

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO (UFOP)**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral  
(PPGEM)

Projeto de Doutorado

Ouro Preto  
Fevereiro – 2014

## PROPOSTA DE CURSO DE DOUTORADO EM ENGENHARIA MINERAL

### 1.1 Denominação:

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (32007019008P0)  
Área: 30200008 – Engenharia de Minas

### 1.2. Níveis:

Mestrado Acadêmico  
Doutorado

### 1.3. Áreas de Concentração:

Lavra de Minas  
Tratamento de Minérios

### 1.4. Endereços:

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Departamento de Engenharia de Minas  
Campus Universitário s/n – Morro do Cruzeiro  
CEP: 35400000 – Ouro Preto (MG)  
Tel/Fax: (31) 35591593

Home Page: [www.ppgem.ufop.br](http://www.ppgem.ufop.br)

E-mail: [ppgem@em.ufop.br](mailto:ppgem@em.ufop.br)

**1.5. Coordenação:** Prof. Dra. Milene Sabino Lana

### 1.6. Início:

Mestrado: 1998

Doutorado (previsão): 2015

## **2. HISTÓRICO E DESCRIÇÃO DO PROGRAMA**

### **2.1. A Escola de Minas e a Universidade Federal de Ouro Preto**

A Escola de Minas de Ouro Preto, primeira instituição brasileira dedicada ao ensino de mineração, metalurgia e geologia, foi fundada em 12 de outubro de 1876. O cientista Carlos Chagas, o inventor Santos Dumont e o presidente Getúlio Vargas foram alguns de seus alunos.

O naturalista francês Claude Henri Gorceix foi escolhido pelo Imperador D. Pedro II para implantação da Escola de Minas. Gorceix optou por Ouro Preto para sediar a Escola de Minas em função de sua localização geográfica, os aspectos geológicos peculiares da região e principalmente pela sua tradição na “atividade mineral”, iniciada em 1698, com a descoberta de ouro pelo bandeirante Antônio Dias. Também pesou nessa escolha a experiência bem sucedida da Escola de Farmácia, fundada em 4 de abril de 1839, contando com uma boa biblioteca e alguns laboratórios. O empenho de Gorceix e de muitos que lhe sucederam fez com que a Escola de Minas se tornasse um centro de excelência na formação de engenheiros de minas, metalurgistas, geólogos e civis.

Como instituição pioneira na formação de engenheiros de minas no Brasil, a Escola de Minas tem um papel de vanguarda no desenvolvimento da atividade mineral no país. Seus egressos vêm, ao longo dos anos, ocupando posições de destaque em empresas e órgãos públicos.

A UFOP foi criada em 1969 e surgiu exatamente da união dessas duas escolas centenárias, a Escola de Farmácia e a Escola de Minas. No início da década de 90 a UFOP começou um processo de expansão, principalmente em relação aos cursos de graduação, que atingiu seu ápice com a adesão ao programa Reuni, do governo Federal, contando hoje com 42 cursos distribuídos nas diversas áreas do conhecimento; engenharias, ciências exatas, biológicas e humanidades. Desse total 38 são presenciais e 4 na modalidade à distância.

A UFOP conta hoje com três Campi em Minas Gerais; em Ouro Preto, Mariana e em João Monlevade.

Recentemente observou-se também um processo significativo de expansão na Pós-Graduação, fruto do esforço de professores com bagagem científica para liderar esse processo e de um efetivo apoio da Administração Superior. Atualmente a UFOP conta com 9 Programas de Pós-Graduação em nível de mestrado acadêmico e doutorado (Biotecnologia, Ciências Biológicas, Ciências Farmacêuticas, Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia de Materiais, Evolução Crustal e Recursos Naturais, Geotecnia e História), 1 Programa em nível de doutorado (Nanotecnologia Farmacêutica), 9 Programas de Pós-Graduação em nível apenas de mestrado (Ciência – Física dos Materiais, Ciência da Computação, Ecologia de Biomas Tropicais, Educação, Engenharia Mineral, Estética e Filosofia da Arte, Letras e Saúde, Nutrição e Química) e 5 mestrados profissionais (Construção Metálica, Educação Matemática, Engenharia Geotécnica, Ensino de Ciências e Sustentabilidade Sócio-Econômica e Ambiental).

A UFOP conta com mais de 15 mil alunos (presenciais e a distância), cerca de 800 técnico-administrativos em educação e mais de 800 professores, a maioria com título de doutor.

A Escola de Minas participou ativamente desse processo de expansão da UFOP. Além dos quatro cursos de engenharia existentes (engenharia civil, de minas, geológica, e metalúrgica) a Escola de Minas conta hoje com 9 cursos, sendo os 5 restantes: arquitetura e urbanismo, engenharia ambiental, engenharia de controle e automação, engenharia de produção e engenharia mecânica. Em relação à Pós-Graduação a Escola de Minas conta hoje com 7 Programas de Pós-Graduação, 4 em nível de mestrado acadêmico e doutorado (Engenharia Civil, Engenharia de Materiais, Evolução Crustal e Recursos Naturais e Geotecnia), 1 em nível de mestrado acadêmico (Engenharia Mineral) e 2 na modalidade profissional (Construção Metálica e Engenharia Geotécnica).

## 2.2. Pesquisa e Pós-Graduação na UFOP e na Escola de Minas

O primeiro curso de pós-graduação na UFOP foi criado em 1983, hoje denominado Evolução Crustal e Recursos Naturais, vinculado ao Departamento de Geologia, da Escola de Minas. Desde então, a UFOP vem desempenhando um papel importante na formação de quadros acadêmicos e de profissionais de alto nível, influenciando decisivamente no desenvolvimento cultural, científico, tecnológico e econômico do estado de Minas Gerais e do país.

Dentro dos objetivos estratégicos institucionais, a administração da UFOP vem apoiando as iniciativas de seus grupos de pesquisa para a melhoria da formação de seus quadros e de sua produção científica e tecnológica. A UFOP vem apoiando fortemente a criação de cursos novos de pós-graduação *stricto sensu* em todas as áreas. De 2006 até hoje a UFOP teve aprovados pela CAPES 13 novos cursos de mestrado (Geotecnia, Estética e Filosofia da Arte, Ciências Farmacêuticas, Ciências – Física dos Materiais, História, Ecologia de Biomas Tropicais, Biotecnologia, Letras: Estudo da Linguagem, Saúde e Nutrição, Ciência da Computação, Educação, Construção Metálica, Educação Matemática) e 4 cursos de doutorado (Geotecnia, Nanotecnologia Farmacêutica/Interinstitucional, História, Engenharia Ambiental).

Nos últimos anos a UFOP definiu como prioritários os projetos institucionais que propiciavam aos Programas de Pós-Graduação a captação e alocação de recursos em infraestrutura física adequada, para que os programas possam alcançar os critérios de excelência estabelecidos pela CAPES, bem como apoiar os programas em fase de implantação e consolidação.

Constata-se também o efetivo apoio da UFOP aos projetos financiados pelo programa CT-INFRA e PRÓ-EQUIPAMENTOS. A definição dos projetos e distribuição dos recursos tem sido feita a partir da definição de projetos estratégicos na Câmara de Pós-Graduação, que é composta por todos os coordenadores dos Programas de Pós-Graduação e equipe de administração ligada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, incluindo o pró-reitor. A partir de 2014 todos os projetos de pesquisa institucionais serão selecionados a partir de pré-propostas de subprojetos para a composição do projeto institucional da UFOP, aperfeiçoando o sistema e tornando-o mais transparente.

A Pós-Graduação dispõe de bolsas das principais agências de fomento, como CAPES, CNPq, FAPEMIG. Além disso, a UFOP disponibiliza bolsas com recursos próprios direcionadas àqueles programas emergentes, que não possuem bolsas em quantidade suficiente para atender a demanda.

Em relação às bolsas de iniciação científica, a UFOP também conta com cotas das principais agências como o Programa PIBIC (iniciação científica, CNPq), PIBIC-Af (ações afirmativas, CNPq), PIBIT (iniciação em desenvolvimento tecnológico e inovação, CNPq), PIBIC-EM (iniciação científica, ensino médio), PROBIC (FAPEMIG). Também são disponibilizadas bolsas com recursos próprios para atender parte da demanda qualificada. O Departamento de Engenharia de Minas possui também uma cota de bolsas de iniciação científica do programa PROMIN, apoiado pela Fundação Gorceix, que é uma fundação de apoio à UFOP.

Medidas de incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica têm sido tomadas, como a criação do Núcleo de Inovação Tecnológica – NIT/UFOP, órgão vinculado à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação.

