



NOVOS DESAFIOS NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS DE MINAS

Carlos Enrique Arroyo Ortiz – carlosarroyo01@hotmail.com

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas.

Av. Dr. Lamartine Avelar Nº 1024

75706-125 – Catalão - Goiás

Vidal Felix Navarro Torres – vntorres@ist.utl.pt

Instituto Superior Técnico de Lisboa, Departamento de Engenharia de Minas.

Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas.

Av. Dr. Lamartine Avelar Nº 1024

75706-125 – Catalão - Goiás

José Fernando Miranda – j.miranda@demin.ufop.br

Departamento de Engenharia de Minas da Escola de Minas da UFOP

Endereço: Campus Morro do Cruzeiro, s/nº

35400-000 Ouro Preto MG

Resumo: *Nas mãos do docente encontra-se a delicada tarefa de formar seres humanos, antes mesmo de formar só Profissionais em Engenharia de Minas, proporcionando aos estudantes os meios e a vontade de adquirir novas atitudes, capacidades e conhecimentos.*

Para que tal aconteça é indispensável uma sólida formação profissional e científica e a experiência profissional dos docentes, conjugada com uma grande capacidade didática, de inovação e de criatividade. De nada adianta realizar melhorias salariais, estabilidade laboral, instalações e meios docentes, se não se evoluir qualitativamente na formação pedagógica dos professores, á qual não é estranha à atividade de investigação associada ao ensino, preocupação dominante que deve estar sempre presente.

Neste contexto, é fundamental raciocinar em termos de programas, conteúdos e métodos de ensino, com mente aberta às verdadeiras opções do mundo que vivemos no sentido de se formarem novas e melhores gerações.

Um aspecto determinante na formação de Engenheiros de minas é acompanhar as novas tendências e necessidades no mercado para o qual disciplina, como é no caso Exploração de Minas Subterrâneas. O docente engenheiro tenha que possuir experiência profissional e operacional na indústria e particularmente na Exploração Subterrânea, pois se não for assim existe o risco de que o docente desenvolva o ensino só na base de fundamentos teóricos e a parte prática não seja devidamente leccionada.

Palavras-chave: *Ensino de Engenharia, Exploração de Minas Subterrânea, Engenharia de Minas.*

1. INTRODUÇÃO

Os recursos minerais são essenciais para satisfazer as necessidades de hoje e do futuro, para o desenvolvimento, prosperidade económica e melhor qualidade de vida. Eles são fundamentais para à agricultura, geração de energia, medicina, transportes, indústrias transformadoras e outras atividades; com a falta destes produtos, as economias e a qualidade da vida poderiam deteriorar-se.

No Brasil a Indústria Mineral sempre teve uma importante participação com o

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



desenvolvimento econômico desde os tempos da colônia, transformando-se em um dos setores básicos da economia nacional. Na atualidade a mineração, é responsável por 7,5 % do Produto Bruto Interno PIB. É um setor, portanto, de profunda importância.

Para o ano 2050 a Organização das Nações Unidas ONU estima que a população mundial aumente em 3 bilhões, o que implica um acréscimo do consumo de metais. Por exemplo, a produção de cobre no ano 2000 foi de 14,8 Mt e no ano 2050 será necessário produzir 27,1 Mt, considerando o baixo consumo per capita dos países em desenvolvimento.

Neste contexto e sendo o produto mineral geralmente destinado ao mercado global, a indústria mineral deve dar resposta através da aplicação de um processo produtivo com utilização de tecnologia avançada, alta produtividade, minimização de custos de produção, mecanização e automação e baseado na rentabilidade empresarial. Esta ação deve ser realizada incluindo a proteção ambiental e a responsabilidade social.

Estas situações refletem-se naturalmente nos métodos de ensino universitário, enfatizando nos ciclos contínuos de inovação e criatividade, como aspectos muito importantes para dar resposta à complexidade do sector da indústria mineira.

Nesse entender Brasil que é um dos principais produtores de Ferro, Carvão, Ouro, Níquel, Cobre e tantos outros bens minerais precisam formar adequada e tecnologicamente os profissionais que serão os responsáveis de descobrir, lavar e administrar tais recursos, com uma perspectiva realista das suas limitações e também das capacidades que terão de desenvolver para fazer frente aos desafios do futuro.

Futuro não tão distante, pois na atualidade os depósitos minerais localizados na superfície ou a pouca profundidade bem sendo exauridos e novas alternativas vêm sendo já implementadas e estudadas como no caso a lavra subterrânea ou a lavra no mar. Nesse entender e necessário que na formação multidisciplinar, dos futuros engenheiros de minas as disciplinas de especialidade como, por exemplo, Exploração de Minas Subterrânea, seja instruída de uma maneira mais abrangente, e utilizando todos os recursos possíveis inclusive de aulas de campo, pois nesta disciplina o laboratório é uma mina onde poderá se mostrar no lugar métodos, praticas problemas e soluções do dia a dia.

