團礦廠用於生球團篩分的滾軸篩。當礦石在雨季變黏，部分礦石可送入新的篩分機進行選礦，該等篩分機容許乾法選礦而毋須用水沖洗礦石。該選礦流程圖見圖8-4。

第一階段設備尺寸的設計是為配合每年運行6,000小時、平均每小時5,621公噸（公噸／小時）及最高噸數8,000公噸／小時。一部振動格篩及一部粗級顎式破碎機連同開路運行的兩部粗級篩分機及兩部二級破碎機。配備一部8,000公噸／小時堆料機用於料堆均質及一部6,179公噸／小時堆取料機。第二階段設備包括十部二級篩分機（另備兩部特別篩分機供雨季使用）及六部三級破碎機（閉式回路運行）運二級篩分機。第二階段設備的設計是為配合每年按4,500公噸／小時運行7,490小時（85.5%）。平均選礦率預計為4,112公噸／小時。預期於雨季將開動全數十部二級篩分機，連同兩部額外篩分機將可處理約800公噸／小時的濕礦。



由 Pincock, Allen & Holt 編製
地址: 165 S. Union Boulevard, Suite 950
Lakewood, Colorado 80228
電話號碼: (303) 986-6950

項目編號:

9508 B

圖片提供方 / 編製對象:



項目名稱:

北部體系

圖 8-4

30 百萬公噸 / 年擴建部分的簡明流程圖

發佈日期
2009 年 3 月

圖片名稱

Fig.8-4.dwg

預計原礦礦石為66.68%鐵及以回收率100%計可回收礦石為66.68%鐵燒結用粉礦。最終產品的粒度結構，與現有濕法選礦廠所生產的燒結用粉礦的粒度結構並無重大差異。以往測試工作所生產的乾燒結用粉礦產品樣本，已進行實驗室燒結測試，確定為可生產極高質量的燒結產品。

資本及營運成本

30百萬公噸／年礦場及選礦廠擴建工程預計將於2011年下半年竣工及投產，估計成本為13.36億美元。該工程已獲Vale董事會批准通過。鐵路及港口升級工程預計需花費額外11.42億美元。該等資本開支包括所有開採設備、新建的30百萬公噸／年選礦廠及堆貨場、額外鐵路搬運設備以及港口儲存及船舶裝卸設施升級。

選礦廠的營運成本估計為1.40美元／公噸，加以下額外費用：開採4.15美元、鐵路搬運3.00美元及港口處理費0.87美元。該等費用儘管較高，惟由於預計該工程將有可觀利潤，較應可承受較高營運成本而不會嚴重影響整體效益。

與原濕法選礦廠比較，2011年投產日期代表投產日期推遲一年。由於並無工作在新廠房選址展開，且據知亦無任何設備項目需遠程付運，故上述時間表問題不大。由於鐵礦石市場需求冷卻得很快，該工程似乎可因應鐵礦石需求下跌而延期，此外，由於鐵礦石價格預期會顯著下跌，故此若干工程如該工程可進一步推遲以保留資金。

討論

Pincock認為，建議選礦廠及流程需依賴可靠完備的技術及設備。營運成本雖較估計高，惟參照現行廠房營運成本，仍屬合理及應不會對整體效益有重大影響。根據燒結用粉礦的產品化學性質、粒度測定營運成本及成功的產品評價，燒結用粉礦產品將為優質及成功的產品。此為大型工程，須仔細規劃、落實設計及建設，以及聘任經驗豐富的人員，確保選礦廠可準時完工及投產。

8.7 申請批准卡拉加斯3,000萬公噸擴建工程

3,000萬公噸擴建工程通過IBAMA獲批准作為擴建現有北部礦區；惟須待發出另一營運執照。就申請新安裝牌照及營運執照，Vale已就尋求批准大幅更改現有營運編製兩份文件。Relatório de Controle Ambiental (RCA)或環境控制報告載列建議工程的說明及對環境的影響的分析。Plano Controle Ambiental (PCA)或環境控制規劃載列針對項目建議修改相關的環境影響所採取的控制、監控、減低或補償措施。

RCA／PCA文件由Vale在國際環境顧問公司Golder Associates協助下編製。該等文件於2007年5月提交並正由IBAMA審閱。Vale預計將於2009年中完成最後審閱，屆時將獲批安裝牌照。

9.0 SERRA SUL項目

下文載列有關Serra Sul項目個別範疇的討論。

9.1 地質

Serra Sul S11目標區的岩石地層單位屬於Grão Pará層群，為包含三個岩石地層單位的變質沉積層聚火山岩，下層單位為Parauapebas岩層，中層單位為卡拉加斯岩層，上層單位為Igarapé Cigarra岩層。

Águas Claras層群由覆蓋Grão Pará群層的細礫岩（下層單位）、沙泥質岩（中層單位）及炭泥質岩（上層單位）組成。基底岩石主要為變質沉積火山岩（花崗岩及混合岩），見於S11目標區的南面山丘一帶。

侵入岩包括基性岩床及顯生宙岩脈。最頂層的鐵角礫岩覆蓋整個地區。

9.2 資源模型

Vale所完成的資源建模的整體方法於本報告第3.13節討論。一般而言，Vale所採取的建模程序包括輸入外部數據庫檔案及通過詮釋礦體邊界線及以3D介面建模製作地質剖面。品位推斷以Vulcan®的克立格法使用地質統計數據參數作出。地質統計研究利用Geostatistics Isatis®軟件進行。數據庫及模型驗證在製作地質分塊模型後進行。有關方法詳載於Vale的報告，該報告已交Pincock作評估。

Serra Sul礦藏的地質模型乃根據下列各項作出：

- 每200米間距的62個剖面（17個屬C礦藏，45個屬D礦藏）。每100米間距的填塞剖面。Pincock已抽查數個剖面以作詮釋。
- 兩個礦藏的62幅平面圖
- 已進行接觸分析
- 採用15米綜合樣本
- 利用CLI分類在屏幕上詮釋岩性
- 建立多邊形

- 將平面圖多邊形立體化
- 根據利用線性聯區化模型（Linear Model of Coregionalization (LMC)）對岩性範圍進行的重估製作格網或殼層模型
- 就重估製作四個主要累積範圍（HF+HC、HMN、JP及JR）
- 25 x 25 x 15米塊狀離散化
- 標示各塊狀及比較數量