Em relação à Pós-Graduação na Escola de Minas, observa-se que é a unidade da UFOP com os cursos de Pós-Graduação mais antigos da instituição e todos eles devidamente consolidados. Todos os programas contam com cursos de doutorado, exceto o Programa de Engenharia Mineral, objeto dessa proposta. Há diversos laboratórios na unidade que atendem tanto aos cursos de graduação quanto aos cursos de pós-graduação. Alguns desses laboratórios são de ponta, em especial aqueles com forte inserção no setor minero-metalúrgico.

A Escola de Minas possui também diversas parcerias com empresas privadas e órgãos públicos e, recentemente, tem fortalecido parcerias internacionais com diversas universidades. Há um número significativo de projetos de pesquisa com aporte financeiro de empresas privadas, além de um número também significativo de projetos com as principais agências de fomento do país.

### **2.3. Histórico e Descrição do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM)**

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM) foi criado em 1998, com o objetivo de formar profissionais de alto nível, especialistas nas questões relativas ao aproveitamento racional de recursos naturais. Um dos pilares da proposta do PPGEM é a busca de equilíbrio entre a disponibilidade de recursos naturais e a sustentabilidade ambiental. O elenco de disciplinas do Programa e suas linhas de pesquisa e projetos desenvolvidos vislumbram essa preocupação.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral (PPGEM) apresenta as seguintes peculiaridades:

- a) localização em região de intensa atividade mineradora;
- b) comprometimento explícito com a engenharia mineral;
- c) disciplinas ministradas ao longo do período letivo;
- d) disponibilidade de residência estudantil;
- e) enfoque nos aspectos relacionados ao desenvolvimento sustentável da mineração.

O PPGEM tem formado pessoal qualificado nos fundamentos e aplicações da Engenharia Mineral para o exercício de atividades tanto em instituições de ensino e/ou pesquisa, quanto diretamente junto ao sistema produtivo. De 1998 até hoje o PPGEM teve 152 dissertações de mestrado finalizadas.

É de grande importância a formação de professores qualificados (nível de mestrado e doutorado), já que com o Programa Reuni houve um aumento expressivo dos cursos de Graduação em Engenharia de Minas no país. Esse aumento foi de mais de 100% e atualmente verifica-se grande carência de professores qualificados, mesmo em universidades de grande porte.

Digna de nota também é a demanda expressiva do setor produtivo por profissionais com titulação, incluindo-se aí empresas de mineração e especialmente empresas de consultoria. O Programa vem absorvendo parte dessa demanda, já que se localiza em região de intensa atividade mineradora.

#### **2.3.1. Infraestrutura de Ensino e Pesquisa**

Os trabalhos de pesquisa que vêm sendo desenvolvidos têm um forte apoio de empresas da região e de fora, devido à sua aplicação imediata na resolução de problemas das mesmas, além de financiamentos dos órgãos de fomento oficiais.

Como principais financiadores e ou apoiadores do Programa podemos citar:

- Órgãos públicos de fomento: CAPES, CNPq, FAPEMIG (Fundação Estadual de Apoio à Pesquisa de Minas Gerais), FINEP, Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais.
- Empresas Privadas: Vale, Geoexplore Consultoria e Serviços, Maccaferri do Brasil Ltda, Samarco, Votorantim Metais.
- Órgãos Internacionais: Rede CYTED

O PPGEM conta com diversos laboratórios recentemente equipados com equipamentos de última geração, equiparando-se aos laboratórios das grandes Universidades e Centros de Pesquisa do país.

Os principais laboratórios e equipamentos vinculados ao Programa são:

a) Tratamento de Minérios (área de 340 m<sup>2</sup>): esse laboratório dispõe dos seguintes equipamentos: britadores, moinhos, amostrador tipo Carrossel, pulverizadores de amostra para análise química, ciclone, classificador espiral, vibrador de peneiras e peneiras, mesa, jigues, espiral de Humphrey, separadores magnéticos de alta e baixa intensidade, coluna de flotação automatizada.

b) Laboratório de Propriedades Interfaciais (área de 180m<sup>2</sup>): dispõe dos seguintes equipamentos: sedigraph5001 (Micrometics), granulômetro a laser - CILAS 1064, zetâmetro - Zeta Sizer (Malvern), BET NOVA 1200e (Quatacrome), multipicnômetro a gás – ultrapicnômetro 1200e (Quantacrome), medidor de alvura - : TECHNIBRITE MODEL TB-1, viscosímetro Brookfield, prensa para confecção de corpos de prova para medida de alvura, balança analítica digital com quatro casas decimais provida de kit de determinação de densidade de sólidos e líquidos (Sartorius), turbidímetro portátil, infrapeneirador (ATM Model L3P-26 (240V – 60H Sonic Sifter Separator), centrífuga, destilador e deionizador de água, agitador mecânico, agitador orbital, banho Ultrassom para limpeza de micro-peneiras (HAVER USC 200 Mult), lupas binoculares (20).

Além dos equipamentos citados anteriormente há diversas vidrarias, medidor de pH e agitadores magnéticos, refratômetro de Abbel.

c) Laboratório de Espectroscopia Infravermelha e Análise Termogravimétrica (16 m<sup>2</sup>): dispõe dos seguintes equipamentos: espectrômetro infravermelho a transformada de Fourier da Thermo com os seguintes acessórios: módulo de transmissão, microscópio contínuo de IV, módulo de refletância difusa, reflexão total atenuada (HATR) e interface com análise termogravimétrica; análise termogravimétrica/termodiferencial – TA Q50 (TA Instruments); microscópio óptico Leica modelo DMLP, equipado com máquina fotográfica modelo DFC 295 e software LAS V4.1.

d) Laboratório de Flotação (60m<sup>2</sup>): nesse laboratório foi modernizado/ampliado o sistema de microflotação para o atendimento da maior demanda dos projetos de pesquisa da área de Tratamento de Minérios, três células mecânicas de flotação, zetâmetro (comprado com recursos do REUNI), duas bombas peristálticas, medidor de pH, 3 fornos, 3 estufas, capela, duas células de flotação CDC com controle de ar e velocidade, coluna de flotação completa, filtro a vácuo, banho de Ultrassom, agitadores mecânicos e magnéticos, duas estufas, geladeira para acondicionamento de reagentes e vidraria.

e) Laboratório de processos a quente (130m<sup>2</sup>) - um forno de secagem, uma estufa que atinge 1200 °C, um forno túnel.

f) Laboratório de Análises Químicas (30 m<sup>2</sup>): Deverá entrar em operação em março de 2014. O mesmo será equipado com: absorção atômica - Espectrômetro Absorção Atômica SAVANT, capela de exaustão de gases.

g) Laboratório de Preparação de Amostras para Caracterização (30m<sup>2</sup>): entrará em operação em março de 2014. O mesmo será equipado com os seguintes equipamentos: Separador

isodinâmico Frantz, moinho orbital (recursos aprovados para aquisição no projeto Fapemig/Vale), célula de flotação CDC.

Além dos equipamentos citados anteriormente será comprado em 2014, com recursos do projeto Fapemig/Vale, um difratômetro de raios X, que será instalado em laboratório específico de difração de raios X, a ser construído para tal finalidade.

A área de Tratamento de Minérios também utiliza laboratórios do Programa da Redemat (Engenharia de Materiais) e do Programa da Geologia (Evolução Crustal e Recursos Naturais). Esses laboratórios são de projetos da FINEP, que envolvem a aquisição de equipamentos de uso compartilhado entre Programas de Pós-Graduação.

h) Laboratório de Geotecnia (área de 130m<sup>2</sup>) – este laboratório é compartilhado com os Departamentos de Geologia e de Engenharia Civil e conta com os seguintes equipamentos principais: prensa para ensaios de cisalhamento, adensamento, compressão triaxial, compressão simples (os ensaios de compressão podem ser efetuados sob condição de ar comprimido) em solos e rochas brandas, aparelhagem para ensaio de permeabilidade, aparelhagem para ensaio de abrasão Los Angeles, aparelhagem para ensaio de Casa Grande, estufas e bombas de vácuo, equipamento para ensaio de durabilidade (Slake Durability), que foi montado por uma aluna do Programa.

h) Laboratório de Rochas Ornamentais e Cantaria (área de 287m<sup>2</sup>): GPR, nove computadores, dois projetores; seis notebooks, gerador de energia a gasolina, serra circular de 400mm para cortar rocha, amostrador de corpos de prova, retífica, dois conjuntos de ferramentas de cantaria italianas; um compressor de ar com motor, mangueira de 250 litros; uma furadeira Bosch de pequeno porte; furadeira Bosch de médio porte; um rompedor Bosch de médio porte, duas impressoras jato de tinta; uma impressora a laser; dois scanners; um guincho mecânico 2 t; um carrinho transporte até 150 kg.