2. PROGRAMA DE ENSINO DA DISCIPLINA DE EXPLOTAÇÃO SUBTERRÂNEA

O Plano de Ensino Curricular (PEC), elaborado pelo professor no início das atividades, é um documento guia, norteador de todo o processo de aprendizagem. O estudante, em face desse documento, ficará a conhecer as temáticas e os objetivos da disciplina e as competências a desenvolver, bem como as expectativas do professor quanto à sua participação. Poderá, de esse modo planejar o seu estudo e as investigações a efetuar, organizar a sua gestão do tempo. Assim, o PEC deverá explicitar:

- Os objetivos de aprendizagem;
- As competências a desenvolver;
- Os temas a estudar;
- A bibliografia a trabalhar;
- O que se espera do estudante;
- O plano de atividades e estratégias do ensino;
- O calendário que o estudante deve cumprir;
- Os critérios de avaliação



2.1 A Exploração de Minas Subterrânea e sua importância

No plano curricular a disciplina de Exploração de Mina Subterrânea está inserida no grupo de disciplinas da área Científica de Engenharia de Minas, E situa-se no 1º semestre do 3º ano, possuindo uma carga de 64 horas, por semestre correspondendo-lhe 4,0 unidades de crédito.

O programa de ensino da disciplina é definido, evidentemente, de acordo com a distribuição de matérias que cabem à Exploração de Mina Subterrânea como um todo, e dentro de uma sequência pedagogicamente aconselhável.

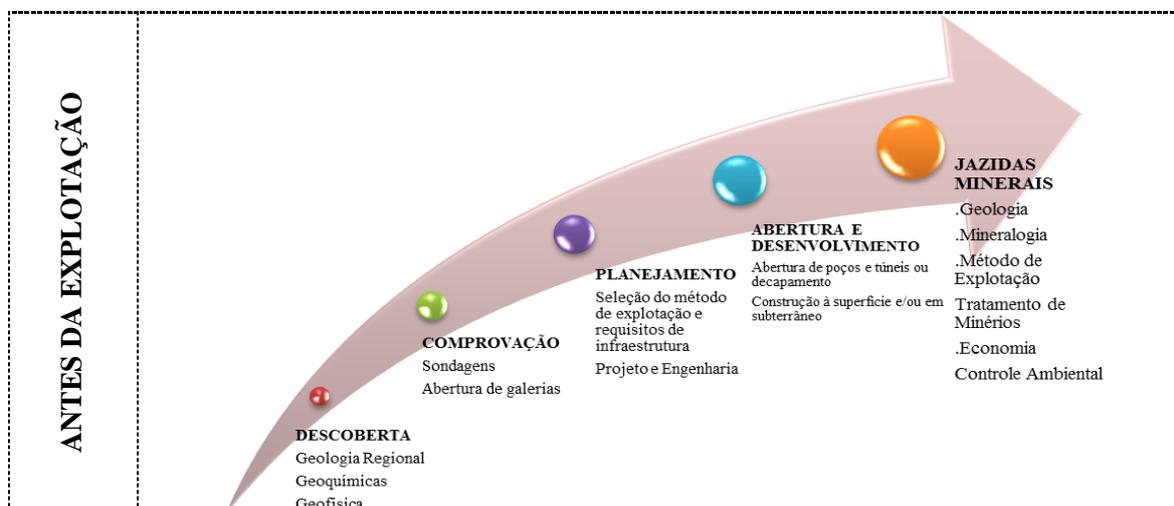
A Figura 01 resume as principais atividades da indústria mineira, desde a descoberta das jazidas até a comercialização dos produtos, e suas relações com as ciências e técnicas mais necessárias, e permite compreender melhor os temas envolvidos e respectiva interação.

No fluxo de trabalhos conducentes ao aproveitamento racional dos bens minerais realça-se o papel central que desempenha a Exploração de Minas e seu conteúdo multidisciplinar, típico de um ramo da engenharia que agrega ciências e técnicas afins para obter o produto mineral para consumo.

Segundo “U.S. Engineer’s Council for Professional Development”, Engenharia é a atividade que usa o conhecimento das ciências matemáticas e naturais aplicado conscientemente à utilização económica dos materiais e das forças da Natureza, para o progressivo bem estar da Humanidade.

Baseado na definição do parágrafo anterior, obviamente a Engenharia de Minas tem como objetivo o aproveitamento económico e sustentável de dos recursos minerais, cabendo à Exploração de Minas o importante papel de viabilizar a extração das substâncias minerais da crosta terrestre.

A Exploração dos recursos minerais é feita desde tempos ancestrais é inerente ao ser humano. Esta atividade humana evoluiu e se desenvolveu em todos os estágios desde a parte da avaliação e conhecimento das jazidas minerais ate a Exploração, gestão e outras áreas conexas com a segurança, saúde e ambiente. Esta evolução foi influenciada também com a introdução da pólvora negra, explosivos e acessórios (emulsões, ANFO, detonadores eléctrico e não eléctricos), com a utilização da energia de vapor e mais tarde da eletricidade, diesel e hidráulica, a exploração de minas foi utilizando técnicas cada vez mais eficientes, sofisticadas e adequadas para determinadas condições e métodos.