Vale所採取的建模程序包括輸入外部數據庫檔案及通過詮釋礦體邊界線及以3D介面建模製作地質剖面。品位推斷以Vulcan®的克立格法使用地質統計數據參數作出。地質統計研究利用Geostatistics Isatis®軟件進行。數據庫及模型驗證在製作地質分塊模型後進行。有關方法詳載於Vale的報告，該報告已交Pincock作評估。

9.3 資源聲明

Serra Sul項目經審核的總資源量於表9-1匯報。資源代表截至2007年12月的估算鐵礦石，而並無計及現行規劃最終礦井上限。Pincock認為Vale的資源估算可接受作公開披露及作為美國證券交易委員會規定的儲量估算基礎。

表9-1
Vale
北部體系資源檢閱
Serra Sul項目的探明及指示資源估算
截至2007年12月31日

礦產 ⁽¹⁾	噸數 x1000 ⁽²⁾⁽³⁾ 鐵	品位 鐵 (%)
北部體系 Serra Sul 「C」 及 「D」 礦藏	赤鐵礦	
	探明資源	3,835,700
	指示資源	1,730,235
	小計	5,565,935
探明及指示資源總量 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	5,565,935	66.30
推斷資源		
Serra Sul 「C」 及 「D」	827,575	66.07
推斷資源總量	827,575	66.07

註：

- 1) 除另有指明外，Vale佔礦場的100%股本權益。
- 2) 噸數以濕原礦(ROM)公噸列示。
- 3) 資源估算包括儲量。
- 4) 資源估算乃基於2007年12月31日的分佈狀況。
- 5) 資源估算由Vale作出，並由Pincock審核。

9.4 開採回顧

9.4.1 一般資料

建議Serra Sul項目設有類似北部體系營運礦場所實施的重大移動計劃。大型卡車主要以鏟車裝貨，拖運原礦礦石到礦井的破碎機，為運輸礦石到中央選礦場的輸送帶給料。大型全輪驅動裝卸卡車（17立方米）亦會用作卡車裝卸。礦場設計考慮到當C及D礦體開採由東移向西時，在礦井中處理廢棄石及非經濟礦石。初步開採將需於位於礦井外的廢料堆處理廢料。

至於現有北部體系營運，預期大部分鬆散赤鐵礦將可自然挖取；約50%估計須鑽探及爆破。硬赤鐵礦及碧玉岩將須鑽探及爆破，若干分解基性岩將須爆破。鑽探將一組旋轉爆孔鑽進行。全輪驅動裝卸卡車較鏟車需要更堅固鑽孔空間。鉍硝酸及燃油（ANFO）及乳劑將用作初級爆破物及可視乎水狀況混合。

9.4.2 礦場規劃

Vale就礦場規劃採用的一般方法於本報告第4節討論。Pincock審閱及評估就規劃Vale的Serra Sul項目，以開發礦井及評估地質及開採模型所含物料塊的經濟價值所用的方法，並發現有關方法依循標準工程／經濟慣例。礦井最優化及近路品位分析隨資源模型開展，後者為以往就礦藏開發。

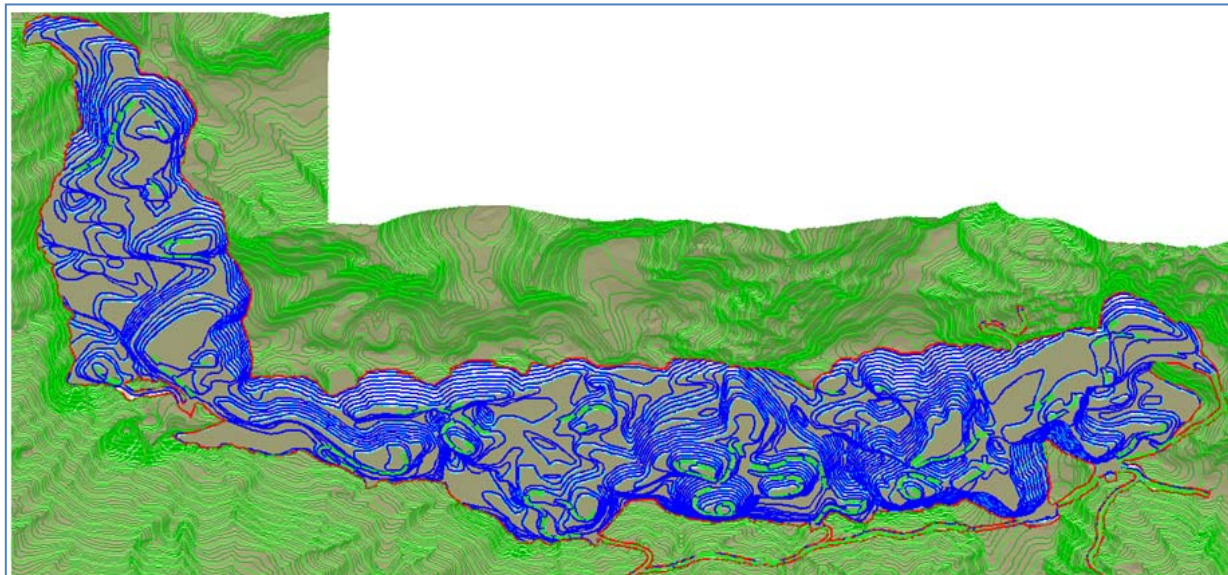
如第4.2節所論述，現有模式的營運成本是取材自卡拉加斯業務於2008年的實際數據並就Serra Sul項目情況作修訂。在該等直接營運成本上，加開採部門及預計日後就維持（但非擴大）現有營運水平所需的其他開支的估計替代資本。

Pincock認為，Vale沿用的方法屬合理並根據公認工程慣例應用。根據2007年底通行的價格結構及實際營運成本，所有經營運作均展示正面利益／成本比率，因此就將設計礦井中若干物料類別分類為礦石符合經濟測試。

9.4.3 礦場規劃壽命

就Serra Sul礦井開發，Vale已將設計最終礦井劃分為兩個礦體，分別為礦體C及礦體D（見圖9-1）。

圖9-1
Vale
北部體系儲量審核
Serra Sul最終礦井



開採活動將自礦體「D」由東（右）邊至西（左）邊開始。礦場壽命結束時，礦井將已開發至超過13公里長。已就首10年開採制定年度礦場規劃。設計最終礦井內的總儲量可供40年用，按固定給料率108百萬公噸／年原礦為廠房提供原料。已制定棄矸處理規劃，將所有在首10年開採移出的棄矸送到礦井外的廢置區。在第10年後，棄矸將送到最終礦井內已建成區。圖9-2至圖9-5顯示礦井開發。礦石將由拖運卡車運到三個礦井內破碎機，再經輸送帶送入選礦廠。首10年的總活動載列於表9-2。

