

QUALIFICAÇÃO DA CONFIABILIDADE PARA STOPES PLANEJADOS UTILIZANDO O ÍNDICE DE RISCO (IR)

QUALIFICATION OF THE CONFIDENCE LEVEL TO PLANNED STOPES USING THE RISK INDEX (RI)

Hugo Leonardo de Ávila GOMES

Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Agronomia, Porto Alegre - RS.
E-mail: hleoag@yahoo.com.br

Introdução
Área de estudo e banco de dados
Metodologia
O Índice de Risco (IR)
Aplicabilidade do IR na mina Pilar
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Os *stopes* de lavra são planejados considerando-se as geometrias do corpo mineralizado e do desenvolvimento das galerias, obedecendo-se o sequenciamento da mina. Após desenhados, é feita a quantificação de massa e teores para cada *stope* com o intuito de avaliar se atendem ao teor de corte pré-definido para a lavra. Porém, os valores cubados são extraídos do modelo de blocos estimado e é importante se saber o nível de confiabilidade para aqueles valores de massa e teor encontrados. Para solucionar essa questão foi feita uma avaliação de diversos métodos disponíveis, incluindo *Slope of Regression (SOR)*, Eficiência de Krigagem (EK), Índice Geométrico dos Dados (IGD) e Índice de Risco (IR). Checando-se os resultados obtidos, com base nos melhores cenários de pesquisa da mina Pilar, optou-se por utilizar o Índice de Risco como método de qualificação da confiabilidade dos *stopes* de lavra planejados.
Palavras-chave: Índice de risco. Mina Pilar. Nível de confiança.

ABSTRACT - The mining stopes are planned considering the geometries of the mineralized body and the development of the drives, following the mine scheduling. After design, it is done the quantification of mass and grade for each *stope* with the purpose of evaluating if they are over the cutoff grade. However, the values are extracted from the estimated block model and it is important to know the confidence level for those values of mass and grade. To solve this issue, an evaluation was made of some available methods, including *Slope of Regression (SOR)*, Kriging Efficiency (KE), Data Geometry Index (DGI) and Risk Index (RI). Checking the results obtained, based on the best research scenarios of the Pilar mine, we chose to use the Risk Index as a method to qualify the confidence level of the planned mining stopes.

Keywords: Risk index. Pilar Mine. Confidence level.

INTRODUÇÃO

A definição de áreas e o *design* dos *stopes* de lavra estão diretamente relacionados à geometria dos corpos mineralizados que, por sua vez, é definida com base nos resultados químicos das amostras coletadas, sejam de canais ou de furos de sondagem. Estes resultados químicos de amostras também são responsáveis pela definição dos teores médios de cada *stope* pois são estes utilizados para estimar os teores do modelo de blocos.

Mas a pergunta principal é: qual o nível de confiabilidade da massa e teores médios cubados para cada *stope*? Visando responder a essa questão, foi definida uma metodologia de

qualificação dos resultados dos *stopes* planejados a fim de se prever o risco no planejamento mensal e, até mesmo, programar pesquisas adicionais nas áreas planejadas.

O uso de SOR, EK e IGD não apresentaram resultados satisfatórios por estarem muito fortemente dependentes da variância da krigagem e a estimativa utilizada, nesse estudo, tem apresentado valores de variância que não colaboram com a aplicação destes métodos. Este artigo apresenta a melhor metodologia testada (IR), os critérios de aplicação desta metodologia para a mina de ouro Pilar e alguns dos resultados obtidos.

ÁREA DE ESTUDO E BANCO DE DADOS

Este estudo foi realizado no flanco *footwall* do corpo mineralizado denominado BFII, na Mina Pilar, de propriedade da Jaguar Mining. Este corpo

pertence ao depósito mineral hospedado em unidades basais do Grupo Nova Lima, Quadrilátero Ferrífero. As rochas da região da mina são

formadas por basaltos toleíticos e fluxos de komatiitos das Unidades Ouro Fino e Morro Vermelho, além de seus equivalentes intrusivos. Na região da mina, as rochas possuem direção nordeste e mudam sua direção para sudeste à medida que se caminha para a região sul da mina. O mapeamento regional mostra que as foliações,

em sua maioria, mergulham abruptamente para o sudeste.