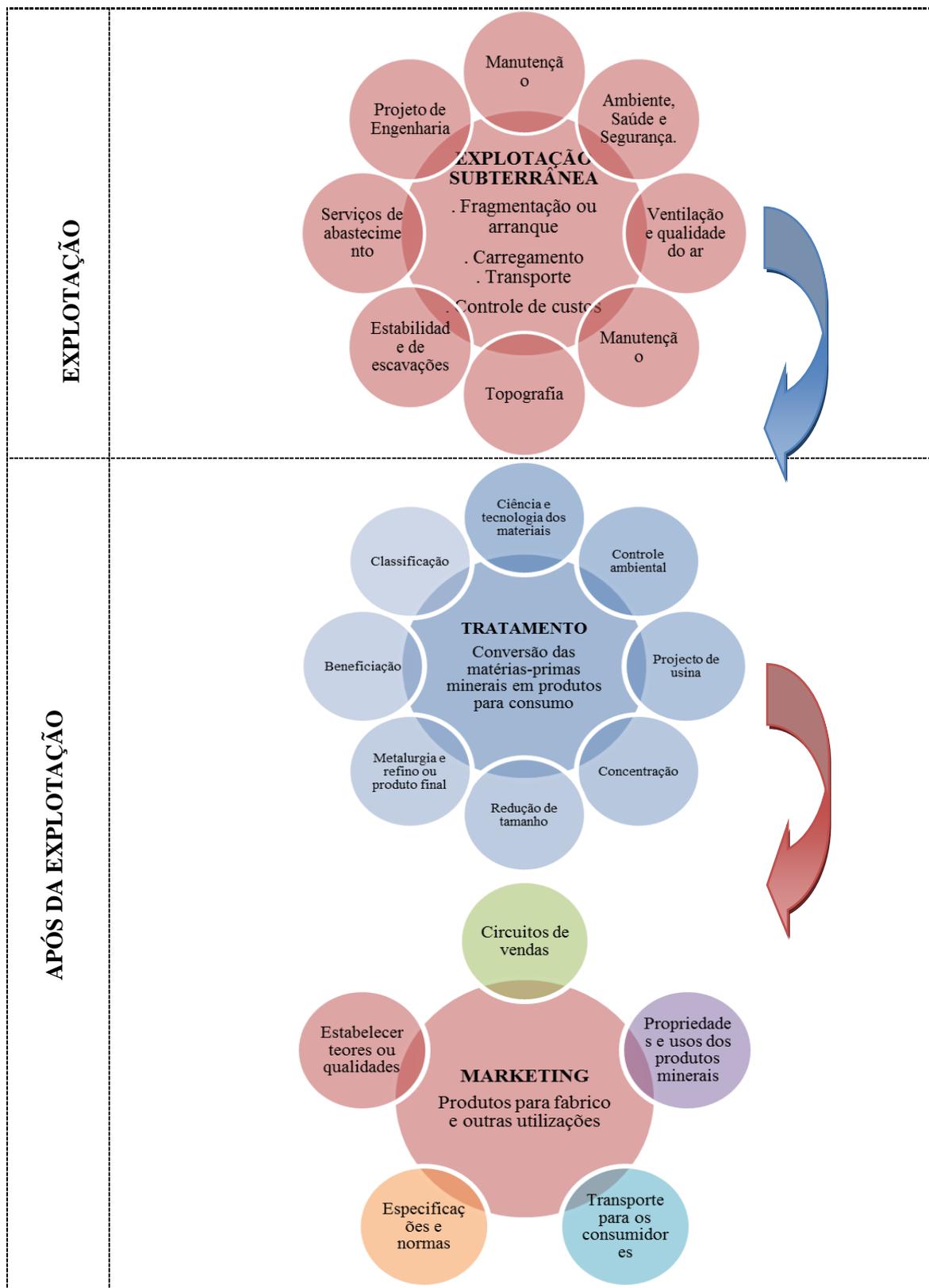


Figura 1 – Adaptado diagrama esquemático das atividades mineiras e ciências afins (Mining Engineering Handbook Vol. 1, p.p. 1-5, in C.D. Gama, 1989)



2.2. Disciplina de Exploração Subterrânea

Baseado nos fundamentos abordados no ponto 2.1, a experiência profissional como engenheiro de minas e docente, possibilitam estabelecer um Programa abrangente para o ensino da disciplina de Exploração Subterrânea, cujos aspectos principais são descritos a seguir.

Terminologia utilizada; importância a nível mundial, europeia e nacional; estatísticas da produção por tipos de substância mineral; fases de projetos mineiros (prospecção, pesquisa e reconhecimento) seguida pela avaliação de reservas e dos estudos de viabilidade técnico-económica; fases subsequentes até a produção do minério (preparação, desenho, desmonte, carregamento e transporte), trabalhos de acesso às jazidas, técnicas de escavação com ou sem explosivos (dimensionamento de diagramas de fogo), técnicas de avanço rápido em túneis e galerias; métodos de Exploração de minas, classificação e comparação dos métodos, critérios de seleção dos métodos; métodos com suporte natural, método com suporte artificial e métodos de desabamento.

Sistemas de extração, carga e transporte, drenagem de minas, suporte e serviços auxiliares (ar comprimido, energia eléctrica e hidráulica, iluminação, enchimento) e ventilação de minas com abordagem de procedimentos de dimensionamento para cada caso. Casos práticos e custos na Exploração de minas. Métodos de Exploração de minas a céu aberto; decisão pelo método subterrâneo ou a céu aberto; dimensionamento da cava.

3. OBJETIVOS DO ENSINO DA DISCIPLINA DE EXPLORAÇÃO SUBTERRÂNEA

No final do semestre o aluno deve ser capaz de interpretar a avaliação das reservas da jazida mineral, conceber, dimensionar e planejar as operações de desenvolvimento, implementação das operações unitárias da exploração, aplicativos computacionais adequados, com ênfases no em ambiente subterrâneo (também aplicáveis à generalidade das obras subterrâneas).