Pincock留意到所提供的數據有若干差異，原因是估計回收率由92%（表9-2的活動所依據者），改為目前估計的95%。我們建議Vale編製一份文件，當中匯集長期規劃的主要範疇，作為Serra Sul礦區開發的完備及持續可行性研究。

Vale已按每月及年度基準分析首10年營運的設備需求。該研究比較Vale擁有的兩組設備規模，第一組配備與卡拉加斯礦區現時所用規模相同的設備，包含CAT 793卡車及P&H2800 / BE395 / PC8000鏟車。研究將第二組設備規模加大至400部短噸卡車及鏟車，配備50至60立方碼鏟斗。按照有關比較，較小型的CAT 793設備所需投資成本為6.93億美元，較大型設備則需7.00億美元，惟就產能及營運成本而言均以較大型設備較佳。

圖9-2

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul礦井，於第1年年底（2011年）

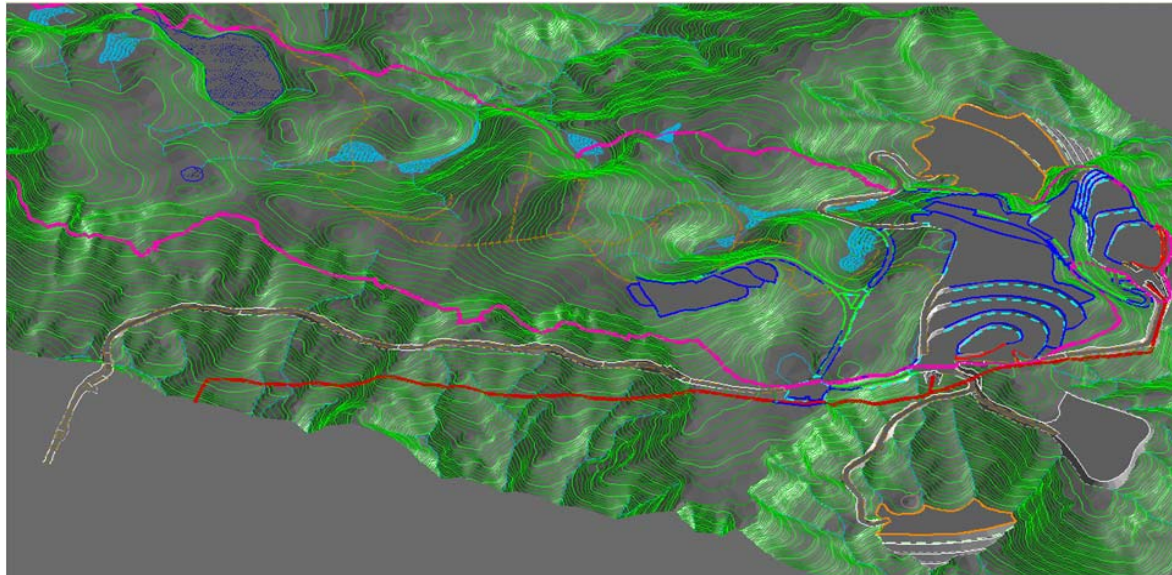


圖9-3

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul礦井，於第5年年底（2015年）

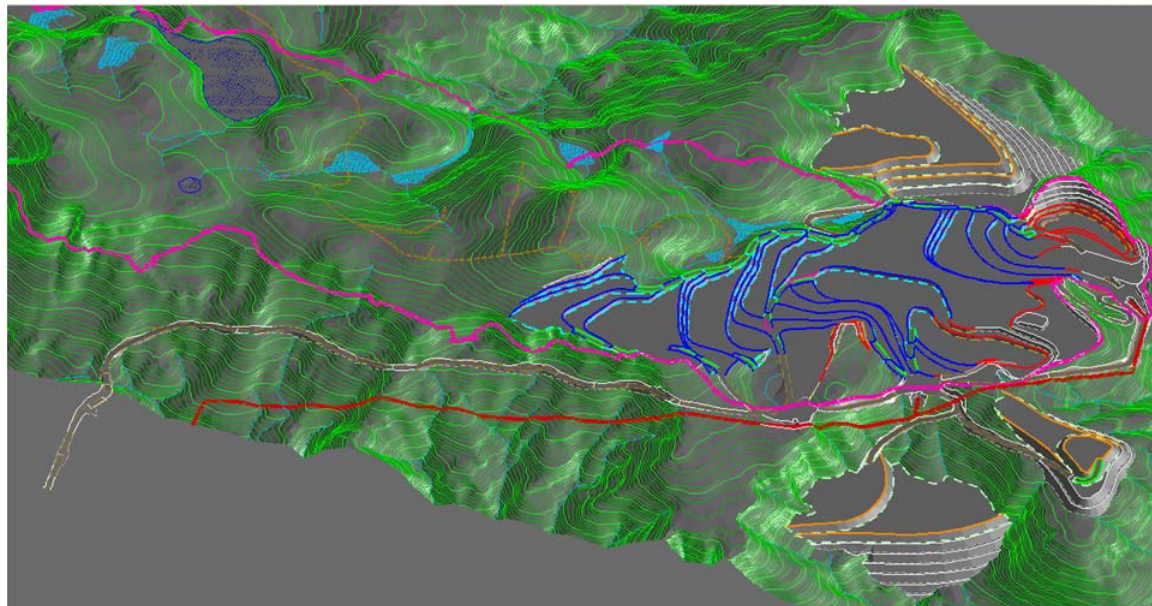


圖9-4

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul礦井，於第10年年底（2020年）

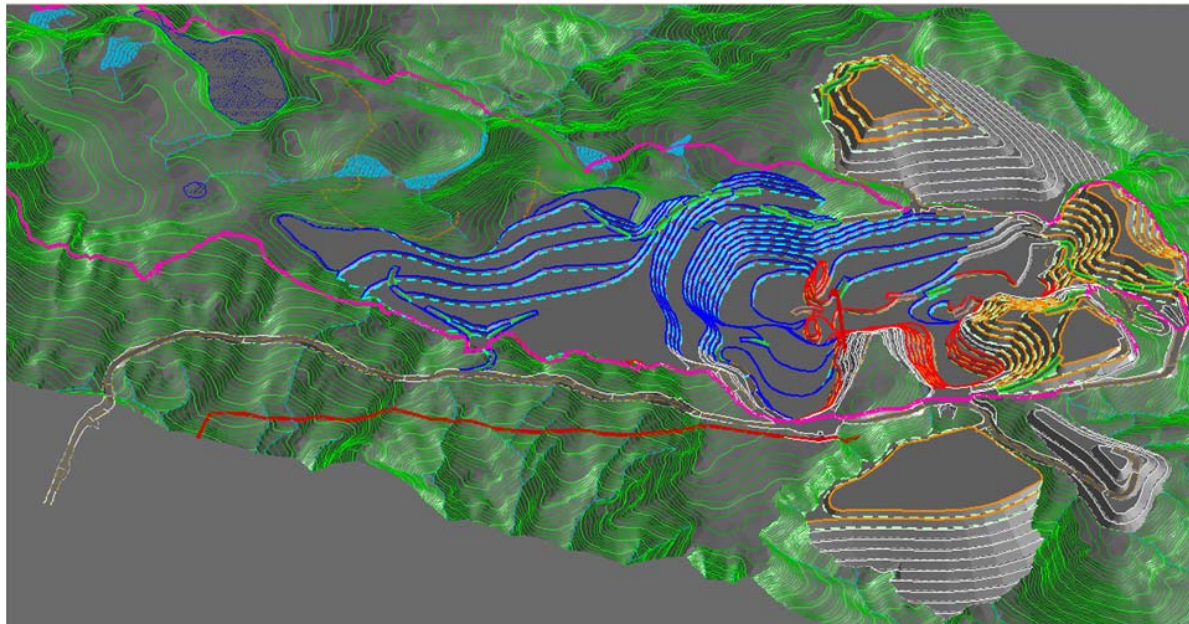