As falhas de empurrão, em escala regional, também possuem direção nordeste e mergulham abruptamente para sudeste. A figura 1 mostra a geologia regional na área da mina e as principais feições estruturais.

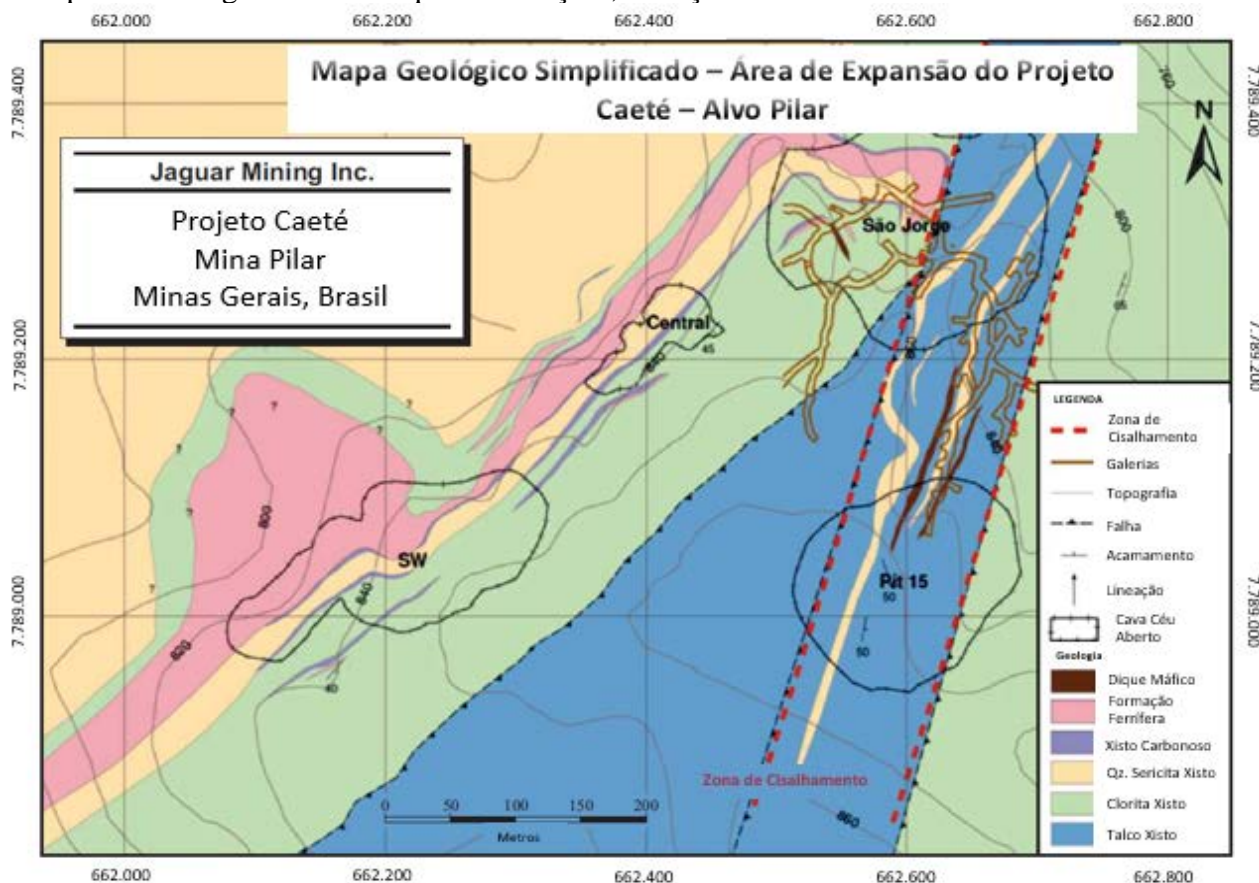


Figura 1 – Mapa geológico-estrutural de superfície da região da Mina Pilar (modificado de Jaguar Mining, 2016).

A mineralização na Mina do Pilar ocorre em diversas rochas hospedeiras, incluindo *BIF's*, xistos máficos, talco clorita xistos e quartzo sericita xistos.