O aluno estará em condições de aplicar modernas tecnologias e otimizar as operações e processos para obter uma alta produtividade a baixo custo de produção de forma que a exploração da jazida mineral seja em conformidade com os requisitos legais vigentes e com os requisitos do Desenvolvimento Sustentável, quer dizer, obter uma óptima rentabilidade económica com responsabilidade social e com proteção ambiental.

4. CONTEÚDOS

Os conteúdos são elaborados tendo em conta que a disciplina de Exploração Subterrânea requer aulas teóricas e práticas, complementadas aulas de campo as quais tem como objetivo realizar atividades de aprendizagem em visitas técnicas a minas em operação, assistência a conferências e realização de estudos monográficos.

4.1. Aulas teóricas

Os conteúdos propostos para um total das 64 horas as com duração de duas horas cada aula, são os seguintes:



- Apresentação dos objetivos, conteúdo das aulas, programa de visitas de estudos e trabalhos monográficos, avaliação e bibliografia da disciplina. Noções básicas da exploração de minas. A Universidade e a Indústria.
- A exploração de minas ao longo da história da humanidade. Importância no desenvolvimento socioeconômico das nações e do mundo. Carácter não renovável dos recursos minerais. Tendência da indústria mineira contemporânea.
- Situação da indústria mineira no mundo, realidade no Brasil. Estatística da produção e consumo dos principais produtos minerais. Participação da exploração de minas subterrânea e a céu aberto.
- Definição de termos e terminologia mineira. Nomenclatura dos principais trabalhos mineiros. Tipos de ocorrências minerais. Depósitos minerais existentes no Brasil.
- Exemplos de disposição das operações mineiras (“Layout”) em minas subterrâneas e a céu aberto; critérios de decisão entre as instalações de superfície e localização de parque e pilhas. Exemplos de algumas minas modernas.
- Critérios de decisão entre exploração subterrânea e céu aberto. Profundidade limite para transição entre o método a céu aberto e o subterrâneo. Vantagens e desvantagens dos dois tipos de métodos.
- Explosivos e acessórios utilizados em escavações subterrâneas. Procedimento para a seleção.
- Dimensionamento de diagramas de fogo para aberturas horizontais (túneis, galerias, etc.), inclinados (rampas, poços, etc.) e verticais (poços e chaminés).
- Dimensionamento de diagramas de fogo para frentes de exploração ou desmontes com furos de pequeno e grande diâmetro.
- Dimensionamentos dos sistemas de extração para pequena, média e grande profundidade.
- Dimensionamento de sistemas de carga e transporte com locomotivas e equipamentos elétricos ou diesel.
- Dimensionamento do sistema de ar comprimido e bombeamento de águas subterrâneas.
- Ventilação de minas: circuitos de ventilação em série e em paralelo; resistência das aberturas subterrâneas, caudal e queda de pressão. Ventilação forçada e dimensionamento de ventiladores.
- Fases do desenvolvimento de novas minas subterrâneas: o estudo geológico (prospecção, pesquisa e reconhecimento) e o projeto de exploração (preparação, desenho e desmonte). O cálculo de reservas. Classificação de reservas. Estudo de viabilidade técnico-econômica de projetos mineiros.
- Avaliação do minério: método de avaliação, teor de corte geológico, operacional e empresarial. Exemplos práticos.
- Diluição, recuperação e perdas de mineral: tipos e fontes de diluição, perdas de mineral, recuperação e diluição segundo métodos de exploração, perdas no processo de tratamento do minério.
- Produtividade e custos de produção: produtividade e mecanização, estrutura de custos de produção considerando custos de investimento, custos de operação e custos gerais.
- Informações técnicas necessárias para o planejamento da exploração de minas (topográficas, geológicas, geomecânicas e econômicas). Tratamento de dados usando “softwares” especializados.



- Planejamento: Dimensionamento da grandeza de produção. Trabalhos de desenvolvimento e preparação para a exploração. Programa de desenvolvimento, preparação e produção. Planejamento e programação da infraestrutura necessária e dos serviços auxiliares.
- Classificação dos métodos de exploração subterrânea: método com mínimo suporte e espaços abertos, métodos com suporte adicional e métodos de desabamento. Descrição geral e comparativa.
- Método numérico para seleção dos métodos de exploração subterrânea. Fatores que influenciam na seleção: condições geológicas, geometria da jazida e distribuição do teor, características geomecânicas da jazida e da rocha encaixante.
- Método de exploração subterrânea segundo a ponderação dos fatores condicionantes. Diversas classificações segundo vários autores.
- Método de exploração por câmaras e pilares: considerações para a sua aplicação, trabalhos de desenvolvimento e preparação, processo de exploração (desmonte, carregamento e transporte), vantagens e desvantagens, variantes do método, dimensionamento dos pilares e nível de recuperação. Exemplo prático: Mina Santa Barbara MG/ Brasil.
- Método de exploração por subníveis: condições de aplicação, vantagens e desvantagens, desenvolvimento e preparação, tipos de desmonte (furos longos paralelos e furos radiais, ciclo operacional. Exemplo Mina Santa Barbara MG/ Brasil).
- Método de exploração por chaminés: Condição de aplicação, execução de chaminés e poços (método convencional e mecanizado), processo no desmonte (desmonte com furos radiais, carregamento e transporte). Exemplo Mina Atacocha do Peru.
- Método de crateras verticais em retrocesso (VCR): Antecedentes do método, teoria de crateras, condições para a aplicação do método, preparação e desmonte. Exemplo Mina Monterrosas do Peru.
- Método de auto-enchimento temporário: aplicabilidade, vantagens e desvantagens. Método convencional e mecanizado: desenvolvimento, preparação e desmonte, respectivamente. Exemplo mina San Rafael do Peru.
- Método de corte e enchimento ascendente convencional e mecanizado e variante: condições de aplicação, desenvolvimento, preparação e desmonte. Enchimento convencional, hidráulico e hidropneumático (sem o com reforço de cimento e rede). Exemplo mina de Neves Corvo de Portugal e mina Milpo do Peru.
- Método de corte e enchimento descendente e variante: condições de aplicação, desenvolvimento, preparação e desmonte (desmonte, carregamento e transporte). Particularidade do enchimento hidráulico. Exemplo Mina de Caridade e Cerro de Pasco do Perú.
- Método de “*Longwall mining*”: fatores determinantes para sua aplicação. Desenvolvimento, preparação e exploração (desmonte, carregamento e transporte). Exemplo mina de Taquari Vassouras Brasil.
- Método de desabamento de subníveis: condições de aplicação, preparação, e exploração. Exemplo mina Kiirunavara de Suécia.
- Método de desabamento de blocos: aplicabilidade, vantagens e desvantagens, preparação, ciclo produtivo e mecanização. Exemplo mina El Teniente e Rio Blanco de Chile.