圖9-5

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul礦井，於第20年年底（2030年）

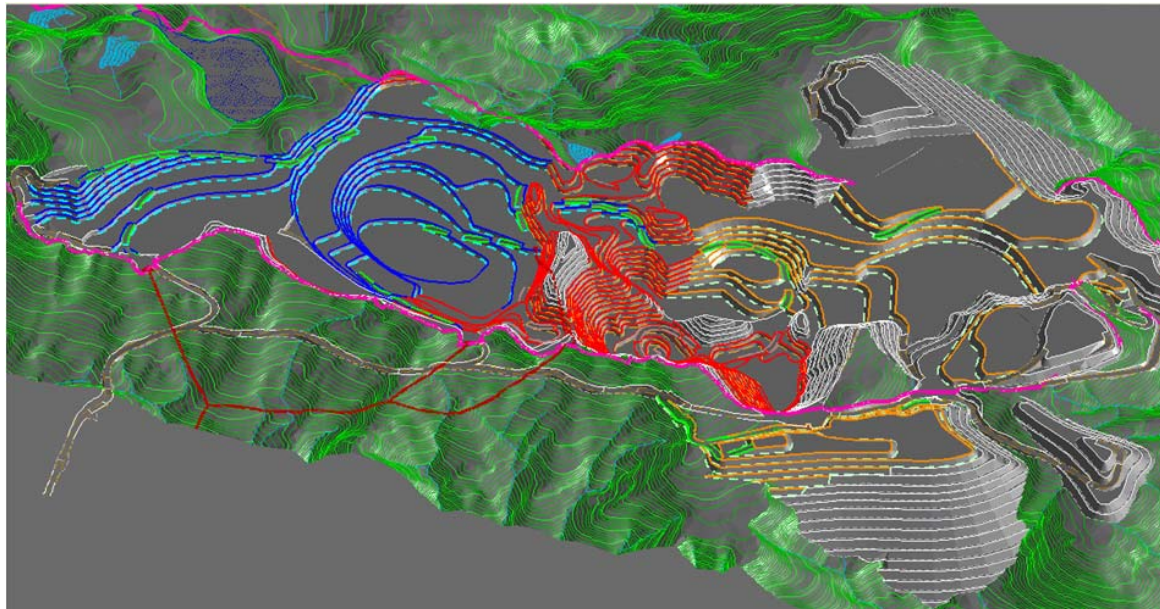


表9-2
Vale
北部體系儲量審核
Serra Sul的物料變動

		SERRA SUL 變動（百萬公噸）						
年	年度	產品	礦石	棄矸	再處理	總計	REM	
0	2010	0.0	2.9	25.9	2.8	31.7	8.97	
1	2011	56.6	61.4	48.4	12.2	122.0	0.79	
2	2012	100.0	108.7	43.5	16.9	169.1	0.40	
3	2013	100.0	108.7	43.0	16.9	168.6	0.40	
4	2014	100.0	108.7	46.7	17.3	172.6	0.43	
5	2015	100.0	108.7	46.7	17.3	172.6	0.43	
6	2016	100.0	108.7	56.0	18.3	183.0	0.51	
7	2017	100.0	108.7	56.0	18.3	183.0	0.51	
8	2018	100.0	108.7	67.6	19.6	195.9	0.62	
9	2019	100.0	108.7	67.1	19.5	195.4	0.62	
10	2020	100.0	108.7	67.1	19.5	195.4	0.62	
總計		956.6	1042.6	568.0	178.6	1789.2	0.54	