A mineralização de ouro está associada à ocorrência de sulfetos, sendo arsenopirita e pirrotita. Veios de quartzo estão presentes, mas a presença de quartzo não está diretamente associada às zonas mineralizadas mais ricas. Os minerais sulfetados ocorrem, principalmente, disseminados

na rocha hospedeira, mas podem ocorrer sulfetos maciços localmente, com espessuras de até dezenas de centímetros. O corpo *BFII* corresponde à uma das mineralizações hospedadas em *BIF's*, ricas em veios de quartzo e associadas à presença de arsenopirita (Figura 2).

O banco de dados utilizado é composto por amostras de canal, coletadas nas faces, laterais e teto das galerias de desenvolvimento e furos de sonda de *grade control*, *infill* e exploração.

METODOLOGIA

O Índice de Risco (IR)

Amorim & Ribeiro (1996) apresentaram o IR como ferramenta para classificação de recursos alternativa aos métodos já existentes e amplamente aplicados no mercado da mineração. O IR é obtido utilizando-se a continuidade geológica e a variância de krigagem dos teores estimados no modelo de blocos. No estudo de caso que será apresentado na próxima seção, a

continuidade geológica é baseada na incerteza de continuidade dos teores, acima de *cut off* pré definido, obtida através da estimativa de indicadores. A estimativa de indicadores consiste na estimativa de valores 0, para amostras abaixo do *cut off*, e 1, para amostras acima do *cut off*. Com isso, os blocos terão valores entre 0 e 1 que representam a probabilidade de serem minério, quanto mais próximo esse valor for de 1.