Além disso, foi adquirido recentemente um equipamento de compressão puntiforme, com módulo para ensaio de medição de velocidade de ondas, utilizando recursos do Pro-Equipamentos CAPES.

Uma prensa servo-controlada para ensaios mecânicos em rochas foi adquirida com recursos FINEP em projeto coordenado pelo PROPEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil). Esse equipamento já foi embarcado e, dentro de alguns meses, deve chegar à UFOP.

Está em processo de compra um equipamento para ensaios triaxiais em solo com aquisição eletrônica de dados e possibilidade de acoplamento de módulo dinâmico. Para aquisição desse equipamento foram alocados recursos do Pro-Equipamentos de 2012.

i) Laboratório de Informática: composto por equipamentos de informática e programas específicos para a área de lavra de minas:

- Maple: aplicativo para a computação de expressões algébricas, simbólicas, permitindo o desenho de gráficos a duas ou a três dimensões.
- Isatis: programa referência na área de Geoestatística da empresa Geovariances.
- 25 licenças do programa Minitab para utilização em análises estatísticas.
- licenças ilimitadas dos aplicativos de Geomecânica da empresa Rocscience Inc, com vários aplicativos (análise tensão-deformação e equilíbrio-limite para escavações subterrâneas e escavações a céu-aberto, queda e tombamento de blocos, análise de dados de descontinuidades e geologia estrutural).

Foram adquiridas recentemente 20 licenças em rede do aplicativo Micromine, da empresa de mesmo nome, que é uma ferramenta 3D para design de mina, exploração geológica, planejamento da produção, planejamento de lavra de longo prazo, desde a otimização da mina até a geração de avanços e Sequenciamento automatizados.

Também foi adquirido o programa EndNote para pesquisa em bases de dados bibliográficos e utilização na organização e formatação de referências bibliográficas.

Encontra-se em processo de aquisição 15 licenças em rede do Pacote Geostudio, também com recursos do Pro-Equipamentos CAPES de 2012. Nesse pacote existem vários aplicativos para uso em problemas de geotecnia (fluxo, análise tensão-deformação e equilíbrio-limite, análise dinâmica, de contaminantes).

São também utilizados laboratórios de outras unidades, tais como os do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, ou outros departamentos como Engenharia Metalúrgica, Engenharia Mecânica e Geologia, permitindo acesso a equipamentos como microscópios óticos, microscópio eletrônico de varredura, difratômetro de raios X, absorção atômica, plasma de acoplamento indutivo, etc.

## **Biblioteca**

O acervo bibliográfico da UFOP está disponível no Sistema de Bibliotecas ([WWW.sisbin.ufop.br](http://WWW.sisbin.ufop.br)), onde podem ser realizadas buscas on line em todas as bibliotecas setoriais da UFOP. Este acervo é composto por cerca de 82000 títulos e 176000 exemplares de material bibliográfico (livros, teses, CDs, mapas, partituras) e cerca de 5600 títulos e 29000 exemplares de periódicos. Além disso, diversos serviços são oferecidos pelas bibliotecas da UFOP:

- Acesso ao Portal de Periódicos da CAPES que pode ser acessado pelos pós-graduandos e docentes dentro da UFOP e também de seu domicílio, via acesso remoto após autorização de uso do sistema;
- Acesso ao banco de dados do acervo eletrônico de diversas instituições científicas e dados bibliográficos de periódicos nacionais e estrangeiros através de banco de dados como Medline, Scielo, Lilacs, Biblioteca Cochrane etc;
- Comutação bibliográfica: as bibliotecas do sistema participam do Programa Comut do IBICT/CNPq, que permitem localizar e solicitar cópias de artigos de periódicos no Brasil e no exterior;
- Consulta e empréstimo local;
- Empréstimo domiciliar;
- Empréstimo entre bibliotecas de outras instituições;
- Núcleo de Educação Inclusiva – NEI: modelo de atendimento aos portadores de necessidades educacionais especiais da UFOP;
- Orientações sobre normalização de trabalhos acadêmicos, monografias, teses e publicações científicas;
- Pesquisa bibliográfica;
- Treinamento de usuários.

Os departamentos de Engenharia de Minas e de Geologia são atendidos por uma biblioteca comum. Todos os livros indicados como bibliografia das disciplinas propostas estão disponíveis na biblioteca. No prédio da Escola de Minas, há uma biblioteca central, que atende à demanda de todos os cursos de engenharia. Há, também, uma série de periódicos para as áreas de Lavra de Minas, Tratamento de Minérios, que não estão disponíveis no site dos periódicos da CAPES. Com a aquisição de diversos livros nas várias áreas do conhecimento do Programa com recursos do CNPq, Fapemig, Fundação Gorceix e PROEX, a biblioteca do prédio DEGEO/DEMIN possui um acervo atualizado de livros das áreas de atuação do PPGEM, sendo



uma das mais modernas do país. Temos em torno de 9000 títulos de livros totalizando cerca de 18000 exemplares, 90 títulos de periódicos e 2.400 mapas.

### **Outras Informações**

Está sendo construído um prédio para o Departamento de Engenharia de Minas com instalações para o funcionamento da Graduação e da Pós-Graduação (PPGEM) onde serão ampliados os laboratórios existentes de Tratamento de Minérios, Flotação, Propriedades Interfaciais, Geotecnia e Reologia, além da implantação dos laboratórios de Microscopia Ótica, Difractometria de raios-X, Mecânica das Rochas e outros.

#### **2.3.2. Integração com a Graduação**

A integração entre o PPGEM e o curso de Engenharia de Minas e outros cursos de graduação da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) tem sido muito efetiva, pois todos os docentes da Instituição, atuantes no Programa, exercem atividades didáticas na graduação, além de orientação de monografias e projetos de iniciação científica, vinculados aos projetos de dissertações de mestrado. Cabe ressaltar aqui, que os projetos de pesquisa da Pós-Graduação têm possibilitado uma melhoria da infraestrutura laboratorial, que também é utilizada nas aulas para o curso de graduação, havendo um maior interesse dos alunos de graduação por atividades de pesquisa.

Para inserção do aluno de iniciação científica nos projetos de pesquisa dos professores são oferecidas bolsas de iniciação científica financiadas pela Fapemig, Fundação Gorceix, CNPq, projetos dos professores e a própria Instituição. Esses projetos normalmente são submetidos aos comitês de pesquisa da PROPP/UFOP, que após a análise do mérito da proposta de pesquisa, do histórico escolar do aluno e do currículo do orientador são classificados e desta forma é feita a distribuição das bolsas disponíveis de acordo com a classificação geral dos projetos submetidos. Além das bolsas de iniciação científica financiadas pelos órgãos de fomento oficiais (CNPq, Fapemig, CAPES e Fundação Gorceix), existem também bolsas vinculadas aos projetos financiados por empresas interessadas nos resultados das pesquisas, como é o caso da Votorantim Metais e VALE.

Vários trabalhos publicados em congressos e periódicos pelos professores e alunos do Programa têm como co-autores alunos da Graduação, que fizeram parte da pesquisa. Vários desses alunos de iniciação científica ingressam no PPGEM ou em outros Programas de Pós-Graduação da UFOP e outras Instituições.

Deve ser também ressaltado o Programa de Estágio Docência, obrigatório para os alunos que possuem bolsa financiada pela CAPES. O PPGEM vem criando mecanismos de estímulo e incentivos para que qualquer bolsista do Programa manifeste interesse pelo Estágio de Docência.

### **3. PROPOSTA DE CRIAÇÃO DO DOUTORADO**

#### **3.1. Justificativa**

Ao longo de muitos anos, desde o final da década de 80, o Brasil vem formando um número muito pequeno de engenheiros de minas. Esse fato gerou uma demanda reprimida desses profissionais, levando a um expressivo aumento dos cursos de graduação na área; dos 7 cursos existentes passamos a contar atualmente com 23 cursos. Desses cursos 11 são de universidades federais, 2 de universidades estaduais, 2 de institutos federais (antigas escolas técnicas) e 8 de instituições particulares.

O aumento expressivo de cursos de Engenharia de Minas no país levou também a uma demanda muito grande de professores qualificados em nível de doutorado. Atualmente existem apenas 3 cursos de pós-graduação em nível de doutorado no país, na USP, UFRGS e UFMG. Dos 3 apenas o da USP é exclusivamente focado em Engenharia de Minas, sendo os da UFRGS e da UFMG, parcerias entre Engenharia Metalúrgica e de Minas.

Nas universidades tradicionais onde o curso é oferecido (UFRGS, UFMG, UFOP, USP, UFCG, UFPE e UFBA), muitos professores estão se aposentando ou tem previsão de aposentadoria nos próximos anos, reforçando ainda mais a necessidade de formação de quadros altamente qualificados em curto prazo.

