

IMPACTO DA LITOLOGIA DA ROCHA ENCAIXANTE NOS CONTAMINANTES ENCONTRADOS NO CONCENTRADO DE ZINCO

VARGAS, F.¹, DEMUNER, L. R.², AFONSO, C. L.³, BECHIR, J.L.C.⁴,
SOUZA, L.H.⁵

¹Votorantim Metais – Vazante. flavia.vargas@vmetais.com.br

²Votorantim Metais – Vazante. larissa.demuner.ld1@vmetais.com.br

³Votorantim Metais – Vazante. camila.afonso@vmetais.com.br

⁴Votorantim Metais – Vazante. jorge.bechir@vmetais.com.br

⁵Votorantim Metais – Vazante. leonardo.souza.ls1@vmetais.com.br

RESUMO

As variações de cor, mineralogia, textura, estrutura e compactidade permitem delimitar intervalos litológicos distintos na mina de Vazante. Os principais intervalos encontrados são: dolomito rosa (DORO), brecha dolomítica (BXD), brecha willemítica (BXW), brecha hematítica (BXH) e dolomito cinza (DCZ). A willemita ($Zn_2(SiO_4)$), mineral minério fonte de zinco, ocorre na brecha willemítica (BXW) e é recuperada através da concentração por flotação. A resposta da flotação, no entanto, não depende apenas da brecha willemítica (BXW), sendo influenciada pela característica da litologia associada a ela, que normalmente é a brecha dolomítica (BXD). Nessas condições, a caracterização do concentrado de zinco produzido, apresenta elevada proporção de willemita e como principal contaminante é observado o mineral dolomita ($CaMg(CO_3)_2$). Porém, em algumas situações ocorre uma substituição dessa associação pela brecha hematítica (BXH). A flotação passa então a produzir um concentrado ainda com elevada proporção de willemita, entretanto, a caracterização evidencia uma redução significativa na proporção de dolomita, que é substituída por hematita (Fe_2O_3) e em casos mais raros, ilmenita ($FeTiO_3$). Como consequência, o teor de ferro (que é uma das restrições do concentrado) é mais elevado na segunda condição que na primeira. A partir do conhecimento da mineralogia das litologias presentes na mina é possível entender a elevação do teor de contaminantes no concentrado e prever, antes da alimentação da usina, quando essa elevação é mais provável. Esse conhecimento permite otimizar o sequenciamento de lavra visando a manutenção dos teores de contaminantes no concentrado dentro da especificação.

PALAVRAS-CHAVE: litologia; mineralogia; willemita.

ABSTRACT

Variations in color, mineralogy, texture, structure and compactness allow the delimitation of distinct lithologic intervals in Vazante mine. The main domains are pink dolomite (DORO), dolomitic breccia (BXD), Willemitic breccia (BXW), hematitic breccia (BXH) and gray dolomite (DCZ). Willemite ($Zn_2(SiO_4)$), is the mineral source of zinc. It occurs in the Willemitic breccia (BXW) and is recovered through concentration by flotation. The flotation response, however, does not depend only on the Willemitic breccia (BXW), being influenced by the characteristics of the lithologies associated with it, which is usually the dolomitic breccia (BXD). Under these conditions, the zinc concentrate is characterized by a high proportion of willemite and the main contaminant is the dolomite ($CaMg(CO_3)_2$). However, in some situations occur a substitution of this association by the hematitic breccia (BXH). In these cases, flotation

process produces a concentrate that evidences that the proportion of dolomite falls significantly, being replaced by hematite (Fe_2O_3) and in more rare cases, ilmenite (FeTiO_3). As a consequence, the iron content (which is one of the concentrate constraints) is higher in the second condition than in the first. From the knowledge of the mineralogy of the lithologies present in the mine it is possible to understand the elevation of the content of contaminates in the concentrate and to predict, before the plant feeding, when this elevation is more probable. This knowledge allows the optimization of the mining sequencing in order to maintain contaminant contents in the concentrate within the specification.

KEYWORDS: lithologic; mineralogy; willemite.