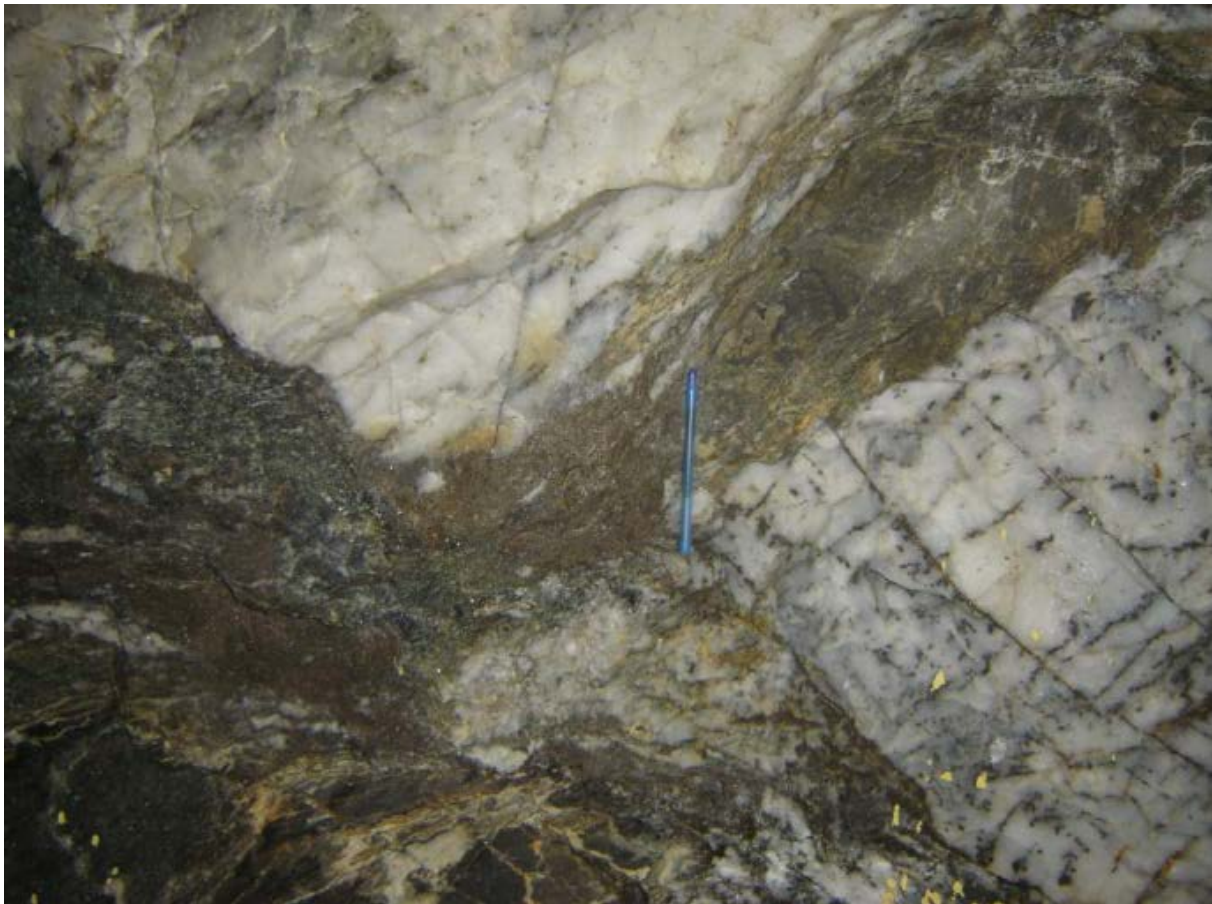


Figura 2 – Característica do minério do corpo BFII (modificado de Ribeiro et al., 2012).

Já a variância de krigagem é uma função do modelo variográfico, geometria dos blocos e distribuição espacial das amostras e é calculada na estimativa dos indicadores.

No caso do Índice de Risco, utiliza-se o correlograma ao invés do variograma pois, ao se utilizar o correlograma, elimina-se o efeito de variação do patamar sobre a variância de krigagem do bloco. Em suma, os blocos possuem o mesmo tamanho e o mesmo patamar variográfico e, portanto, a variância de krigagem está diretamente correlacionada à densidade amostral.

O cálculo do Índice de Risco é feito através da equação (I) (Ribeiro et al., 2012):

$$IR = \sqrt{(1 - I^*K(u))^2 + (KV)^2} \quad (I)$$

- $I^*K(u)$ representa a krigagem dos indicadores (0=estéril e 1=minério);
- KV representa a variância de krigagem obtida na estimativa do bloco;
- $1 - I^*K(u)$ representa a probabilidade do bloco ser estéril (continuidade geológica);

Quanto menor a variância de krigagem e menor a probabilidade do bloco ser estéril, menor

o risco. O índice de risco é representado pela resultante num gráfico $(KV) \times (1 - I^*K(u))$, conforme mostrado na Figura 3.

Aplicabilidade do IR na Mina Pilar

Para aplicação do IR como índice de confiabilidade da estimativa dos teores, é necessário definir dois pontos cruciais:

- 1) Qual *cut off* aplicar na estimativa de indicadores?
- 2) Quais os limites de IR para cada nível de confiabilidade?

Como não há uma norma direta aplicável para definir tais valores, fez-se a estimativa de indicadores com diversos *cut offs* para verificar qual apresenta melhor resultado em relação aos resultados das amostras e à continuidade da mineralização.

O teor de 1,93 g/t, utilizado para definição dos recursos minerais no relatório NI 43-101, mostrou um comportamento coerente com a distribuição das amostras e, portanto, foi definido como o teor de corte estéril-minério.

Para definir os teores limites de confiabilidade, partiu-se do princípio que a melhor condição de pesquisa e locais com maior continuidade da mineralização devem ter o nível de risco baixo.

Estas áreas são as áreas exaustivamente amostradas (áreas com desenvolvimento) e com continuidade da mineralização definida com pelo menos um furo de sonda em cada bloco de lavra (a cada 20 metros) (Figura 4). Fez-se uma análise

visual e definiu-se os valores limite para o IR levando-se em consideração, também, a coerência dos valores de variância de krigagem e continuidade. A matriz da Figura 5 mostra os valores limite definidos.