Pelo exposto fica evidente a necessidade da abertura de novos cursos de doutorado na área. A escolha da UFOP é mais do que natural, tendo em vista não apenas sua tradição mineral, mas também a demanda observada no seu curso de Pós-Graduação em Engenharia Mineral. Temos candidatos oriundos de várias instituições de ensino, inclusive da UFMG e da UNIFESSPA (Pará), muitos dos quais candidatos a bolsa. Recebemos também candidatos de outros países, especialmente do Peru.

Muitos dos nossos ex-alunos bolsistas têm ingressado como professores nas diversas instituições onde são oferecidos cursos de graduação em Engenharia de Minas. Exemplos disso foram observados recentemente na UFMG (Belo Horizonte, MG), UFG (Catalão, GO), CEFET/MG (Araxá, MG) dentre outros.

Também digno de nota é o crescimento da demanda por cursos de Pós-Graduação de profissionais do mercado de trabalho, em especial de empresas de consultoria e grandes empresas de mineração. Nosso curso tem recebido um percentual significativo desses profissionais, o que demonstra a necessidade de formação especializada para suprir os grandes desafios da indústria. Inclusive na Ficha de Avaliação Trienal do Programa de 2013 é enfatizado o envolvimento com o setor mineral como um dos pontos fortes do programa atendendo a uma forte demanda dos profissionais de mineração, mostrando sua importância para a região.

A criação do doutorado em Engenharia Mineral na UFOP permitirá a consolidação da área na instituição, bem como o efetivo desenvolvimento de todas as suas potencialidades.

#### **3.1. Objetivos**

O Doutorado em Engenharia Mineral tem por objetivo geral formar profissionais altamente qualificados em nível avançado para exercer atividades nas áreas de Lavra de Minas e Tratamento de Minérios. De uma maneira geral, a atividade de Mineração apresenta baixos índices de evolução em pesquisa e desenvolvimento, principalmente na área de Lavra de Minas. Um grande esforço precisa ser realizado para superar o estado da arte atual e as universidades têm papel importante nesse empreendimento.

Como objetivos específicos destaca-se a contribuição que o Doutorado terá na formação de docentes para os atuais cursos de graduação na área. Sendo que muitos dos cursos atuais só conseguem contratar professores apenas com o título de mestrado ou só com diploma de graduação.

Destaca-se também a contribuição que o Doutorado promoverá no mercado de trabalho, onde profissionais de nível sênior poderão se formar com considerável bagagem para atuar em projetos de mineração, onde as restrições econômicas e ambientais são cada vez maiores.

### **3.2. Duração e público-alvo**

O Doutorado em Engenharia Mineral terá duração de 48 meses. O público-alvo do curso é representado por mestres nas diversas áreas de Engenharia, Geologia, Química, Física e áreas correlatas. O Programa tem um grande papel a cumprir, especialmente na formação de recursos humanos para a pesquisa e docência, bem como para o avanço científico da área. Espera-se que, pelo menos nos primeiros anos de implantação do doutorado, haverá grande demanda por parte de professores dos diversos IFETs e universidades, onde há uma presença maciça de professores com grau de mestre e, em alguns casos só graduados.

### **3.3. Áreas de concentração e Linhas de Pesquisa**

As áreas de concentração do curso de Doutorado são Lavra de Minas e Tratamento de Minérios, as mesmas áreas do curso de Mestrado. Em relação às linhas de pesquisa foi feita adequação das mesmas em relação àquelas do Mestrado, em função da capacidade de orientação prevista. Essa adequação envolveu o agrupamento de linhas de pesquisa correlatas. As linhas de pesquisa de Rochas Ornamentais (Lavra) e Tratamento de Efluentes (Tratamento de Minérios) não foram incluídas no curso de Doutorado por dificuldades em relação à orientação de trabalhos.

Para cada área de concentração foram definidas as seguintes linhas de pesquisa:

#### **Lavra de Minas**

- a) *Fechamento de Mina*: com foco nos estudos que impliquem na estabilidade em longo prazo das estruturas remanescentes da mina. Estudos de controle da DAM e desenvolvimento de programas de estimativas de custos de fechamento de mina e garantias financeiras para fins de fechamento. Legislação mineraria e suas implicações no fechamento de minas.
- b) *Geomecânica e Geotecnia*: com foco na análise dos parâmetros geomecânicos de solos, rochas e maciços rochosos, dimensionamento e sustentação de escavações a céu-aberto e subterrâneas. Modelagem matemática de estruturas em rochas e solos.
- c) *Planejamento de Lavra*: com foco no estudo dos procedimentos de otimização da cava e dimensionamento de frota num projeto de mineração utilizando desenvolvimentos de recursos computacionais. Aplicação de Geoestatística, técnicas de Pesquisa Operacional e Análise Econômica de Empreendimentos.
- d) *Lavra a céu-aberto e Subterrânea*: com foco em operações mineiras (carregamento, desmonte etc), operações complementares (drenagem, ventilação, iluminação etc).

## Tratamento de Minérios

- a) *Caracterização Tecnológica de Minérios e Resíduos*: com foco no estudo das características mineralógicas e texturais, granulométricas e químicas de minérios e resíduos da indústria mineral, além de ensaios específicos para aplicação industrial.
- b) *Operações Complementares*: engloba as áreas de cominuição (britagem, moagem), classificação de minérios, peneiramento e manuseio de particulados.
- c) *Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido*: engloba métodos de concentração de minérios e resíduos. Engloba também as operações de espessamento de concentrados e rejeitos, filtragem e secagem de concentrados (Separação Sólido/Líquido). Engloba ainda as operações de sinterização, pelotização e briquetagem de finos de minérios (Aglomeração de Finos).

### 3.4. Estrutura de créditos

Para integralização do curso de Doutorado em Engenharia Mineral o aluno deverá obter no mínimo 30 (trinta) créditos em disciplinas, que serão escolhidas com anuência do orientador. No caso de aproveitamento de créditos de outros cursos, internos ou externos à UFOP, é requerida a apreciação do colegiado de curso.

Os créditos obtidos em curso de mestrado poderão ser aproveitados para contabilização do total de créditos necessários. O aluno deve obter média igual ou superior a 75% (conceito B, ver Tabela 1) nas disciplinas cursadas.

O aluno de mestrado ou de doutorado deve ser aprovado em exame de qualificação público, perante banca designada pelo colegiado de curso após conclusão de no mínimo 50% dos créditos.

A obtenção do grau de mestre está condicionada à submissão de trabalho para publicação em periódico Qualis B1 ou superior, com a devida aprovação do orientador, conforme instruções contidas no Caderno de Avaliação das Engenharias II. Entretanto, no caso do grau de doutor é necessário um maior rigor. Propõe-se a comprovação de aceitação de pelo menos um artigo em periódico Qualis B1 ou superior e a submissão de pelo menos um artigo em periódico Qualis A da área de Engenharias II.

Tabela 1: Relação entre notas e conceitos de disciplinas cursadas na UFOP.

CONCEITO	DESIGNAÇÃO	NOTA
Excelente	A	90 a 100
Bom	B	75 a 89
Regular	C	60 a 74
Insuficiente	D	0 a 59
Nulo	E	0

### 3.5. Relação de disciplinas

São propostas as mesmas disciplinas para o mestrado e o doutorado, cuja relação é apresentada em seguida.

1. *Análise Estatística de Experimentos (MIN 740)*  
Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2  
Área de Concentração: Tratamento de Minérios / Lavra de Minas  
Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa  
Docente: Carlos Alberto Pereira  
Ementa: Metodologia tradicional "um fator de cada vez" e metodologias estatísticas de planejamento fatorial completo e fracionário, confiabilidade dos resultados. Metodologias de otimização de processos, tais como passo ascendente e árvore de resposta.
2. *Caracterização Mineralógica e Tecnológica de Minérios (MIN 716)*  
Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1  
Área de Concentração: Tratamento de Minérios  
Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa da área de Tratamento de Minérios  
Docente: Rosa Malena Fernandes Lima  
Ementa: Descrição dos métodos usados na caracterização química, mineralógica e granulométrica de minérios, minerais industriais, com ênfase nos princípios de funcionamento, na constituição dos instrumentos, na aplicabilidade de cada método e na interpretação dos resultados. Microscopias ótica e eletrônica; difração de raios-X; métodos espectrométricos; análise granulométrica convencional e instrumental e de área específica; métodos complementares. Adequação de cada método na caracterização dos minérios e materiais. Microsonda eletrônica e iônica, PIXE, SIMS.
3. *Desmonte e Transporte de Rochas (MIN 703)*  
Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2  
Área de Concentração: Lavra de Minas  
Linha(s) de Pesquisa(s): Lavra a Céu-aberto e Lavra Subterrânea  
Docente: Valdir Costa e Silva  
Ementa: Seleção de explosivos e acessórios comerciais. Seleção do diâmetro e equipamento de perfuração. Desenvolvimento de explosivos com os respectivos testes de campo (medição da velocidade de detonação, determinação do diâmetro crítico, da mínima escorva de iniciação etc.). Controle dos problemas ambientais gerados pelos desmontes de rochas (velocidade e frequência de vibração do terreno, sobrepressão do ar, ruídos e ultralancamento dos fragmentos rochosos). Técnicas especiais de desmonte e transporte de rochas. Simulação do desmonte de rochas com modernos programas.