- Gasificação *in situ* de carvão. Particularidades da jazida para a aplicação, vantagens e desvantagens, poços de injeção do oxigênio e água e de produção, processo de gasificação, captura e sequestração de CO₂, custos de produção. Exemplo de testes na Europa (El Tremedal Espanha).
- Aplicações informáticas para a avaliação de jazidas minerais e planejamento de exploração subterrânea.
- Explosivos e acessórios utilizados. Dimensionamento do diagrama de fogo para a exploração subterrânea.

4.2. Aulas práticas

O ensino da Exploração Subterrânea precisa ser acompanhado por numerosas aplicações práticas dos conceitos e matérias desenvolvidas nas aulas teóricas. As mesmas que serão atendidas realizando as seguintes atividades:

- a) Complementação da aprendizagem das noções teóricas, através da realização de aplicações práticas, sobre os mesmos temas, com ênfase nas suas aplicações industriais;
- b) Resolução e análise de problemas-tipo com boas características de abrangência e representatividade da matéria teórica, recorrendo sempre que seja possível ao uso de computador.

A divisão do tempo disponível pelas atividades acima enumeradas pode ser a seguinte:

- Resolução de problemas e análise de problemas-tipo resolvidos;
- Uso de modelos matemáticos em computador: (devendo os alunos complementar o domínio do software utilizado).

Conforme a divisão do tempo disponível as aulas práticas para a resolução de problemas-tipo e uso de modelos matemáticos em computador, os conteúdos propostos para duas horas por aula, é como segue:

- Resolução de problemas-tipo sobre cálculo de reservas, avaliação do minério, teor de corte e diluição do teor de minério;
- Resolução de problemas-tipo sobre o critério de decisão de método de exploração subterrânea ou céu aberto. Análise numérica de seleção do método de exploração subterrânea;
- Dimensionamento da grandeza duma exploração de mina subterrânea. Programa de desenvolvimento e preparação (“Programme Evaluation Review Technique” – PERT e “Critical Path Method” - CPM);
- Dimensionamento do diagrama de fogo para frentes de trabalho horizontais (túneis, galerias, etc.), inclinadas (rampas) e verticais (poços e chaminés).
- Dimensionamento de câmaras e pilares e “lonwall mining”, fator de segurança e recuperação de reservas.
- Dimensionamento de redes de distribuição de ar comprimido e cálculo da pressão nas frentes de trabalho.
- Dimensionamento do sistema de ventilação de minas: cálculo de resistências dos circuitos de ar, quedas de pressão, caudal mínimo admissível e potência dos ventiladores.
- Dimensionamento do sistema de bombeamento de águas subterrâneas.
- Dimensionamento do sistema de extração e transporte com recurso a locomotivas.



- Dimensionamento do diagrama de fogo para exploração subterrânea: poços, chaminés, rampas, túneis e desmontes.
- Otimização econômica das explorações subterrâneas. usando softwares Tunnplan.
- Uso de modelos matemáticos em computador para simulação do sistema de ventilação de uma mina usando software VnetPC.
- Modelação de jazigos minerais e planeamento de minas subterrâneas com recurso do software Gemcom Surpac ou Datamine.

4.3. Trabalho autónomo

Um aspecto extremamente importante é a parte do trabalho autónomo, na disciplina de Exploração de mina Subterrânea, é preciso que o docente tome consciência e considere atividades que permitam uma intensa interação entre aluno e professor, onde o professor realizará trabalho de orientação, consultoria e acompanhamento através de meios e sistemas adequados.

As atividades que os alunos que deverão cursar são às seguintes:

- a) Realização de visitas técnicas a minas em operação com acompanhamento de docentes e funcionários das empresas. Incentivo à concretização de estágios a serem realizados nos períodos de férias;
- b) Elaboração de um caderno de exercícios baseado na resolução de problemas nas aulas práticas.
- c) Análise crítica de artigos técnicos e/ou científicos sobre temas relacionados com exploração de minas;
- d) Desenvolvimento do projeto de dimensionamento e planeamento da exploração de um jazigo mineral determinado, incluindo aplicação de software especializado;
- e) Participação nos debates, seminários e conferências que versem assuntos da especialidade.