1. INTRODUÇÃO

A mineralização de zinco presente na região de Vazante encontra-se localizada em uma região de brecha oriunda de uma zona de cisalhamento que atingiu as rochas que compõem o Grupo Vazante (Figura 1).

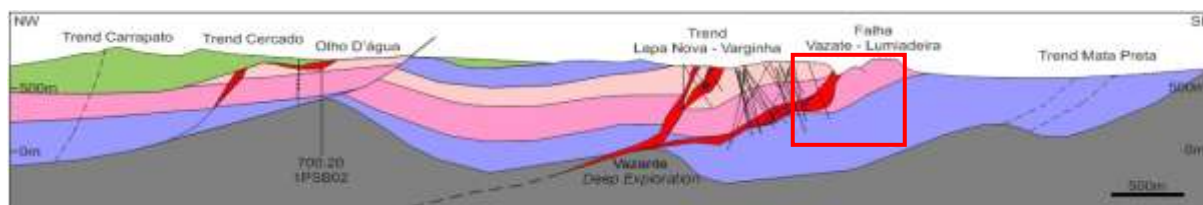


Figura 1: Seção esquemática representando a zona de brecha (vermelho) e as encaixantes do minério, na mina de Vazante.

A Figura 2, representa a estratigrafia do contexto geológico no qual a mina, retratada no presente artigo, encontra-se inserida (Dardenne, 2000).

Coluna	Depósito Mineral	Descrição	Membro	Formação	Grupo
		Filito cinza	Serra da Anta	Paracatu	Canastra
		Filito carbonoso com camadas de quartzito	Morro do Ouro		
	Au - Morro do Ouro	Filito carbonático verde		Morro do Ouro	
		M Ardósia rica em carbonato cinza Lentes de dolomito Ardósia carbonosa preta		Serra da Tapira	
	Pb-Zn - Morro Agado	L Bioerma estromatolítica, facies de brecha e dolarenito	Pamplona Superior	Morro do Calcanhar	
	Zn - Vazante	K Dolomito rosa com laminações algais, nodulos de barita e gretas de contração	Pamplona Médio	Serra do Poço Verde	V A Z A N T E
		J Ardósia cinza e verde com intercalações de dolomito rosa	Pamplona inferior		
		I Dolomito cinza escuro com laminações algais e birds eyes	Morro do Pinheiro Superior		
		H Dolomito cinza claro a rosa com intercalações de brecha e dolarenito	Morro do Pinheiro inferior		
		G Ardósia cinza		Serra do Garrote	
		F Bioerma estromatolítica		Serra do Garrote	
		F Calcário cinza escuro Brecha dolomítica	Sumidouro	Lagamar	
		E Conglomerado	Arrepêndido		
		D Ritmito		Rocinha	
	→ Fosforito 3- Lagamar	C Ardósia cinza escura pirítica e fosfática			
	→ Fosforito 2- Rocinha	B Ritmito			
		A Intercalações de quartzito, fosforito, diamictito e ardósia		Retiro	
		→ Diamictito			

Figura 2: Coluna estratigráfica proposta por Dardenne (2000) contendo detalhes das encaixantes da mineralização de zinco de Vazante.

No que se refere as litologias encontradas no depósito de vazante, podemos destacar, da base para o topo:

Dolomito cinza (DCZ):

Pertencente ao membro Morro do Pinheiro, da Formação Serra do Poço Verde, esta rocha apresenta coloração acinzentada e é composta basicamente por quartzo (SiO_2) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Exibe estruturas do tipo 'birds eyes' e presença de esteiras algais disformes. A medida que se aprofunda na camada dessas rochas, intercalações com filitos carbonosos são cada vez mais frequentes.

Dolomito rosa (DORO):

Também pertencente à Formação Serra do Poço Verde, porém ao membro Pamplona inferior. Esta rocha apresenta coloração rosada, podendo variar para tons de cinza mais claro e até mesmo branco. É basicamente composta por dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) e quartzo (SiO_2), apresentando intercalações com pacotes de margas.