4. *Estabilidade de Taludes em Maciços Rochosos (MIN 708)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Geomecânica e Geotecnia

Docente: Milene Sabino Lana

Ementa: Mecanismos de ruptura em taludes. Análise cinemática. Resistência mecânica de maciços rochosos e descontinuidades. Cálculos de estabilidade. Métodos de equilíbrio-limite. Análise tensão-deformação. Análise probabilística. Instrumentação e monitoramento. Métodos de estabilização e controle.

5. *Fechamento de Mina (MIN 735)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Fechamento de Mina

Docente: Hernani Mota de Lima

Ementa: Conceitos, definições e objetivos de um fechamento de mina. Fechamento de Mina - aspectos técnicos e legais. Planejamento para o Fechamento de Mina - componentes de um plano de fechamento. Critérios de fechamento. Estimção do custo de fechamento. Gerenciamento de um plano de fechamento durante as fases de desenvolvimento, produção e fechamento de uma mina. Operacionalização de um plano de fechamento. Estudos de casos.

6. *Fenômenos Interfaciais (MIN 719)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido, Caracterização Tecnológica de Minérios e Resíduos

Docente: José Aurélio Medeiros da Luz

Ementa: Tipos e caracterização das interfaces. Adsorção: conceitos, classificações, isotermas, filmes monomoleculares. Tensão superficial. Propriedades elétricas das interfaces: dupla camada elétrica: nomenclatura e conceitos básicos, medida de potencial zeta e determinação de condições de carga zero.

7. *Flotação (MIN 720)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido, Caracterização Tecnológica de Minérios e Resíduos

Docente: Rosa Malena Fernandes Lima

Ementa: Princípios da flotação em espuma envolvendo critérios de flotabilidade e reagentes utilizados. Mecanismos de flotação das diferentes classes de minerais. Circuitos e máquinas de flotação, incluindo células mecânicas e pneumáticas. Estudos de caso com ênfase no panorama brasileiro.

8. *Fluxo de Material Fragmentado (MIN 742)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1

Área de Concentração: Lavra de Minas/Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Planejamento de Lavra/Operações Complementares

Docente: José Margarida da Silva

Ementa: Conceitos básicos (material granular, material fragmentado, manuseio de materiais); Estocagem em pilhas; Estocagem em silos; Propriedades de fluxo de materiais fragmentados; Problemas de fluxo; Fluxo de material fragmentado em escavações subterrâneas; Projeto de fluxo.

9. *Introdução à Geoestatística (MIN 709)*

Carga horária semestral: 60h Créditos: 4 Semestre: 1

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Planejamento de Lavra

Docente: Ivo Eyer Cabral

Ementa: Conceitos probabilísticos. Efeito de informação e efeito suporte. Variável regionalizada e função aleatória. Variograma e função Covariância. Anisotropia. Ajuste de variogramas. Krigagem simples, krigagem de média e krigagem ordinária. Validação cruzada. Análise variográfica multivariável. Co-krigagem.

10. *Lavra Subterrânea (MIN 745)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Lavra de Mina a Céu-aberto e Subterrânea

Docente: José Margarida da Silva

Ementa: Descrição e comparação dos principais e métodos de lavra subterrânea. Planejamento de lavra. Seleção do método de lavra. Mecanização e automação de operações. Monitoramento. Fechamento de mina subterrânea. Estudos de caso. Visita técnica a mineração.

11. *Legislação Minerária Brasileira (MIN 744)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Fechamento de Mina, Lavra de Mina a Céu-aberto e Subterrânea

Docentes: Hernani Mota de Lima / José Cruz do Carmo Flores

Ementa: O conceito de Mineração. Princípios que regem a atividade mineira. Fases do Projeto de Mineração. Aspectos legais correlacionados com cada fase. Evolução histórica da legislação minerária brasileira. A Mineração na Constituição Federal de 1988. O Código de Mineração brasileiro. O Regulamento do Código de Mineração. Legislação minerária esparsa.

12. *Manejo de estéreis e rejeitos de mineração (MIN 741)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Geomecânica e Geotecnia, Fechamento de Mina

Docente: Waldyr Lopes de Oliveira Filho

Ementa: Plano diretor de mina para rejeitos e estéreis. Estéreis de mineração: caracterização geotécnica. Disposição de estéreis em pilhas. Elementos de projeto de pilhas: estabilidade; drenagem; construção. Rejeitos de mineração: caracterização geotécnica. Disposição de rejeitos: fenômenos físicos; balanço de massas; Métodos de disposição: convencional; novas técnicas. Disposição convencional: estabilidade estrutural; tipo de contenções e layouts. Elementos de projeto de barragens convencionais. Elementos de projeto de barragens de rejeito. "Liners" e coberturas (fechamento) de reservatórios de rejeitos. Outros métodos de disposição: método subaéreo; disposição em lamas espessadas (TTD); disposição em pastas; cake; dry stacking.

13. *Mecânica das Rochas (GTA 140)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Geomecânica e Geotecnia

Docente: Milene Sabino Lana / Rodrigo Peluci de Figueiredo

Ementa: Propriedades e índices físicos das rochas e descontinuidades; Critérios de ruptura para rochas e maciços rochosos; Comportamento tensão-deformação-tempo de rochas e maciços rochosos; Resistência e deformabilidade de descontinuidades; Estado de tensões nos maciços rochosos: estimativa e medição; Fluxo em maciços rochosos.

14. *Método dos Elementos Finitos Aplicado à Engenharia Mineral (MIN 748)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Geomecânica e Geotecnia

Docente: Christianne de Lyra Nogueira

Ementa: Formulação em deslocamento do método dos elementos finitos. Funções de interpolação e elementos isoparamétricos. Integração numérica. Aplicação do mef para análise de problemas de equilíbrio mecânico.

15. *Métodos Numéricos e Estatísticos na Engenharia Mineral (MIN 747)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa da área

Docente: Christianne de Lyra Nogueira / Ivo Eyer Cabral

Ementa: Métodos numéricos: Revisão de Cálculo diferencial e integral. Álgebra Matricial. Métodos numéricos: Equações Diferenciais Ordinárias. Equações Diferenciais Parciais. Métodos Estatísticos: Introdução à Regressão. Regressão Linear Simples. Regressão Linear Múltipla. Regressão Não linear.



16. *Projeto de Mineração Avançado (MIN 707)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 1

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa da área de Lavra de Minas

Docente: Adilson Curi

Ementa: Elaboração de um projeto de lavra. Dimensionamento de frota. Projeto de cava final. Utilização de programas acadêmicos e comerciais para otimização de cava. Aspectos geotécnicos e econômicos relacionados. Ênfase nos procedimentos de otimização da cava. Os procedimentos serão ilustrados com estudos de casos específicos.

17. *Recursos Minerais (MIN 736)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas

Linha(s) de Pesquisa(s): Lavra a Céu-aberto e Subterrânea

Docente: Hernani Mota de Lima / Wilson Trigueiro de Sousa

Ementa: Principais recursos minerais: minerais metálicos, minerais e rochas industriais, minerais combustíveis e energéticos. Reservas. Minas. Usinas e refino. Produção e comércio.

18. *Separação Sólido-Líquido (MIN 721)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido

Docente: José Aurélio Medeiros da Luz

Ementa: Sistemas particulados: colóides, finos e lamas; definições e terminologia. Dispersão e agregação: coagulação, floculação, floculação seletiva, teoria DLVO. Reagentes coagulantes, floculantes e dispersantes. Espessamento: aspectos teóricos e dimensionamento. Filtragem: aspectos teóricos e dimensionamento.

19. *Simulação de Operações Mineiras (MIN 714 )*

Carga horária semestral: 60h Créditos: 4 Semestre: 2

Área de Concentração: Lavra de Minas / Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa

Docente: Ivo Eyer Cabral

Ementa: Simulação: generalidades, classificação e origens. Amostragem: amostragem aleatória simples, geração de números aleatórios, testes de geradores de números aleatórios, distribuições usuais de probabilidades. Modelagem: generalidades, abordagens por eventos, por processo, por atividade e pelo método das três fases. Linguagens e softwares de simulação. Aplicações na indústria mineral.