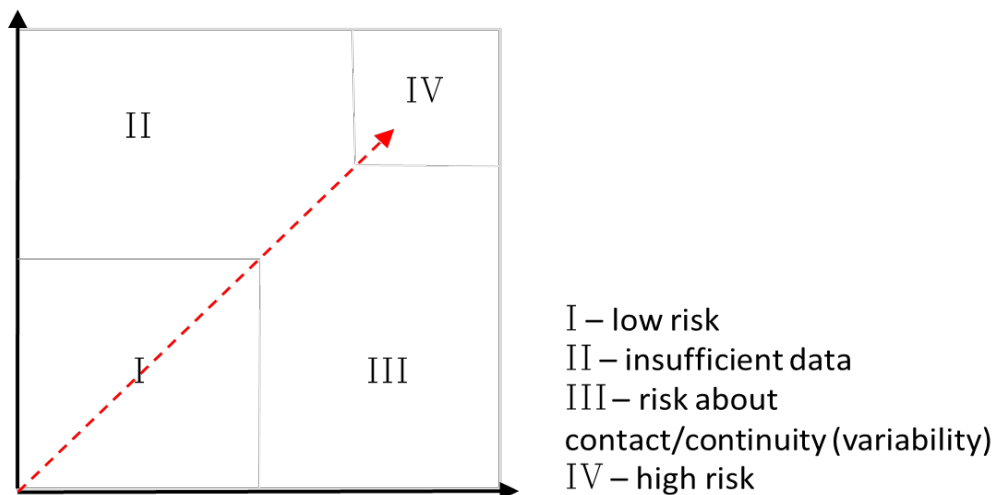


Figura 3 - Representação do vetor Índice de Risco (modificado de Ribeiro et al., 2012).