Brechas:

Na mina de Vazante, segundo Slezak (2012), podemos destacar quatro tipos principais de brechas hidrotermais (Figura 3). A brecha do tipo 1 (Figura 3-A) consiste em uma brecha dolomítica de coloração clara que apresenta brechação mais branda e composta basicamente pelos dolomitos atingidos pelo cisalhamento. Dependendo

da região onde se encontra, apresenta coloração rosada (basicamente composta por clastos de DORO) ou mais acinzentada (composta por clastos de DCZ). Há presença de venulações de Fe-carbonato e Zn-dolomitas em pequena escala. A brecha do tipo 2, (Figura 3-B), apresenta forte ferrocarbonatação hidrotermal e Zn-dolomitas. Sua coloração é mais avermelhada e isso se deve a presença de pequenas inclusões de hematita encontradas no interior da dolomita ferrosa. Juntamente com a brecha do tipo 1, compõem a litologia conhecida como brecha dolomítica (BXD). A brecha do tipo 3, (Figura 3-C) consiste na Brecha Hematítica (BXH). Ainda segundo o autor supracitado, apresenta altas porcentagens de ferro e hematita presente em clastos. As feições tectônicas desta brecha são mais dúcteis se comparadas com as demais. As análises químicas para este tipo de material são de extrema importância devido ao fato de muitas vezes apresentar teores consideráveis de zinco. Por fim, a brecha do tipo 4, (Figura 3-D), compreende a brecha willemítica (BXW), principal fonte de zinco da mina de Vazante. Sua mineralogia principal é a willemita, mineral minério de zinco. Apresenta, em menor escala, inclusões de hematita e Fe-dolomita.

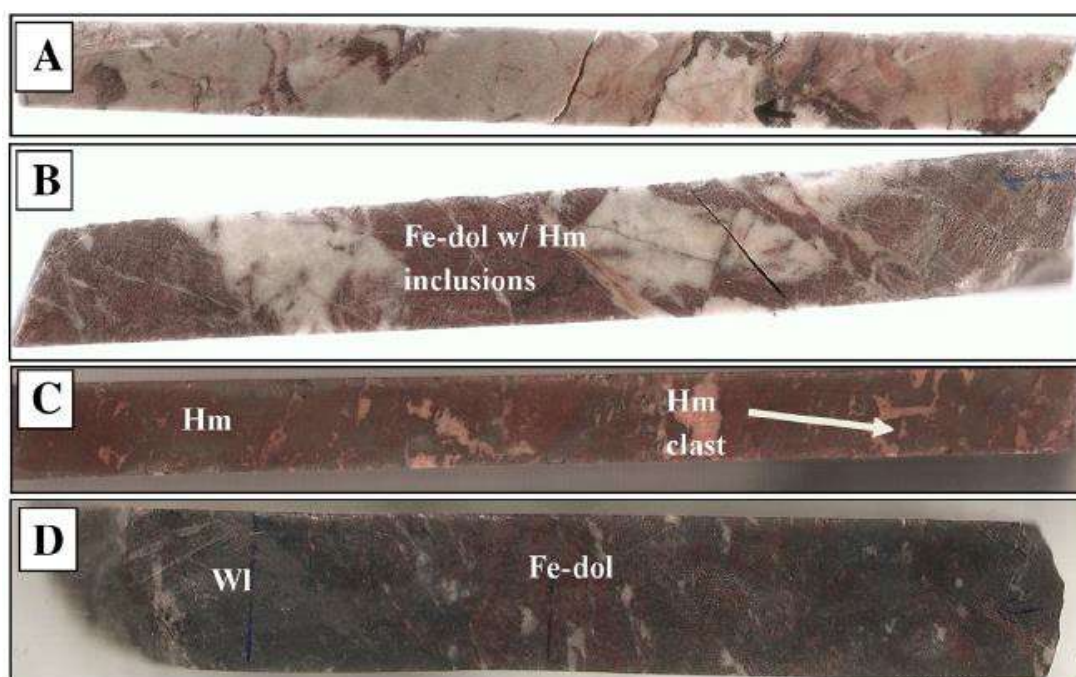


Figura 3: A) Brecha tipo 1 (BXD); B) Brecha tipo 2 (BXD); C) Brecha tipo 3 (BXH); D) Brecha tipo 4 (BXW). (Slezak, 2012)

A produção de ROM da mina de Vazante é beneficiada, passando por quatro estágios de britagem, moagem em moinhos de bolas, concentração por flotação, e posterior filtragem.