20. *Tratamento de Efluentes (MIN 722)*

Carga horária semestral: 45h Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido

Docente: José Aurélio Medeiros da Luz / Erica Linhares Reis

Ementa: Caracterização física e química de efluentes. Principais fontes. Sistema de captura, tratamento e manuseio. Reaproveitamento, descarte e eliminação. Estudo de casos. Legislação. Abordagem econômica.

21. *Tratamento de Minérios (MIN 717)*

Carga horária semestral: 60h Créditos: 4 Semestre: 1

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Comum a todas as linhas de pesquisa da área de Tratamento de Minérios

Docente: Carlos Alberto Pereira

Ementa: O tratamento de minérios no contexto da Engenharia Mineral. Balanços de massa. Fragmentação (britagem e moagem) e separação por tamanho (peneiramento e classificação): equipamentos e circuitos. Métodos físicos de concentração: gravíticos, magnéticos e eletrostáticos.

22. *Fluidodinâmica do Manuseio de Particulados (MIN 749)*

Carga horária semestral: 45 Créditos: 3 Semestre: 2

Área de Concentração: Tratamento de Minérios

Linha(s) de Pesquisa(s): Operações Complementares

Docente: José Aurélio Medeiros da Luz

Ementa: Introdução às propriedades dos sistemas particulados; estudo do bombeamento de polpas newtonianas e não newtonianas; fluidização de sistemas particulados com exemplos industriais e introdução ao projeto de sistemas de transporte pneumático; concepção e cálculo de agitadores de polpa; homogeneização e mesclas de graneis.

23. *Tópicos especiais em Lavra de Minas (a ser implantada)*

Ementa: Estudos avançados em problemas específicos na área de Lavra de Minas.

24. *Tópicos especiais em Tratamento de Minérios (a ser implantada)*

Ementa: Estudos avançados em problemas específicos na área de Tratamento de Minérios.

### **3.6. Corpo docente**

O corpo docente atual do programa é composto por 11 docentes, sendo 10 permanentes e um colaborador, ver Tabela 2. Dos professores permanentes, 7 são pesquisadores do CNPq, um bom indicador da qualidade da equipe docente, segundo a Ficha de Avaliação do Programa no último triênio. Todos os professores atuais do programa pertencem ao Departamento de Engenharia de Minas da UFOP.

Os critérios para credenciamento de docentes são definidos pelo colegiado do programa. Para início do curso foi definido como critério de credenciamento para orientador de doutorado aqueles docentes que possuem bolsa de produtividade do CNPq, totalizando 7 (sete) docentes. Posteriormente à implantação do curso o CPPGEM discutirá os critérios de credenciamento a serem aplicados no programa.

Tabela 2: Corpo docente do PPGEM em Engenharia Mineral

Nome	Vínculo	Doutorado (Ano)	Linha de Pesquisa	Bolsista do CNPq
Adilson Curi	Permanente	Universidade Técnica de Lisboa (1995)	2c, 2d	PQII
Carlos Alberto Pereira	Permanente	UFMG (2004)	1a, 1b, 1c	PQII
Christianne de Lyra Nogueira	Permanente	PUC-Rio (1998)	2a	PQ1D
Ivo Eyer Cabral	Permanente	UFMG (2002)	2c, 2d	não
Hernani Mota de Lima	Permanente	University of Wales (2002)	2b/2c, 2d	PQII
José Aurélio Medeiros da Luz	Permanente	UFMG (1996)	1a, 1b, 1c	PQII
José Margarida da Silva	Permanente	UFMG (2005)	2c, 2d	não
Milene Sabino Lana	Permanente	UFMG (2000)	2a, 2c	PQII
Rosa Malena Fernandes Lima	Permanente	UFMG (1997)	1a, 1c	PQII
Valdir Costa e Silva	Colaborador	USP (1998)	2c, 2d	não
Waldyr Lopes de Oliveira	Permanente	University of Colorado (1998)	2a	não

Linhas de Pesquisa:

1. Tratamento de Minérios:
  - 1a. Caracterização Tecnológica de Minérios e Resíduos
  - 1b. Operações Complementares
  - 1c. Métodos de Concentração, Aglomeração de Minérios e Separação Sólido-Líquido
2. Lavra:
  - 2a. Geomecânica e Geotecnia
  - 2b. Fechamento de Mina
  - 2c. Planejamento de Lavra
  - 2d. Lavra de Mina a Céu-aberto e Subterrânea

### 3.7. Número de vagas e critérios de seleção

O número de vagas oferecidas anualmente no programa depende da capacidade de orientação dos docentes. No mestrado tem sido oferecidas 30 vagas anuais. Em relação ao processo de seleção para o mestrado, os candidatos fazem prova de cálculo e geometria analítica e prova de compreensão em inglês. Também é feita análise de currículos dos candidatos. Somente aqueles candidatos com média 7 (sete) no processo seletivo são classificados.

No caso do processo seletivo para o doutorado também será exigida a aprovação em prova de cálculo e geometria analítica, além de exame de compreensão em duas línguas estrangeiras, sendo uma delas a língua inglesa. Além disso, o candidato deve apresentar projeto de tese de doutorado, com anuência do orientador, bem como defender esse projeto em banca constituída exclusivamente para esta finalidade, composta de 3 (três) doutores, sendo pelo menos 1 (um) deles externo ao Programa.

O número de vagas previsto para o curso de doutorado é de 10 (dez) por ano.

### 3.8. Projetos de pesquisa em desenvolvimento

São listados os projetos de pesquisa com financiamento de agências de fomento, empresas privadas e órgãos públicos que se encontram em desenvolvimento:

1 – Pesquisa, Educação e Restauração da Cantaria  
Coordenador: Prof. Carlos Alberto Pereira  
Convênio: FINEP, Ministério da Cultura e Educação, FAPEMIG  
Valor: R\$ 110.703,00

2 – Comportamento de Barragens – Projeto e Instrumentação (edital PROCAD 01/2007 – projeto 100/2007)  
Convênio: PUC-Rio, UFPR e UFOP  
Coordenadora pela UFOP: Prof.ª Christianne de Lyra Nogueira  
Valor: R\$ 421.882,80  
Linha de Pesquisa: Geomecânica e Geotecnia

3 – Análise não Linear Geométrica de Estruturas de Solos Reforçados (Edital MCT/CNPq 14/2010 – Edital Universal)  
Coordenadora: Prof.ª Christianne de Lyra Nogueira  
Valor: R\$ 16.000,00  
Linha de Pesquisa: Geomecânica e Geotecnia

4 – Grupo de Excelência na Rota de Produção de Minérios de Manganês Brasileiros – Mineração Sustentável (Edital 01/2010 FAPEMIG/Vale)  
Membros da equipe: Prof. Geraldo Magela da Costa (cerca de R\$ 306.880,00) e Prof.ª Rosa Malena Fernandes Lima (R\$ 998.631,54)  
Valor: R\$ 2.780.000,00  
Linha de Pesquisa: Caracterização Tecnológica de Minérios e Resíduos

5 – Definição de Critérios Técnicos para Disposição de Rejeitos de Minérios de Ferro em Espessados ou em Pasta: Uma Proposição para Fechamento de Barragens de Rejeitos (Edital 01/2010 FAPEMIG/Vale)  
Coordenador: Prof. Hernani Mota de Lima  
Valor: R\$ 221.413,50  
Linha de Pesquisa: Fechamento de Mina

6 – REDE UFOP-INPE TALUDE MONITOR (Análise Tensão-Deformação de Taludes Rochosos de Mineração por Meio de Medições de Tensões In Situ e por Retroanálises de Deslocamentos Medidos por Técnica da Interferometria Diferencial de Radar) (Edital FAPEMIG/VALE S.A)  
Membro da equipe: Prof.ª Milene Sabino Lana  
Valor: R\$ 1.200.000,00  
Linha de Pesquisa: Geomecânica e Geotecnia

7 – Determinação de Propriedades Constitutivas de Processos de Fluxo em Solos usando Bomba de Fluxo  
Coordenador: Prof. Waldyr Lopes de Oliveira Filho  
Órgão de fomento: FAPEMIG  
Valor: R\$ 47.257,50  
Linha de Pesquisa: Geomecânica e Geotecnia

8 – Estradas Não Pavimentadas de Mineração (Edital FAPEMIG/VALE S.A)  
Coordenador: Prof. Waldyr Lopes de Oliveira Filho  
Valor: R\$ 158.109,00  
Linha de Pesquisa: Geomecânica e Geotecnia

9 – Concentração de Minério de Ferro de Baixo Teor

Coordenador – Prof. Carlos Alberto Pereira

Convênio: CNPq

Valor: R\$ 20.000,00

Convênio: VALE

Valor: R\$ 6.000,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

10 – Pesquisa Sobre Aumento de Recuperação, Redução de Custos com Reagentes, Otimização de Processo, do Minério de Níquel