O trabalho autónomo é obviamente uma atividade que é gerida pelo estudante, mas convém que o professor considere o plano, programa e conteúdos.

Todas estas atividades pedagógicas devem ser implantadas em conjugação de esforços com as entidades interessadas no processo (alunos, professores, assistentes e responsáveis pela área científica, o departamento e escola). Da maior ou menor facilidade de interação e diálogo entre tais entidades dependerá a qualidade do ensino ministrado, com o conseqüente reflexo na formação dos estudantes preparados pela Universidade.

5. MÉTODOS DE ENSINO

A metodologia de ensino de determinada disciplina depende principalmente da sua índole, do sistema universitário implantado e das condições disponíveis. Para o ensino da disciplina de Exploração de Minas Subterrânea, face a suas características teórico-práticas e a grande importância dentro do grupo de disciplinas da área Científica de Geo-engenharia é preciso aplicar métodos de ensino modernos e um modelo didático interativo, eficiente, aberto e colaborativo.

Pela particularidade da disciplina de Exploração de Minas Subterrânea são aplicáveis a Aula Teórica a Aula de Problemas (Aulas Práticas) e outras atividades de muita importância como as visitas de estudo, elaboração do projeto de Exploração de minas e análise crítica de artigos científicos publicados relacionados com a Exploração de Minas.



5.1. Fundamentos pedagógicos para o ensino nas aulas teóricas e práticas

Novo paradigma no ensino da Engenharia de Minas

Considerando a complexidade e as rápidas mudanças no mundo moderno, é insustentável a utilização de um ensino das disciplinas de Engenharia de Minas e em particular de Exploração de Minas Subterrânea baseado na simples transmissão de conteúdos, pelo que é determinante a aplicação de um novo paradigma no qual se tem que priorizar a aprendizagem (Tabela 1). Onde os objetivos formativos são mais importantes que os informativos, o conhecimento deve ser construído e não reproduzido e o aluno deve tomar uma posição ativa.

No novo paradigma o aluno deve desenvolver a habilidade de aprender a aprender, ou seja, ter capacidade de atualização contínua, de adquirir conhecimentos, de saber quais fontes para obter informação e como filtrá-la. O professor deve deixar de ser o “provedor” da informação e do conhecimento e passar ao papel de facilitador, orientador e fornecedor de oportunidades de aprendizagem, para que o próprio aluno procure a informação e a transforme em conhecimento, dentro duma postura ativa, reflexiva, crítica e criativa.

Tabela 1 – O velho e novo paradigma no ensino da engenharia

Velho paradigma	Novo paradigma
Conhecimento é transmitido ao aluno	Aluno participa na construção do conhecimento
Aluno é visto como recipiente vazio a ser “enchido” com conhecimento	Aluno é descobridor, transformador e construtor ativo do conhecimento.
Aprendizagem baseada na memorização	Aprendizagem baseada no relato
O objetivo da Universidade é classificar e selecionar os alunos	O objetivo da Universidade é desenvolver as competências e os talentos dos alunos
Meta do aluno é completar os requisitos para passar as disciplinas	Meta do aluno é aprender, desenvolver competências e experiências.
Professor e aluno são vistos como peças da máquina educacional	Professor e aluno trabalham juntos, fazendo da educação uma forma de relacionamento pessoal.
Ambiente competitivo e individual dentro da sala de aula	Ambiente de aprendizagem cooperativo na sala de aula possibilitando o desenvolvimento de talentos e a construção ativa da aprendizagem
Escola concentra e exerce poder, autoridade e controle.	Alunos participam das decisões
Avaliação com poucos formatos e geralmente no final do curso	Avaliação possui vários formatos (escrita, oral, em grupo, etc.) e com mais frequência.
Reducionista, factos e memorização.	Construtivista, investigação e invenção.
Discurso e giz são suficientes (resistência ao uso de tecnologia moderna)	Tecnologia tem um grande potencial para melhorar o ensino e a aprendizagem
Qualquer especialista pode ensinar	Ensinar engenharia é uma atividade complexa que requer muito treino, experiência e esforço.

Na procura do novo paradigma para o ensino da Engenharia de Minas as tecnologias da informação – TIC (Fig. 02) ocupam um papel de destaque por que tem uma contribuição efetiva e decisiva. No processo de ensino e aprendizagem a grande vantagem na utilização da tecnologia (Figura. 03) permite um novo caminho de acesso ao conhecimento, onde o aluno passa a ser o construtor do seu próprio conhecimento participando ativamente na busca da



informação e no seu processo de aprendizagem, de modo que o professor deixa de ser o único elo com o conhecimento.