A flotação objetiva alcançar as especificações de teores, tanto do metal de interesse (Zn) quanto de contaminantes. Um dos controles de contaminantes mais importantes no concentrado é a manutenção do teor de ferro abaixo de 7,70%, pois valores acima desse patamar significam impactos negativos na metalurgia devido ao aumento do peso específico.

O resultado da flotação é fortemente influenciado pelo teor de alimentação, granulometria e condições operacionais como pH, dosagem de reagentes e níveis de operação das células. No entanto, constatou-se através de testes de flotação de

bancada que o teor de ferro no concentrado é consequência principalmente da mineralogia da rocha encaixante.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas amostras de furo de sonda para realização de testes de flotação de bancada. Os furos selecionados representam blocos de lavra cujo teor de ferro é resultado da característica mineralógica da rocha encaixante. A Tabela 1 abaixo apresenta alguns dos blocos ensaiados e sua respectiva encaixante:

Tabela 1. Características dos blocos

Blocos	Litologia da encaixante	Teor de Zn (%)	Teor de Fe (%)
J 12550	BXD	13,69	7,3
C 17175	BXH	16,63	23,1

Após a seleção dos furos, é realizada a composição da amostra que será utilizada nos ensaios de bancada. A composição visa atingir teor de zinco na amostra, similar ao teor planejado para o bloco.

A moagem da amostra é realizada em moinho *batch* de dimensões 12' x 8' durante 28 minutos, gerando produto com retido acumulado em 100 # entre 10 e 12%.

Após moagem, a polpa segue para flotação em bancada, realizada em células mecânicas, com agitação de 2100 RPM. O pH da flotação é de 10,5, sendo seguido o procedimento de dosagens de reagentes apresentado na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2. Condições padrão do Teste de Flotação

Etapa	Tempo de Flotação (min)	AGLP (50 g/l)	Sulfeto de Sódio (48 g/l)	Amina (20 g/l)	Mibcol (puro)
Rougher	2	320	1250	70	28
SCV I	2	80	500	30	12
SCV II	2	0	500	30	12

A alimentação, concentrados e rejeito do teste de flotação são preparados para a caracterização mineralógica, realizada em laboratório externo via MEV/EDS (Microscópio Eletrônico de Varredura) associado à MLA (Mineral Liberation Analyzer). Os resultados são tratados em Excel e geram, entre outros, informações de mineralogia modal, associações minerais e minerais fonte de zinco e ferro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme pode ser observado na Figura 4, os blocos ensaiados apresentam teor de zinco no concentrado dentro dos patamares aceitáveis e apresentam ainda excelente resultado de recuperação para os teores de alimentação praticados. Diante desses resultados, é possível indicar que os blocos possuem bom potencial na usina.

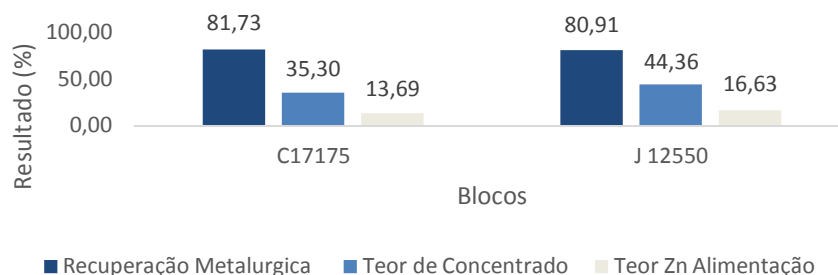


Figura 4. Principais resultados dos testes de flotação.