Coordenador – Prof. Carlos Alberto Pereira

Financiamento: Votorantim Metais

Valor: R\$ 28.100,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

11 – Aplicabilidade da Atrição do Minério de Ferro para Aumento da Recuperação Metalúrgica na Flotação

Coordenador – Prof. Carlos Alberto Pereira

Financiamento: CNPq / Vale

Valor: R\$ 26.000,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

12 – Estudo de Depressores na Flotação de Minério de Ferro – Bolsas no país - Edital MCT/CNPq No. 70/2009 – Mestrado/Doutorado)

Órgão de fomento/edital: Edital MCT/CNPq No. 70/2009

Coordenadora – Prof.<sup>a</sup> Rosa Malena Fernandes Lima

Valor: R\$ 28.800,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

13 – Concentração de Minerais Densos de Depósitos Litoclásticos Litorâneos

Coordenador – Prof. José Aurélio Medeiros da Luz

Financiamento: Edital Universal do CNPq

Valor: R\$ 40.000,00

Financiamento: Fundação Gorceix

Valor: R\$ 6.000,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

14 – Parametrização de Separação Magnética de Alto Gradiente

Coordenador: Prof. José Aurélio Medeiros da Luz

Financiamento: CNPq

Valor: R\$ 39.600,00

Financiamento: Grupo Gerdau

Valor: R\$ 30.000,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

15 – Minério de Ferro de Baixo Teor: Caracterização Tecnológica e Concentração por Flotação

Coordenadora – Prof.<sup>a</sup> Rosa Malena Fernandes Lima

Financiamento: Edital Universal do CNPq

Valor: R\$ 49.500,00

Linha de Pesquisa: Métodos de Concentração, Aglomeração de Finos e Separação Sólido/Líquido

#### **4. ADEQUAÇÃO DA PROPOSTA ÀS DIRETRIZES DE AVALIAÇÃO DA CAPES**

São apresentados os critérios de avaliação da CAPES, constantes da Ficha de Avaliação Trienal, salientando-se como a presente proposta se insere nesse contexto. Itens como produção intelectual, número de defesas por ano, são apresentados tendo por base os últimos 5 (cinco) anos.

##### **4.1. Proposta do Curso**

###### **4.1.1. Coerência, consistência, abrangência e atualidade**

O fato de o programa estar instalado em região de intensa atividade de mineração faz crescer sua importância, como atestado pela própria avaliação da CAPES. Isso gerou uma forte relação com a indústria local.

O setor mineral brasileiro é de grande importância para o desenvolvimento do país. Apesar disso, é um setor que ainda apresenta deficiências em relação ao conhecimento científico e tecnológico quando comparado a outras áreas do conhecimento. A criação de curso de doutorado na área vem exatamente de encontro a estas necessidades.

Destaca-se também como ponto forte do curso a formação de doutores para o ensino de engenharia de minas no país, haja vista a dificuldade dos diversos cursos de engenharia de minas no país em contratar professores qualificados.

As duas áreas de concentração, Tratamento de Minérios e Lavra de Minas são abrangentes. Em relação às linhas de pesquisa foi proposta uma reestruturação englobando algumas linhas de pesquisa em uma única. Com isso retira-se o excesso de linhas de pesquisa do programa, de modo a adequá-las em relação ao tamanho e formação do corpo docente.

###### **4.1.2. Adequação e abrangência da proposta curricular**

As disciplinas propostas são bem abrangentes e em número suficiente para formação de mestres e doutores em engenharia mineral. São 22 (vinte e duas) disciplinas compondo a grade curricular, 7 (sete) na área de Tratamento de Minérios, 13 (treze) na área de Lavra de Minas e 2 (duas) comuns; Análise Estatística de Experimentos e Seminários. A maior concentração de disciplinas na área de Lavra de Minas se explica em função da diversidade de formação característica da área e do perfil do corpo docente.

No curso de mestrado o aluno deve cursar duas disciplinas obrigatórias. Na área de Lavra de Minas as disciplinas Projeto de Mineração Avançado e Métodos Numéricos e Estatísticos Aplicados à Engenharia Mineral são oferecidas como obrigatórias. Na área de Tratamento de Minérios as disciplinas Tratamento de Minérios e Fenômenos Interfaciais são oferecidas como obrigatórias. Em relação ao curso de doutorado não são propostas disciplinas obrigatórias, mas o elenco de disciplinas a ser cursado pelo aluno deve ter a anuência do orientador, de acordo com o projeto de tese, exigência para ingresso no curso.

###### **4.1.3. Infraestrutura para ensino e pesquisa**

Houve melhora significativa da infraestrutura do programa nos últimos 3 (três) anos, reconhecida na Ficha de Avaliação da CAPES do último triênio. A infraestrutura tende a melhorar ainda mais no próximo triênio, em função de aquisições recentes de equipamentos e *softwares*.

Atualmente o programa dispõe de 9 (nove) laboratórios, além daqueles laboratórios multiusuários, que são compartilhados por vários programas na UFOP, especialmente aqueles oriundos de projetos CT-INFRA, financiados pela FINEP.

Outra fonte importante de aquisição de equipamentos tem sido o programa PRO Equipamentos, da CAPES, também de uso compartilhado entre dois ou mais programas.

Quanto às salas de aula o programa dispõe de duas salas de aula com equipamento multimídia e computador e um laboratório de informática que se presta tanto às aulas práticas de disciplinas que trabalham com *softwares* quanto ao desenvolvimento de trabalhos das disciplinas e referentes às dissertações desenvolvidas no programa.

A construção de novo prédio para o DEMIN, já em andamento com término previsto para 2016, promoverá significativa melhoria no espaço físico atual, que é precário.

## 4.2. Corpo Docente

O perfil do corpo docente é considerado muito bom pela CAPES, em termos de diversificação na origem de formação, aprimoramento, experiência e compatibilidade e adequação à Proposta do Programa. Também é considerada muito boa a contribuição dos docentes para as atividades de ensino e/ou pesquisa na graduação. Todos os professores do programa dão aulas na pós-graduação e na graduação.

No mestrado, há atualmente 10 (dez) docentes permanentes e um docente colaborador, número que pouco variou durante o triênio 2010-2012.

Os critérios de credenciamento serão rediscutidos em 2013, até em função da implantação do curso de doutorado em um futuro próximo. Para o início do doutorado propõe-se o credenciamento de 7 (sete) professores permanentes. Todos os 7 (sete) professores permanentes são bolsistas de produtividade do CNPq. Posteriormente, os critérios serão discutidos e aprovados pelo colegiado de curso; o que será possível com a implantação do doutorado, no sentido de primar pela qualidade necessária ao pleno desenvolvimento do programa.

### 4.2.1. Produtividade Docente

Em termos absolutos verificou-se um aumento do número de artigos publicados em periódicos nos últimos cinco anos. No último triênio foram publicados 66 artigos, número considerável em relação ao tamanho do corpo docente (Tabela 2).

Na Figura 1 são apresentados os dados de produção intelectual dos docentes, em termos de artigos publicados em periódicos nos últimos 5 (cinco) anos por docente. Os números se referem ao corpo docente proposto para o curso de doutorado, Tabela 2. Na mesma figura o valor do DPI (equação 1) é apresentado para cada ano.

$$DPI = \frac{(A1 + 0,85A2 + 0,7B1 + 0,5B2 + 0,2B3)}{\text{Docentes permanentes}} \quad (1)$$

É nítida a evolução da produção científica ao longo dos últimos cinco anos, especialmente se for considerado o último triênio. Essa melhora é resultado de um esforço do programa nesse sentido, principalmente quanto ao estabelecimento de critérios de credenciamento que permitiram o dimensionamento de um corpo docente permanente ideal em relação aos índices de produção e à capacidade de orientação.

Para a implantação do doutorado a meta é aumentar significativamente a produção, especialmente em periódicos Qualis B1, A2 e A1.

Na Figura 2 é apresentado o número de trabalhos publicados em anais de congressos ao longo dos últimos 5 (cinco) anos. A produção intelectual em congressos é um ponto forte na área da engenharia mineral e deve se manter com bons índices.



Outro ponto importante relacionado à produtividade dos docentes é o número de projetos de pesquisa em andamento, relacionados nesta proposta. São 15 (quinze) projetos, a maior parte com financiamento de agências de fomento, havendo também participação do setor privado.