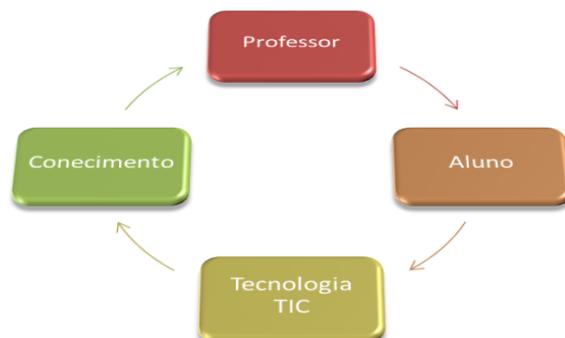


Figura 02 – A tecnologia da informação cria um novo caminho para o conhecimento

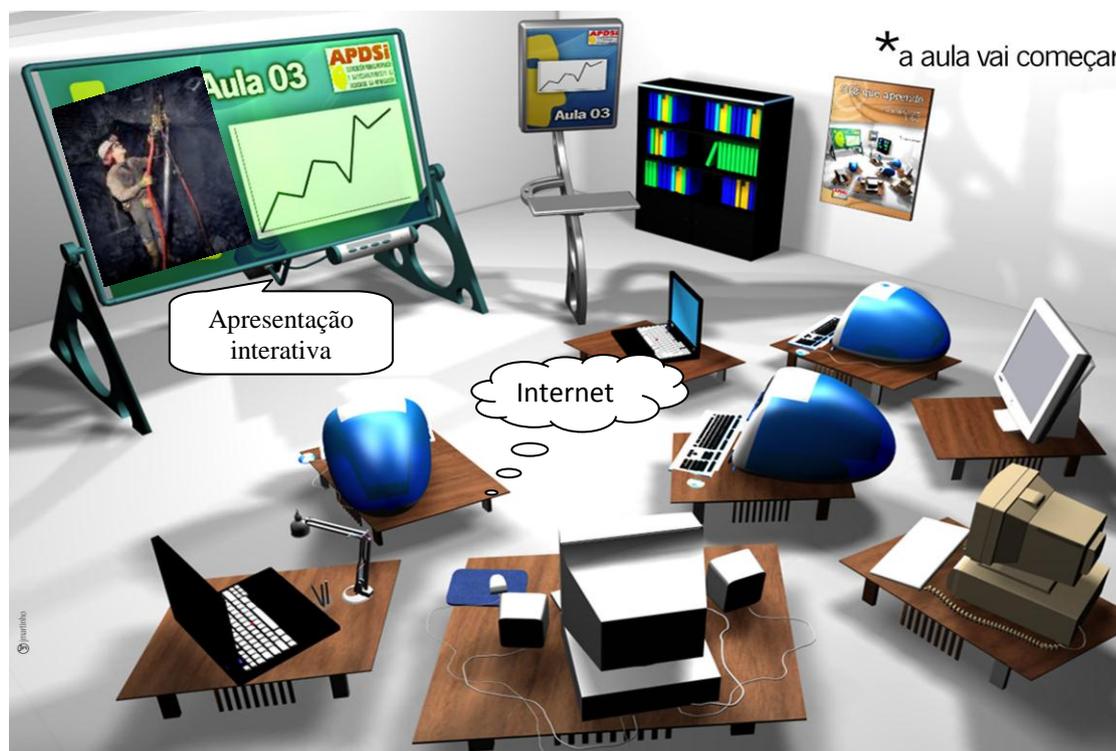


Figura 03 – Exemplo duma sala de aula com equipamentos de novas tecnologias Internet

Processo de aprendizagem

A aprendizagem é o resultado de processos cognitivos individuais, mediante os quais se assimilam informações (factos, conceitos, procedimentos, valores) que se podem aplicar em contextos diferentes, construindo novas apresentações mentais significativas e funcionais (conhecimentos).

Aprender não consiste apenas em adquirir novos conhecimentos, mas também em consolidar, reestruturar ou eliminar os que já temos. Este processo consegue-se a partir do acesso a determinada informação, à comunicação interpessoal (com os professores, colegas,



profissionais da indústria, etc.) e a realização de determinadas operações cognitivas (Tabela 2).

Tabela 2 – O processo de aprendizagem no ensino universitário

Acesso à informação	Processo da informação (operações cognitivas)	Produto Obtido (concepção da aprendizagem)	Aplicação conhecimento, avaliação (operações cognitivas)
Envolvente físico, outras pessoas. Materiais didáticos: convencionais, AV, TIC Internet	Capitação, análises Interação, experimentação Comunicação com outros Elaboração, reestruturação, síntese.	Memorização (conceitos, factos, procedimentos, normas) Habilidade – rotina Compreensão Conhecimento Estratégias cognitivas	Em situações conhecidas (repetição) Em novas situações (processo de comunicação, transferência)

Os processos da aprendizagem são as atividades que os estudantes realizam para conseguir os objetivos curriculares que se pretendem. Constitui uma atividade individual, mas desenvolve-se no contexto social e cultural, que se produz através de um processo de assimilação em que cada estudante concilia com os novos conhecimentos a sua estrutura cognitiva, criando nova informação. Portanto, a construção do conhecimento tem uma vertente pessoal e outra social.

A aprendizagem não é uma aquisição de respostas automáticas (adestramento) ou uma aquisição e reprodução de dados informativos (transmitidos por um professor), mas é uma construção ou representação mental de significados (o estudante é um processador ativo da informação, com a qual gera conhecimentos que não só lhe permitem apreender e encarar a realidade, mas também desenvolver as suas capacidades).