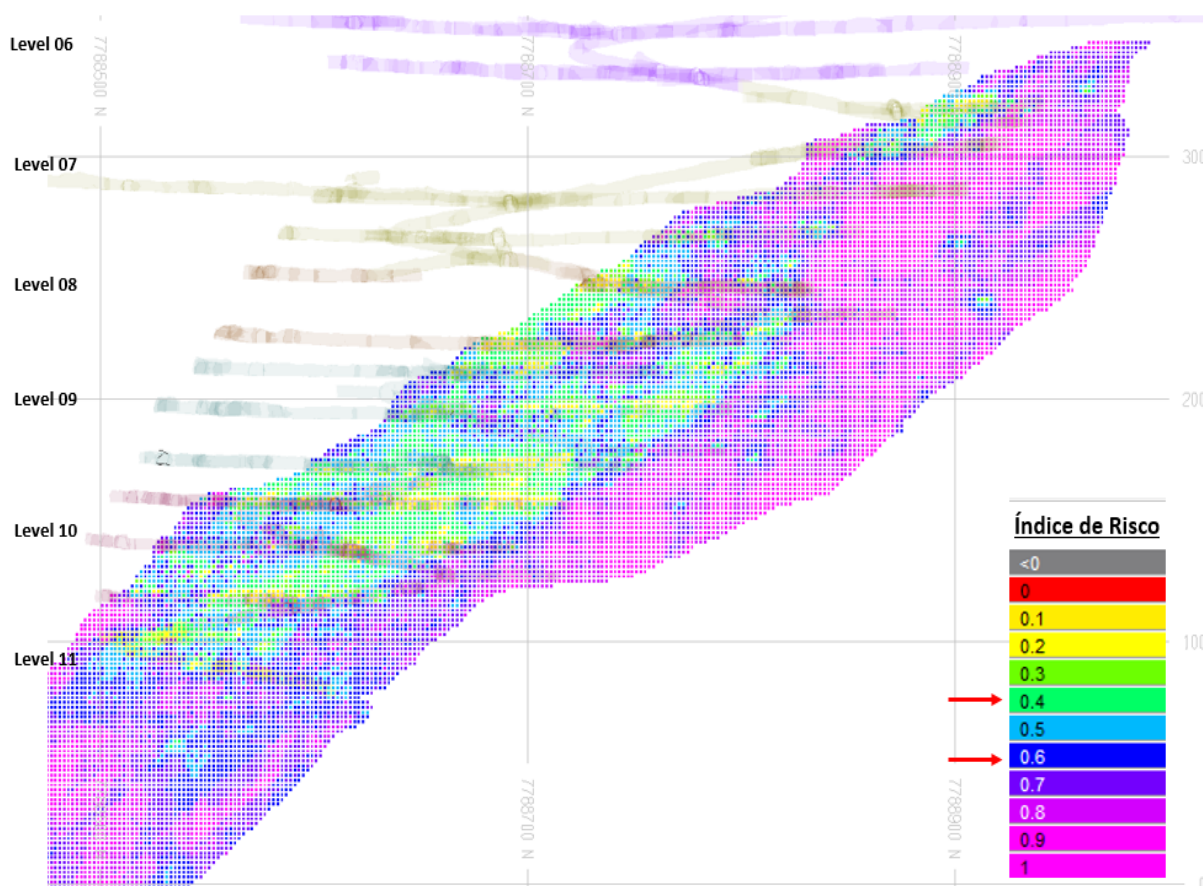


Figura 4 – Análise visual do IR no corpo BFII.

CONCLUSÕES

Os *stopes* de lavra planejados são apresentados com seus respectivos índices de risco.

A Figura 6 abaixo mostra diferentes situações em relação a continuidade da mineralização e

variabilidade dos teores:

a) Amostragem exaustiva porém mostrando descontinuidade do corpo mineralizado. Amostras abaixo do cut off de 1,93 g/t na galeria inferior. **IR = 0,86 – Confiabilidade baixa;**

b) Apesar do furo no painel de lavra, falta de amostragem na galeria superior. Aumento da variância apesar de continuidade da mineralização. **IR = 0,55 – Confiabilidade**

intermediária;

c) Exaustivamente amostrado nas duas galerias e teores confirmam continuidade da mineralização. **IR = 0,32 – Alta confiabilidade.**

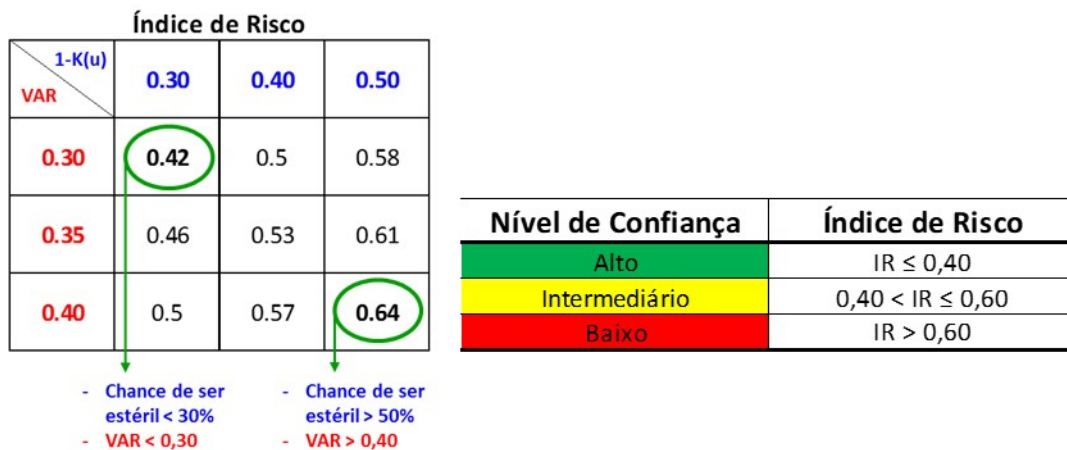


Figura 5 – Limites de confiabilidade para o IR.