Na Figura 5 abaixo podem ser contemplados resultados de mineralogia modal da alimentação composta com furos do bloco J 12550, que possui a BXD como encaixante:

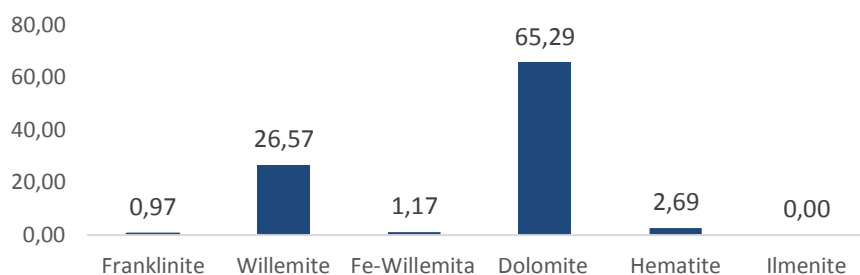


Figura 5. Mineralogia Modal alimentação J 12550.

A mineralogia modal da alimentação é típica da mina de Vazante, sendo a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) o principal contaminante. Minerais portadores de ferro são observados em baixa proporção. O concentrado gerado a partir dessa amostra, Figura 6, apresenta a mesma tendência, sendo que franklinita ($\text{Zn,Mn,Fe})_2\text{O}_4$ e hematita (Fe_2O_3) permanecem em baixas proporções. O bloco não apresenta ilmenita (FeTiO_3).

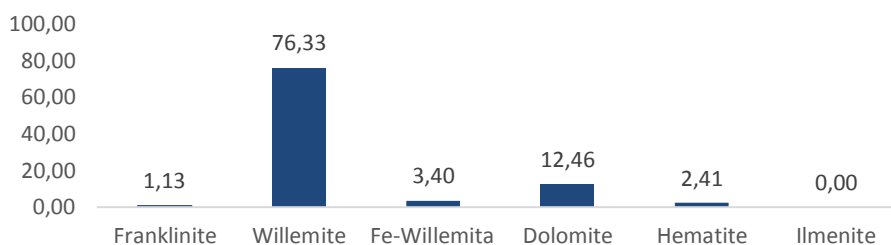


Figura 6. Mineralogia Modal do concentrado J 12550.

Para avaliar os resultados da mudança de encaixante de BXD para BXH, são apresentados na Figura 7 abaixo os resultados de mineralogia modal para amostras do bloco C 17175.

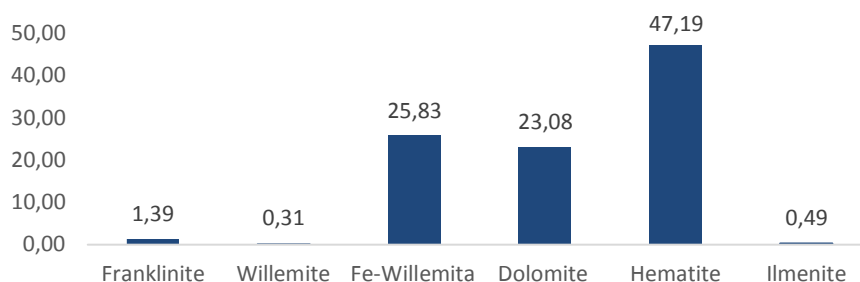


Figura 7. Mineralogia Modal da Alimentação C 17175.

A modal da alimentação permite observar elevada proporção de hematita (Fe_2O_3), que substitui a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) como principal contaminante. Além disso, ocorre ainda aumento na proporção dos demais minerais portadores de ferro, sendo observada inclusive, maior proporção de Fe-Willemita.

Como consequência, no concentrado produzido a partir do bloco C 17175, Figura 8 abaixo, observa-se maior proporção de franklinita ($\text{Zn,Mn,Fe}_2\text{O}_4$), hematita (Fe_2O_3) e ilmenita (FeTiO_3). A maior presença de franklinita ($\text{Zn,Mn,Fe}_2\text{O}_4$) no concentrado, contribui para reduzir o rendimento na metalurgia, já que o zinco presente nesse mineral não solubiliza na lixiviação. É interessante observar ainda a redução da proporção de dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), que assim como na alimentação, deixa de ser o principal contaminante, sendo substituída por hematita (Fe_2O_3) que contribui de forma significativa para aumento do peso específico do concentrado.