圖9-6顯示卡車表現，圖9-7顯示兩組設備的總成本比較。

Pincock認同選擇較大型開採設備的決定；然而，我們相信分析所考慮的若干參數可以改進，尤其是機械可獲性，相對於我們從其他擁有相同設備的礦場所觀察到的。

Pincock已利用TALPAC軟件檢討卡車拖貨表現，並認為礦石產能屬合理。就棄矸而言，該設計可就拖運周期改用較高速度。

Serra Sul項目首10年所考慮的設備的完整清單見表9-3。表9-4概括Serra Sul開採成本估算（按類別及年度劃分）。

圖9-6

Vale

北部體系儲量審核

卡車平均載重量預測（礦石及棄矸）

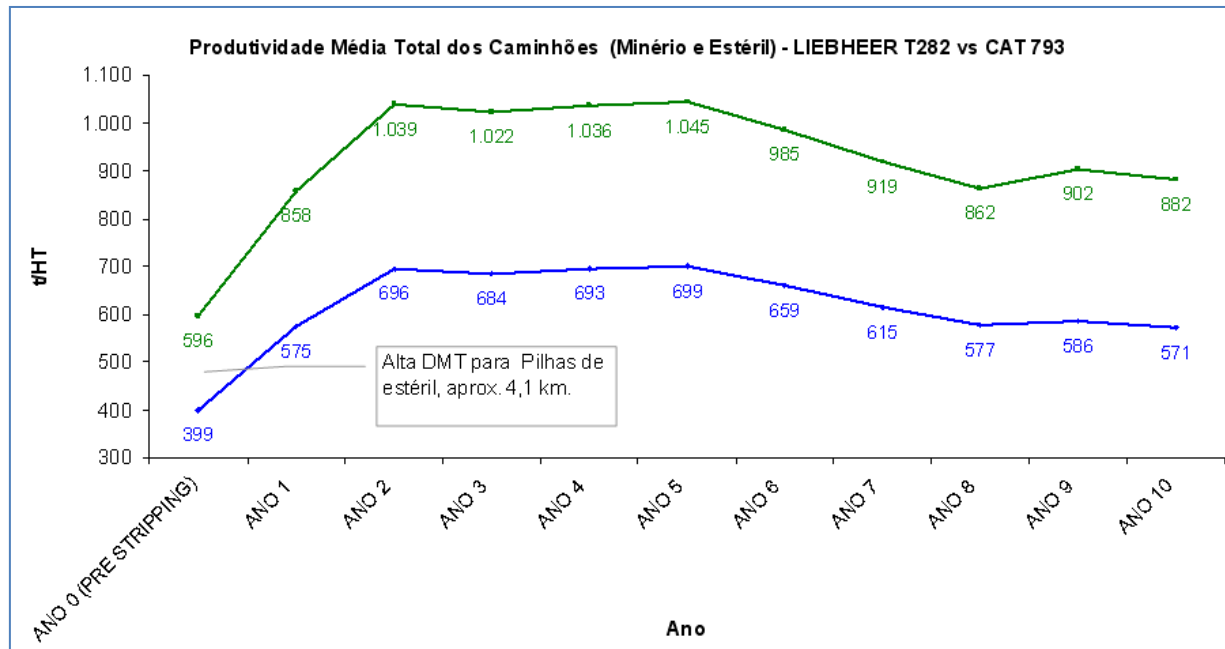


圖9-7

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul開採成本（每公噸），按兩組不同設備作比較

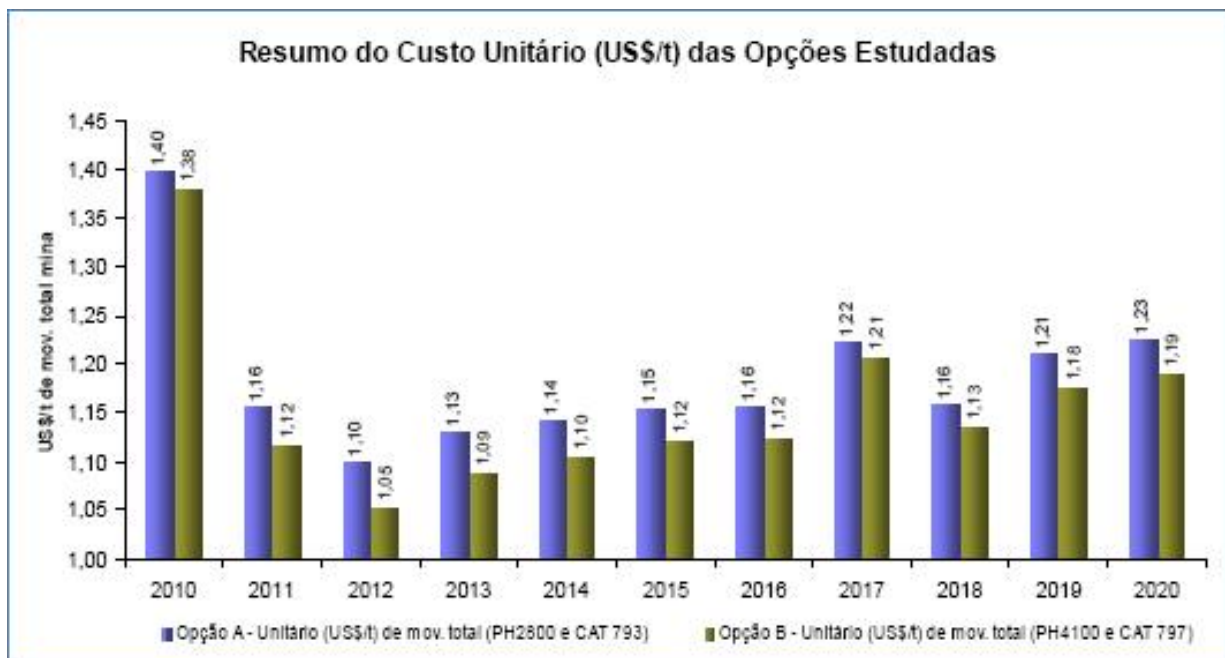


表9-3

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul礦場設備

設備數量	參考型號	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	總計
10英寸鑽機	T4BH/DML/PIT VIPER	3	3	1				1		1			9
2-3英寸鑽機	INGERSOL RAND	2											2
挖掘機	PH4800 / BE 495	4	3						1				8
液壓挖掘機	PC8000	2	1					1					4
抓鈎機	LeTourneau L2350	2	1										3
長途卡車	LIEBHERR T282B/TEREX 6300	21		6		1		4	2			1	35
推土機	CAT D11 / KOM 475	10	3	1				2		1			17
推土機	CAT D9	2	2										4
推土機	CAT D6	2	2										4
壓縮機	CAT 854 / WD900	3	2					1					6
平地機	CAT 24 H	6		1				1			1		9
平地機	CAT 16 H	3											3
灑水車	CAT 785	4						1			1		6
挖土機	CAT 345	3											3
抓鈎機	CAT 980/966/L120	3											3
設備運輸	DOLLE 130 T	2											2
重型拖板		2											2
絞盤車	20公噸絞盤車	2											2
壓縮車	CAT CS 683E	2											2
總計	-	78	17	9	-	1	-	11	3	2	2	1	124