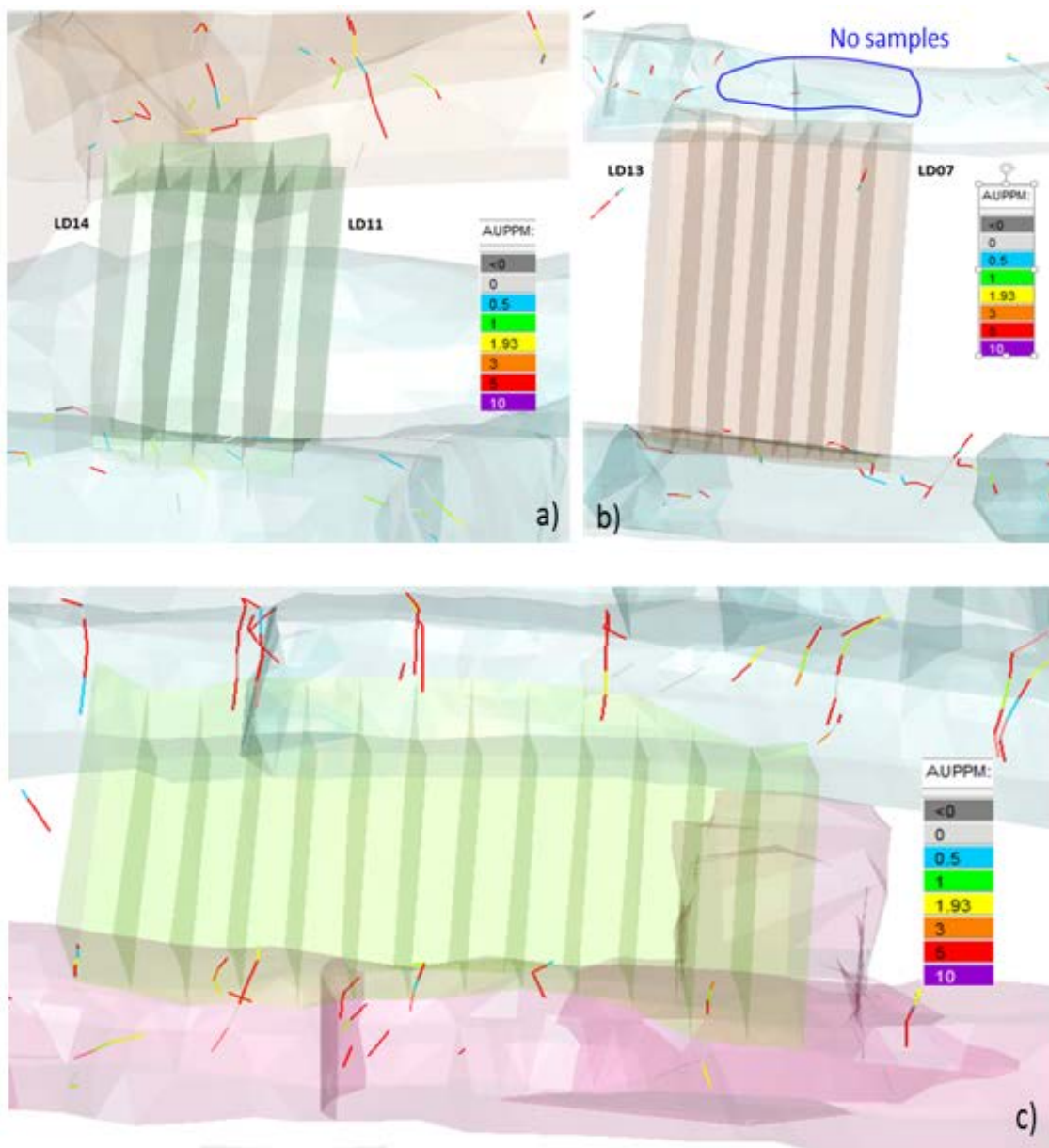


Figura 6 – Limites de confiabilidade para o IR.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Jaguar Mining pela liberação dos dados utilizados na realização deste trabalho, especialmente ao corpo técnico do Departamento de Geologia.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, L.Q. & RIBEIRO, D.T. An Useful Ore Reserve Classification Criterion Based on Indicator Kriging, In: **Proceedings of Mine Planning and Equipment Selection**. HENNIES, A. & CHAVES, S. (Ed.). Balkema, p. 117-121, 1996.
- JAGUAR MINING, **Technical Report on the Roça Grande and Pilar Operations, Minas Gerais state, Brazil**. 2016. Disp. em: https://www.jaguarmining.com/site/assets/files/1724/2016-04-15_ni-43-101_rocagrande-pilar.pdf. Acessado em: 01mar2019.
- RIBEIRO, D.T; FILHO, C.G. M.; SOUZA, L.E.; COSTA, J.F. C. L; ALMEIDA, D.D.P.M. Utilização de critérios geoestatísticos para comparação de malha de sondagem visando à maximização da quantidade de recurso. **REM: R. Esc. Minas Ouro Preto**, v. 65, n. 1, p. 113-118, 2012

*Submetido em 17 de abril de 2020
Aceito para publicação em 7 de janeiro de 2021*