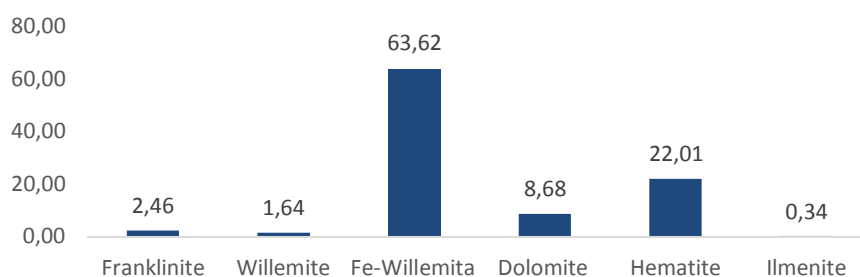


Figura 8. Mineralogia concentrado amostra C 17175

Os resultados observados estão coerentes com o comportamento observado na usina, Figura 9, onde pode-se constatar uma boa correlação do teor de ferro na alimentação da flotação e no concentrado de zinco expedido.

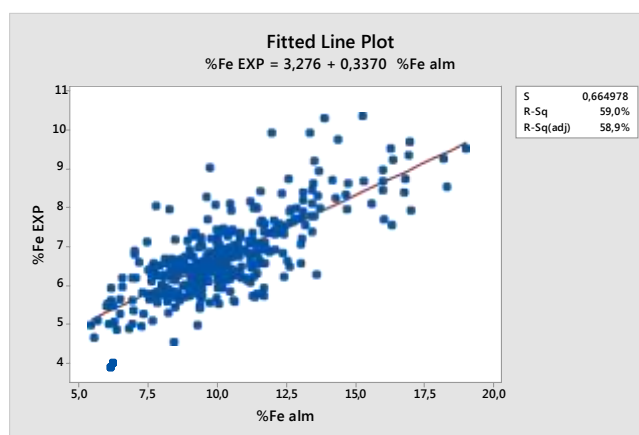


Figura 9. Correlação entre o teor de ferro (%) na alimentação e na expedição

De acordo com o modelo da Figura 9, o teor de ferro na alimentação da flotação deve ser inferior à 13,1% para que seja alcançada a especificação de ferro no concentrado de zinco.

4. CONCLUSÕES

A análise da mineralogia modal da alimentação e dos concentrados apresentados permite concluir que blocos com recuperação e teor de zinco na alimentação similares, apresentam grandes diferenças na proporção de minérios fonte de ferro (contaminantes) quando ocorre variação de litologia da rocha encaixante. Blocos com encaixante BXD apresentam dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) como principal contaminante no concentrado, enquanto que em blocos com encaixante BXH, a hematita (Fe_2O_3) é o principal contaminante.

Portanto, é possível concluir que a substituição da rocha encaixante BXD por BXH influencia não somente no teor de ferro, mas também na composição mineralógica do concentrado produzido na flotação. Essa substituição acarreta impactos negativos na metalurgia, como elevação do peso específico e perda de rendimento. O conhecimento da encaixante e de sua influência no processo de flotação permite otimizar o sequenciamento de lavra, de forma a manter o teor de ferro na alimentação da usina inferior a 13,1%, o que permite cumprir a especificação no concentrado.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Votorantim Metais, especialmente a equipe da Unidade de Vazante pela oportunidade de realização desse trabalho e constante colaboração.

6. REFERÊNCIAS

Dardenne, M.A. The Brasília Fold Belt, in: The tectonic evolution of South America; 2000, Rio de Janeiro, Brasil. (31st International Geological Congress). p. 231-263.

Slezak, P. R. Geology, mineralogy, and geochemistry of the vazante northern extension zinc silicate deposit minas gerais, Brazil. [Tese de Mestrado]. Kingston University, Ontario, Canadá; 2010.