表9-4

Vale

北部體系儲量審核

Serra Sul的直接開採成本，按年

成本範疇	直接開採成本（美元 / 公噸）										
	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
鑽探	0.09	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
爆破	0.12	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
裝卸	0.24	0.19	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23	0.26	0.22	0.23	0.23
拖運	0.51	0.36	0.31	0.32	0.33	0.33	0.32	0.37	0.34	0.37	0.39
一般行政費用	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
總開採成本	1.38	1.12	1.05	1.09	1.11	1.12	1.12	1.21	1.14	1.18	1.19

Pincock認為，開採成本屬合理估算並為適用於計算該項目儲量的數據。

9.5 儲量

表9-5是Vale對Vargem Grande綜合項目的礦場截至2007年12月31日的儲量估算概要。總儲量代表設計礦井內的估算物料，為儲量估算礦場設計所示的探明或指示礦物資源的可作經濟開採的部分。所示的該等儲量未扣除2008年產量。儲量將於年終調查完成後扣除2008年產量。

表9-5
Vale
北部體系儲量審核
Serra Sul項目的聲稱儲量

Serra Sul儲量概要	探明		可能		合計		其他參數				
	公噸	鐵%	公噸	鐵%	公噸	鐵%	硅%	鋁%	磷%	錳%	強熱失
赤鐵礦 鐵英岩	3,045.8	66.8%	1,193.7	66.7%	4,239.6	66.8%	1.391%	0.590%	0.033%	0.131%	2.257%
礦石總量	3,045.8	66.8%	1,193.	66.7%	4,239.6	66.8%					
棄矸 總變動					2,190.2 6,429.8						

為確定經濟分塊模型，Vale已就分塊模型所選範疇利用Microsoft Excel®複製利益計算。Pincock已隨機測試若干獲選組別，並在所測試組別得出相同結果。為進行該程序，所有經濟分塊模型已複製到Gemcom，據此亦可取得各組別的利益價值圖解。

如第4-5節所論述，Vale已向Pincock提供Serra Sul、北部體系N4E及N4W礦藏的敏感度分析。成本有別於基本情況假設，較基本情況高250%，收益則調低至基本情況假設的25%。對所得出儲量的影響相對偏低，顯示Serra Sul項目儲量的可觀經濟效益。

Pincock認為，Vale所呈報的儲量符合JORC的要求，亦符合美國證券交易委員會（美國證交會）對儲量規定的定義。

9.6 Serra Sul選礦廠

9.6.1 流程設計

Vale計劃開發Serra Sul鐵礦石以提升現有北部系列營運礦場的產能。新的Serra Sul礦場及選礦廠預計於2012年第四季投產，而項目開發活動將於2009年第三季展開。

選礦廠將以乾法系統營運及只集中生產單一燒結用粉礦產品。礦藏已通過鑽探廣泛探勘，而一個勘探洞（2米闊乘3米高）已延伸400米至跨越建議礦體以收集主體礦樣本。已就岩芯樣本進行大量測試及分析，以分析礦化特性及釐定礦場及廠房可能產生的化學及物理特質。勘探洞提供4000公噸主體礦樣本，代表不同礦石類型，供廠房預試之用以開發可生產理想的燒結用粉礦產品的可靠流程。

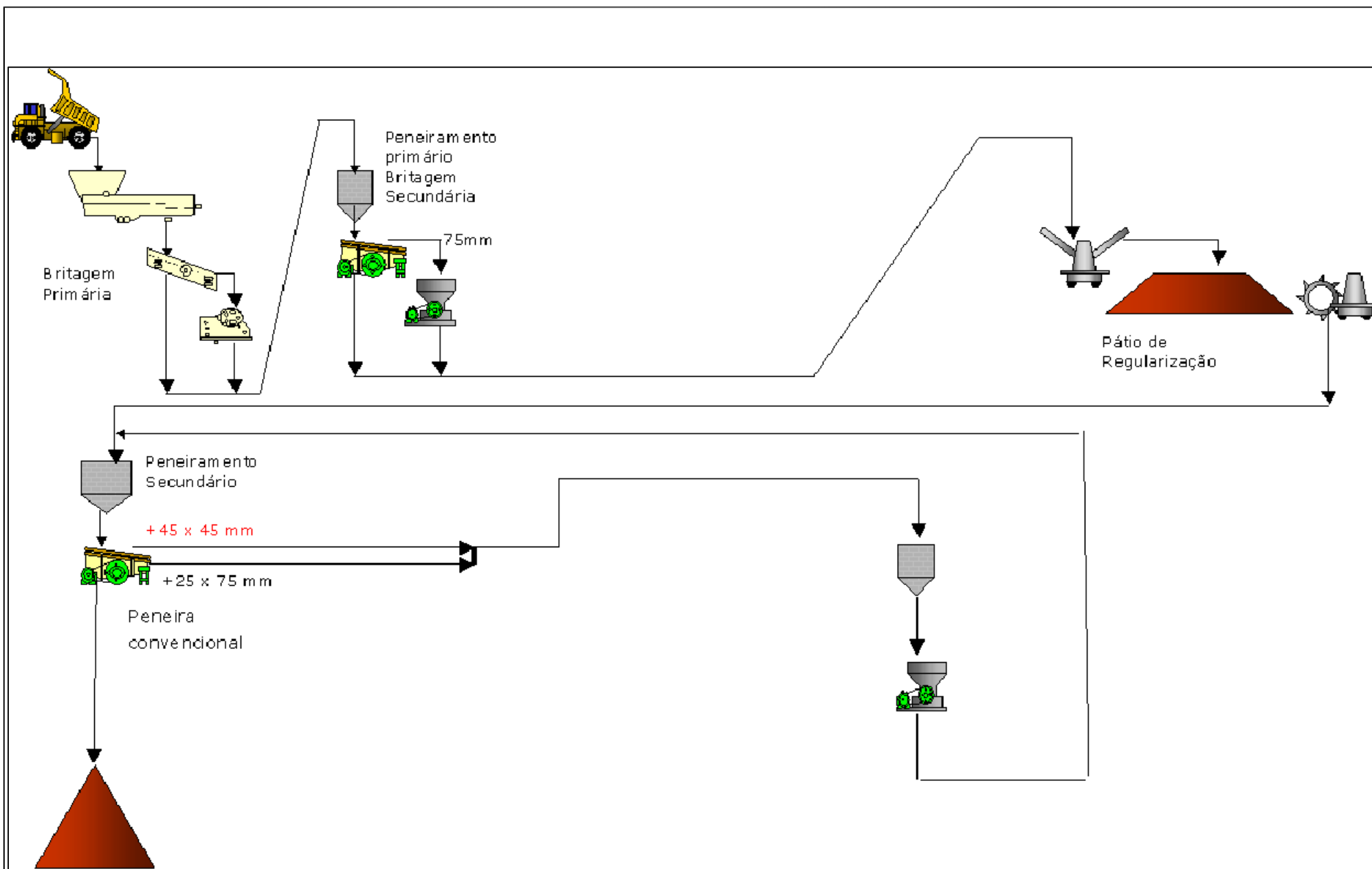
Vale的執行管理層鼓勵開發較現有卡拉加斯選礦廠的現有濕法選礦系統更簡化及具效益的流程。現有流程的問題包括大量流失細鐵礦石、礦石於處理時溢出、因濕及黏礦石致流程停頓、輸送帶問題及因礦石黏稠、燒結用粉礦及球團用粉礦產品濕度高等問題引致的損害，且需要處理及儲存多種不同產品。新的乾法工序將可達100%回收率，遠較現有濕法工序83%至90%的回收率為佳。

