

**Wesley Machado de Almeida**

**USO DE DADOS HIPERESPECTRAIS PARA DIRECIONAMENTO DE LAVRA DE  
MINÉRIO DE FERRO EM MINA A CÉU ABERTO**

**Ouro Preto, MG**

**2017**

Wesley Machado de Almeida

**USO DE DADOS HIPERESPECTRAIS PARA DIRECIONAMENTO DE LAVRA DE  
MINÉRIO DE FERRO EM MINA A CÉU ABERTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista *lato sensu* em Lavra de Minas a Céu Aberto.

Orientador: Prof. Dr. Eunírio Zanetti

Ouro Preto, MG

2017

Título: Uso de dados hiperespectrais para direcionamento de lavra de minério de ferro em mina a céu aberto	
PROD. TEC. ITV - <b>N000/2018</b>	Revisão
Classificação: ( ) Confidencial ( ) Restrita ( ) Uso Interno ( ) Pública	00

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A447u	<p>Almeida, Wesley Machado de          Uso de dados hiperespectrais para direcionamento de lavra de minério de ferro em mina a céu aberto. / Wesley machado de Almeida – Ouro Preto, MG, 2017.          77 f.: il.</p> <p>Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) -- Instituto Tecnológico Vale, 2017.          Orientador: Dr. Eunírio Zanetti</p> <p>1. Dados Hiperespectrais. 2. Minério de ferro 3. Espectroscopia de Imageamento. I. Título.</p>
	CDD 622.292

Bibliotecária responsável: Nisa Gonçalves

CRB 2: 525

PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM LAVRAS DE MINAS A CÉU ABERTO

USO DE DADOS HIPERESPECTRAIS PARA DIRECIONAMENTO DE LAVRA  
DE MINÉRIO DE FERRO EM MINA A CÉU ABERTO

Autor: Wesley Machado De Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 21 de setembro de  
2017 pela banca examinadora constituída pelos professores:



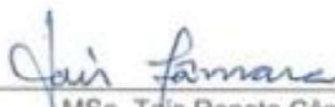
---

D. Sc. Eunírio Zanetti Fernandes  
Orientador – Instituto Tecnológico Vale (ITV)



---

D. Sc. Gustavo Medeiros Freitas  
Membro interno - Instituto Tecnológico Vale (ITV)



---

MSc. Tais Renata Câmara  
Membro interno - Instituto Tecnológico Vale (ITV)

Ao G::A::D::U::.

À minha esposa, Leticia.

Ao meu filho, Pedro.

Aos meus pais, Valter e Adalia.

Aos meus irmãos, Valquíria e Wesley.

## AGRADECIMENTOS

Ao G·A·D·U·, pela minha existência e a oportunidade do conhecimento contínuo.

À minha esposa, Leticia, e ao meu filho, Pedro, que estiveram sempre ao meu lado durante esta jornada e que, muitas vezes, abriram mão da minha presença para que eu pudesse me dedicar a este trabalho de conclusão de curso da especialização em Lavra de Minas a Céu Aberto – ITV.

Aos meus pais, Valter e Adalia, pelo carinho e incentivo contínuo. Aos meus irmãos, Valquíria e Wesley, familiares e amigos, que, de alguma forma, estiveram presentes nesse processo.

À Vale, em nome de Igor Cicolani e Joaquim Toledo, pela oportunidade fornecida para a realização dessa especialização.

Aos colegas da mina de Brucutu e Água Limpa das áreas de geologia, controle de qualidade, topografia, planejamento, apoio e operação de mina. Em especial ao geólogo Eduardo Jardim, que acreditou na metodologia e na tecnologia de dados hiperspectrais desde o início do conceito e contribuiu com artigos para a revisão bibliográfica.

Aos professores e funcionários do ITV – Ouro Preto, pelo suporte e pela participação na minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, prof. dr. Eunírio Zanetti, pela tutoria e dedicação para a realização deste trabalho.

Aos meus coorientadores, professores Gustavo Medeiros Freitas e Taís Câmara, ambos do ITV, pelos conselhos de melhorias para esta monografia.

Aos Iir· das AA·RR·LL·SS· Harmonia e Guardiões de Piracicaba, pela fraternidade e pela busca permanente da sabedoria.

“A árvore não prova  
da doçura dos próprios frutos;  
O rio não bebe as suas próprias ondas;  
As nuvens não despejam águas sobre si mesmas. A  
força dos bons deve ser usada para o benefício de  
todos.”

Provérbio Hindu

## RESUMO

Diariamente, decisões devem ser tomadas por parte das equipes de controle de qualidade e de planejamento de lavra, de forma a não impactar a qualidade do minério a ser alimentado na usina. A base dessa decisão abrange o modelo geológico e os planos de lavra mensal e semanal. As decisões de lavra se fundamentam nas informações do modelo geológico, na avaliação visual dos geólogos e técnicos de controle de qualidade e nos resultados granulométricos das amostras de frente de lavra, que, na melhor das condições, são obtidos no prazo de 4 a 24 horas. O presente trabalho propõe avaliar metodologias de análise indireta da mineralogia do minério de ferro por meio de dados hiperespectrais para direcionamento de lavra, permitindo, assim, desenvolver planos operacionais diários rápidos. Além disso, possibilitar a análise de frentes expostas para serem detalhadas nos planos de lavra de curto e médio prazos. Os zoneamentos mineralógicos obtidos pelas imagens hiperespectrais podem auxiliar no entendimento da performance da usina de beneficiamento do ROM frente aos diversos processos existentes.

**Palavras-chave:** Dados Hiperespectrais. Minério de Ferro. Espectroscopia de Imageamento. Raman. Espectrorradiômetro.



## ABSTRACT

On a daily basis, decisions must be taken by the grade control and mining planning teams so as not to affect the quality of the ore to be fed at the beneficiation plant. The basis of these decisions are the geological model and monthly and weekly mining plans. Mining decisions, besides the information of the geological model, are based on the visual evaluation of the geologists and technicians of quality control and the granulochemical results of the samples of mining front, which, under the best conditions, are obtained in the period from 4 to 24 hours. The present work proposes a methodology of indirect analysis of mineralogical and quality data through hyperspectral images to guide mining, thus allowing to develop fast daily operational plans. In addition, it will be possible to analyze exposed fronts to be detailed in the short and medium-term mining plans. The mineralogical zoning obtained by the hyperspectral images can help in understanding the performance of the ROM processing plant in relation to the various existing processes.

**Keywords:** Hyperespectral Data. Iron Ore. Imaging Spectroscopy. Raman. Spectroradiometer.