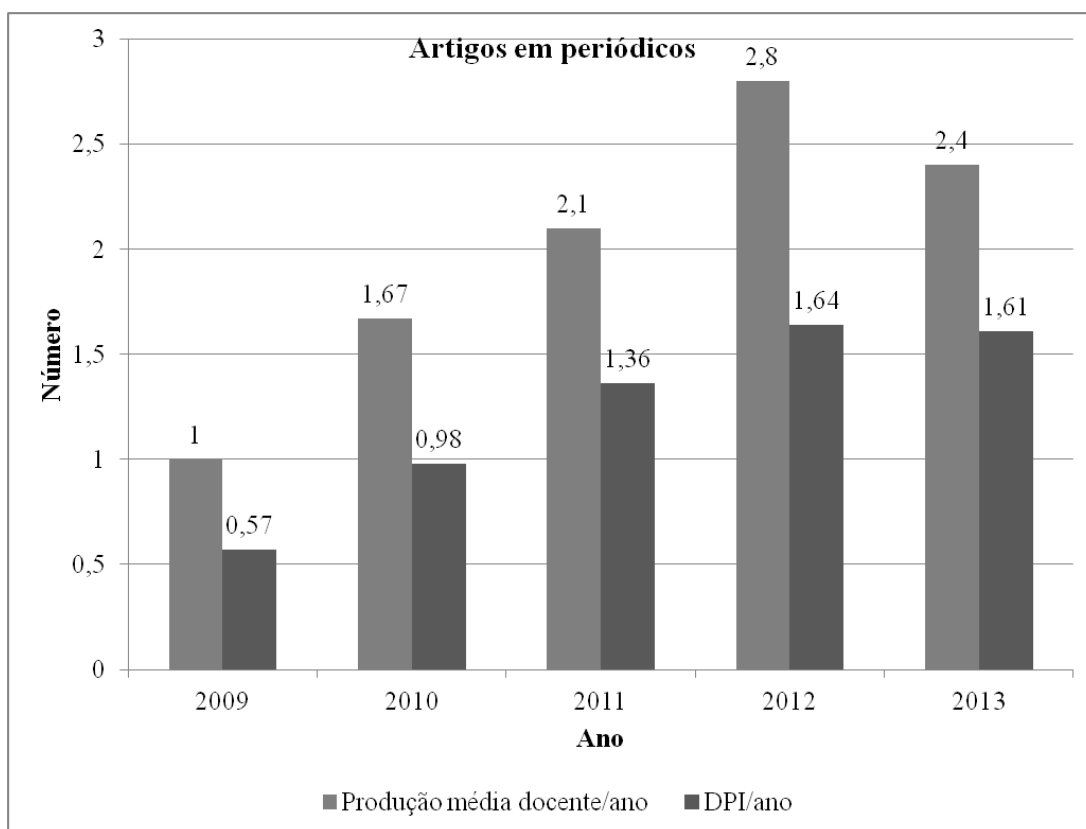


Figura 1: Artigos publicados em periódicos/docente-ano e DPI.

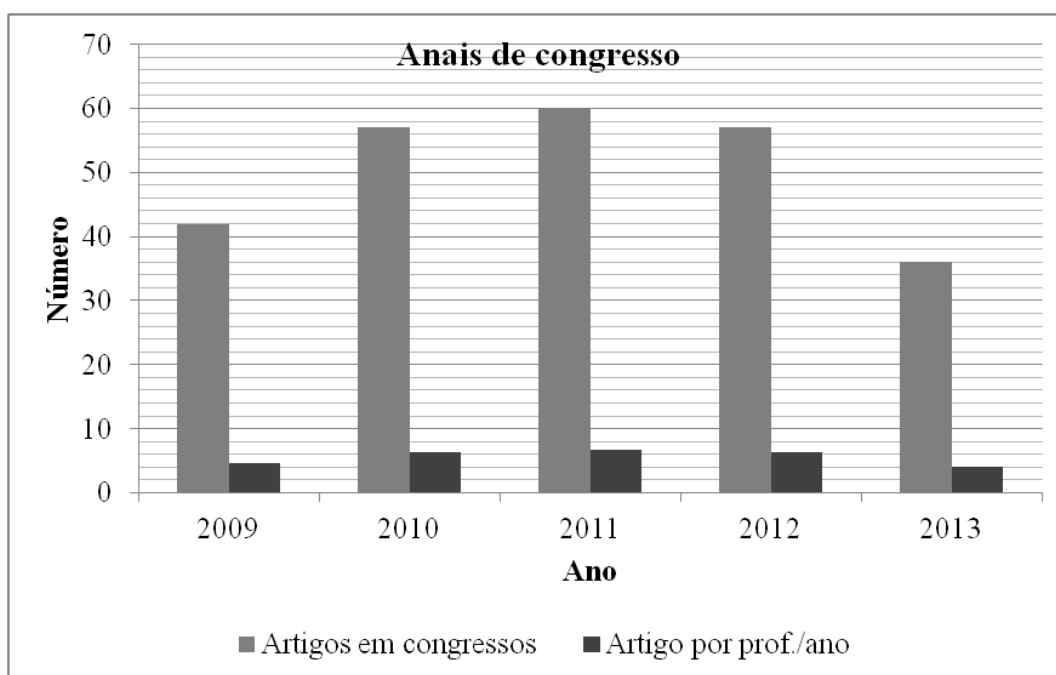


Figura 2: Publicação em anais de congressos.

### 4.3. Corpo Discente, Teses e Dissertações

A quantidade de dissertações defendidas ao longo dos últimos 5 (cinco anos) mostrou uma tendência de estabilização no último triênio (Figura 1). Os números absolutos desse triênio foram considerados bons pela CAPES, embora deva ser melhorada sua distribuição entre os docentes e o nível de participação de egressos e discentes nas publicações qualificadas (A e B1). O programa vem tomando medidas para melhorar estes índices com a exigência de submissão de artigo em periódico no mínimo Qualis B1 (Engenharias II) antes da defesa da dissertação.

Para o doutorado a proposta é começar com poucas vagas no início. Propõe-se uma entrada anual de 10 (dez) doutorandos. As exigências em termos de produção científica para obtenção do título de doutorado devem ser maiores em relação ao mestrado: exigência de aprovação de artigo em periódico no mínimo Qualis B1 e submissão de artigo em periódico Qualis A1.

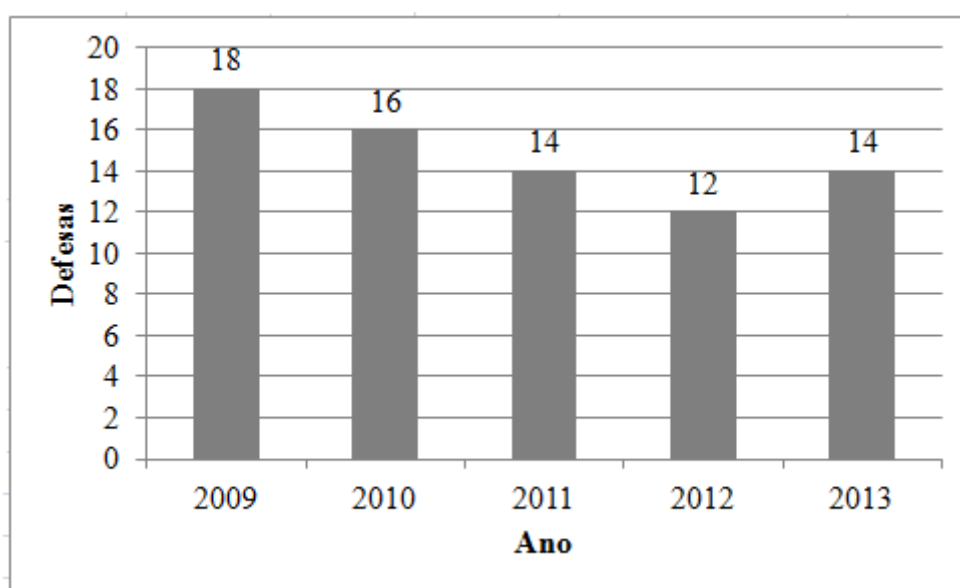


Figura 3: Número de dissertações defendidas nos últimos 5 anos.

Deve-se salientar que o número de periódicos qualificados (A1, A2 e B1), na área das Engenharias II para um curso de Engenharia de Minas, especialmente na área de Lavra de Minas, é muito reduzido, o que em parte explica essa discrepância entre número de defesas e publicações qualificadas.

### 4.4. Inserção Social

Este sempre foi um dos pontos fortes do programa, enfatizado nas Fichas de Avaliação da CAPES. O envolvimento com o setor industrial é grande, principalmente em âmbito regional, já que as disciplinas são oferecidas ao longo do semestre letivo, o que dificulta sua realização por profissionais oriundos de empresas situadas fora da região.

O programa tem também cumprido um papel importante na formação de professores, já que vários egressos são aprovados em concursos públicos em instituições de ensino superior e técnico. Com a implantação do doutorado este papel seria consolidado e ampliado, dada a carência de professores na área em todo o Brasil.