如前述，Vale的技術員已進行廣泛研究及測試，以便為新的Serra Sul選礦廠及北部體系礦場的30百萬公噸新擴建選礦廠設計乾法選礦系統。

他們已成功開發僅生產單一燒結用粉礦產品的乾法篩分及破碎系統，且廠房預試已證實新的選礦流程圖可行。該全新乾法工序具獨特的篩分系統，有助解決在雨季原礦礦石常因沉澱增加以致濕度水平較高及變得黏稠的問題。在雨季月份，對傳統篩分工序而言屬太過濕潤及黏稠的礦石，可轉進較能處理濕潤及黏稠礦石的新篩分機。該等篩分機名滾軸篩，類似團礦廠用於生球團篩分的滾軸篩。此一簡單步驟，大大加強在雨季處理黏稠礦石的能力，並將容許

9.6.2 選礦廠及設備

新Serra Sul選礦廠的流程為乾法工序，類似卡拉加斯礦區的30百萬公噸新擴建選礦廠。該工序將包括兩個乾法選礦階段。第一階段包括振動格篩、粗級破碎、粗級篩分、二次破碎及堆料混合。原礦粒度將降至75 毫米並儲存於均質料堆。第二階段包括二次乾法篩分及三次破碎（在篩分機閉式回路進行）。額外篩分步驟利用新的滾軸篩分設備，可於雨季處理濕潤及黏稠礦石。用以測試及開發該新乾法工序的預試裝置的流程圖見圖9-8。



新100百萬公噸／年Serra Sul選礦廠的設計及設備尺寸乃按下列條件為基準：

- 第一階段設備的設計是為配合每年運行6,000小時（68.5%）。
- 第二階段是為配合每年運行7,490小時（85.5%）
- 三部振動格篩可為三部粗級破碎機給料。該系統可處理16,667公噸／小時及儲存產品於三個18,000儲料堆。系統的設計產能為20,000公噸／小時。原礦礦石品位為66.1%鐵。
- 三個儲料堆將為六部粗級篩分機（閉式回路）連同六部二級破碎機給料及將產品儲存於六個儲存量為700,000公噸的均質料堆。
- 碾碎的礦石會被取料及送入33部次級篩分機（閉式回路）連21部三級破碎機。另有9部滾軸篩，需要時可配合二級篩分機操作以處理濕潤及黏稠礦石。滾軸篩於乾燥季節時將被繞過。篩下物將為最終燒結用粉礦產品及將儲存於料堆。
- 就100%回收率按13,352公噸／小時生產66.1%鐵的燒結用粉礦產品。其粒度測定與現有濕法處理燒結用粉礦相近，惟其稍微多0.15毫米物料，經實驗室測試證實有利於生產高質量燒結產品。

擬建Serra Sul選礦廠的流程圖見圖9-9。

9.6.3 資本及營運成本

Serra Sul項目預計於2012年第四季竣工及投產，項目總成本估計為127.95億美元。礦場及選礦廠成本估計為50.42億美元，其中42.68億美元為廠房設施成本，其餘77.52億美元則為支路、鐵路支線及港口碼頭擴建成本。目前計劃在卡拉加斯國家森林保護區邊界外興建廠房設施，以減少對未開發及受保護的亞馬遜雨林保護區造成干擾。需興建一條長90公里以上的鐵路支線以便為新礦場及設施提供服務。

估計營運成本十分理想，選礦廠為1.30美元／公噸及礦場為3.03美元／公噸。開採及選礦的合併營運成本估計為4.33美元／公噸，屬極低及可能為全球鐵礦石開採及選礦廠運營中的最低者。燒結用粉礦產品的質量亦甚佳，故成本與質量皆對該新項目極有利。

計劃投產日期為2012年下旬，應可提供充足時間供設計、建設及投產。然而，國際鐵礦石市場正快速冷卻，包括該項目在內的項目可能因需求下降或因鐵礦石價格下跌以致需保留資本而須進一步推遲。

9.6.4 討論

Pincock認為，建議Serra Sul選礦流程及廠房設計乃基於完備可靠的技術發設備。營運成本似乎符合實際情況且應屬全球最低。即使營運成本實際上高於估計數字，對項目的經濟效益的影響將屬輕微。

就產品化學特性、粒度測定、營運成本及實驗室測試對燒結用粉礦的成功產品評價而論，燒結用粉礦產品似乎是極佳及利潤可觀的產品。此乃規模極大的項目，設計及建設時需有世界級項目管理及行政。此項目將緊跟大型30百萬公噸／年北部擴建項目的步伐。Vale必須為此等項目精心挑選或聘任富經驗的人員。現時技術及管理人員似乎有限，且較年輕及缺乏管理此類大型項目的經驗，應謹記現有業務將繼續需要優秀及富經驗的人才。Vale面對的窘境，是現有業務及兩個新項目均需合資格及富經驗員工，惟似乎現有選礦及維修的若干範疇已需要更多富經驗的人員。這並不反映現有員工的能力、是否熱誠或勤奮，只是似乎經驗不足，且由於大多數人不願在卡拉加斯工作或定居，故迫於聘用較年輕及經驗較淺的人員。

9.7 申請批准Serra Sul項目

Serra Sul項目須尋求IBAMA批准，因該項目會對Floresta Nacional de Carajás（卡拉加斯國家森林）構成新的干擾。除電力線將由SEAM（Pará州環境部）審批外，IBAMA將為該項目在國家森林以內及以外的部分的主要主管機關。Vale已聯同Golder Associates為該項目籌備EIA/RIMA研究。已舉行公眾會議以識別本地人士所關注的問題，作為EIA/RIMA文件編製範圍一部分。EIA/RIMA已定於2009年初提交，並定於在約兩年時間取得Serra Sul項目的安裝牌照。

不斷演變的規管／批准事宜，是保護通過鐵礦石在地質時期分解及流動在條帶狀含鐵岩層形成的岩洞。在若干方面，該等岩洞乃考古遺址。最新的聯邦條例擴展至保護符合若干生態學條件的岩洞。受保護岩洞的先決條件的最終定義有待落實。Vale已完成盤點在項目的干擾地區內的岩洞且相信並無岩洞符合有關先決條件。

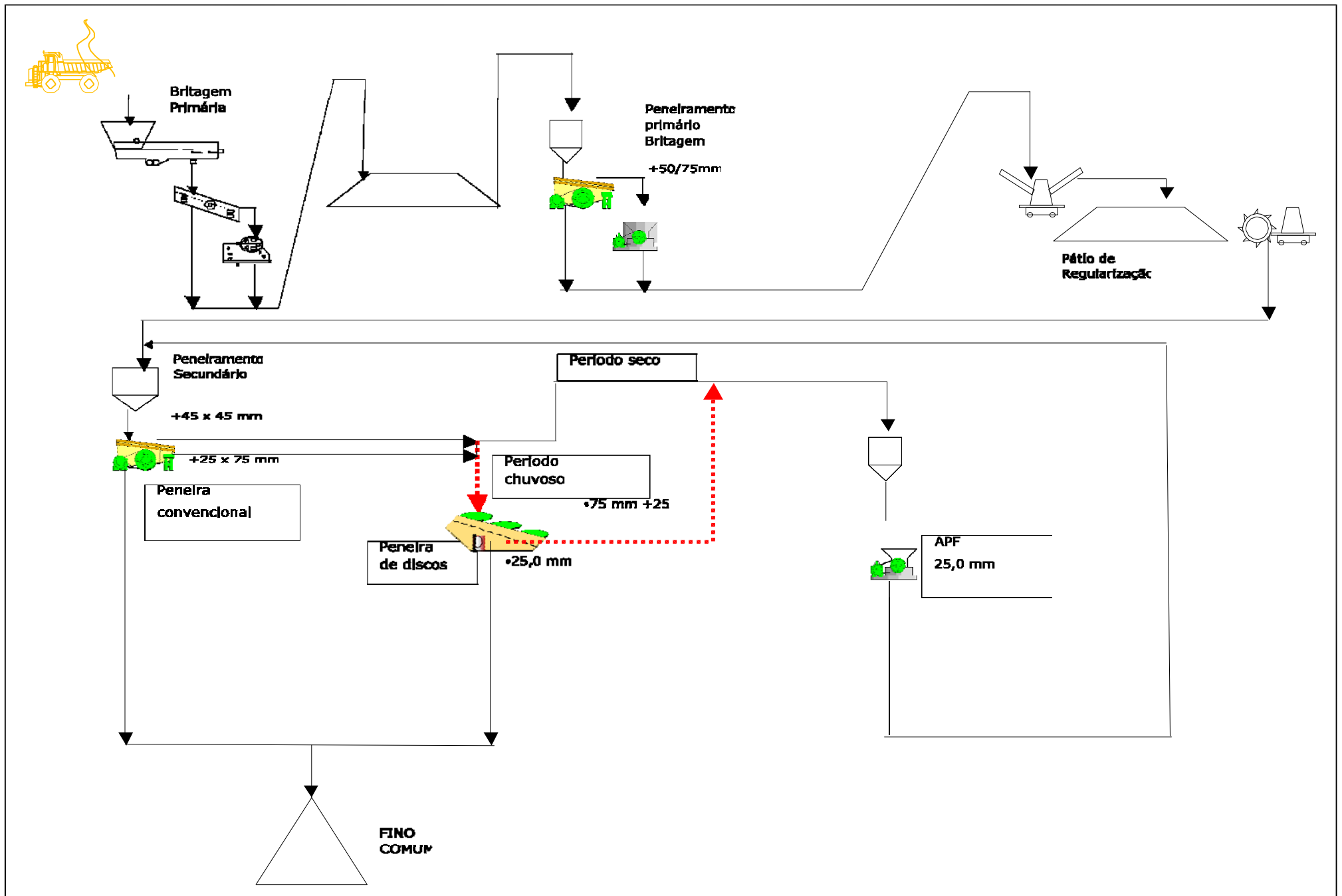


圖 9-9
擬建 SERRA SUL 選礦廠的簡明流程圖

從Pincock對所獲提供的EIA/RIMA時間表及範圍的評論，我們認為，考慮到整體項目實施的時間表，Vale就申請批准制定的時間表屬合理。由於申請批准任何重大、新建開採項目均涉及監管程序及公眾審閱與評論，故確實時間表及是否有需要進行額外研究或評估屬不肯定因素。項目的選址位處亞馬遜的未開發區域，臨近卡拉加斯國家森林的邊界，可能導致項目受到國際非政府組織的更大程度監察，儘管Vale至今尚未察覺到有任何非政府組織對項目有任何意見。謹強調該森林的多用途管理規劃將開採列為其中一項核准用途。

Vale成功爭取位於國家森林內的Salobo銅礦獲批准，為Serra Sul項目最終可獲審批通過提供合理指標。一如Serra Sul項目，Salobo項目位於國家森林的未開發區域內，由於遠離現有開採業務，故該項目開發涉及建設支路連跨越地區河流的橋樑及電力線。Salobao項目的批准申請始於1992年，於1994年獲發初步牌照。1994年至2002年間，初步牌照屢獲續期。2002年至2004年間，項目範圍更改以致需為初步牌照續期舉行多個會議。於2004年申請安裝牌照並於2006年12月獲發。有關審批包括96項條件，部分原因是項目在1994年獲發初步牌照，惟項目範圍其後有所修訂所致。

儘管Serra Sul項目獲發安裝牌照的可能性極高，惟欠缺環境許可證可能會導致上述風險，雖然有關風險對處於該開發階段的項目屬常見及合理風險。