De qualquer forma, hoje em dia, aprender é mais complexo do que simplesmente memorizar a informação, pois é necessário também:

- Conhecer a informação disponível e selecioná-la (há muita informação ao nosso alcance: livros, revistas, Internet, etc.) em função das necessidades;
- Analisar, organizar, interpretar e compreender a informação selecionada;
- Sintetizar os novos conhecimentos e integrá-los nos saberes prévios;
- Aplicá-los e, em alguns casos, avaliá-los.
- Para uma adequada aprendizagem são necessários três fatores básicos: inteligência e outras capacidades e conhecimentos prévios (poder aprender); motivação (querer aprender) e experiência em aprender (saber aprender) (Fig. 04).

Estratégias didáticas

As atividades de ensino que o professor realiza estão relacionadas com os processos de aprendizagem por parte dos estudantes; portanto, é muito importante que sejam utilizados recursos didáticos adequados que facilitem a informação e ofereçam interações que permitam uma aprendizagem ótima.



Figura 04 – Processo de aprendizagem (baseado em Marqués, G.P., 2001)

A seleção dos recursos mais adequados para cada situação educativa e a definição de boas intervenções educativas que considerem todos os elementos contextuais (conteúdos a tratar, características dos estudantes, circunstâncias ambientais, etc.), resulta sempre como fatores chave para atingir os objetivos educativos que se pretendem.

Porém, o ato didático é um processo complexo em que intervêm os seguintes elementos: o professor, os estudantes, os objetivos educativos, o contexto e a estratégia didática (Fig. 05).

O professor planifica, facilita a realização do programa e avalia para verificar a aprendizagem dos estudantes, mas para ter um óptimo resultado estas ações devem-se realizar utilizando estratégias didáticas adequadas.

Os recursos didáticos podem contribuir para proporcionar aos estudantes, informação, técnicas e motivação que os ajudem nos seus processos de aprendizagem, mas a sua eficiência dependerá muito da maneira de como o professor usa a estratégia didática.



Figura 05 – Elementos das estratégias didáticas no processo de ensino (baseado em Marqués G.P., 2001)



A estratégia didática com a que o professor pretende facilitar a aprendizagem, é integrada por uma série de atividades que contemplam a interação dos alunos com determinados conteúdos.

A estratégia didática deve proporcionar aos estudantes: motivação, informação e orientação para realizar a suas aprendizagens e deve ter em conta os seguintes princípios:

- Considerar as características dos estudantes: estilo cognitivo e de aprendizagem;
- Considerar as motivações e interesses dos estudantes: Procurar amenidade na aula;
- Organizar a aula: o espaço, os materiais didáticos, o tempo;
- Proporcionar a informação necessária quando seja preciso: livros, páginas Web, etc.;
- Utilizar metodologias ativas nas quais se aprenda fazer;
- Considerar um adequado tratamento dos erros, tendo em conta o ponto de partida de novas aprendizagens;
- Prever que os estudantes possam controlar as suas aprendizagens
- Considerar atividades de aprendizagem colaborativa, mas ter presente que a aprendizagem é individual;
- Realizar uma avaliação parcial e/ou final das aprendizagens.

Modelo didático aberto e colaborativo

O modelo didático no ensino Universitário aberto aparece nos fins do século XX, influenciado pelos grandes avanços tecnológicos, a globalização económica e a cultura configurada como uma “sociedade da informação”. Neste contexto, com o acesso cada vez mais eficiente e rápido á Internet, com provedores de vasta informação técnica e científica e a possibilidade de dispor de versáteis equipamentos para realizar todo tipo de processos com a informação (computadores, softwares, acessórios diversos, para a transmissão da informação, servidores, etc.), se vai dando caminho a um ensino aberto e colaborativo.

Neste novo paradigma, que é herdeiro dos princípios básicos da escola ativa, muda a participação do professor, reduz ao mínimo seu papel como transmissor de informação e passa a apresentar e enquadrar os temas, enfatizar os aspectos mais importantes ou de difícil compreensão, destacar suas aplicações e motivar os alunos para o estudo. Os estudantes podem aceder facilmente por sua conta a qualquer classe de informação, de maneira que o docente passa a ser um orientador de suas aprendizagens, provedor e orientador dos recursos educativos mais adequados para cada situação, organizador do contexto de aprendizagem, tutor e consultor. O professor converte-se num mediador das aprendizagens, com funções fundamentais (Tebar, B.L., 2003) de:

- Especialista que domina os conteúdos e planifica (mas é flexível);
- Regula as aprendizagens, favorece e avalia os progressos; a sua tarefa principal é organizar o contexto em que se deve desenvolver o estudante. A individualização, o tratamento da diversidade (estilos cognitivos, ritmo pessoal de aprendizagem, conhecimentos prévios, etc.), são aspectos essenciais de uma boa docência.
- Fomenta as aprendizagens significativas e transferíveis;
- Fomenta a procura da novidade: curiosidade intelectual, originalidade e pensamento convergente;
- Ensina que fazer (como, quando e porque) e ajuda a controlar a impulsividade;
- Compartilha as experiências de aprendizagem com os alunos: discussão reflexiva e fomenta o trabalho de grupo;



Os alunos trabalham em colaboração entre eles e também com o professor. Objetivo essencial é construir conhecimento. Através do processo de aprendizagem, as estratégias didáticas e o modelo didático a adoptar, o papel do professor fica claramente fundamentado e estabelecido em termos de domínio intelectual, mas sem restringir o envolvimento ativo dos alunos, antes lhes estimulando a aprendizagem criativa. É preciso salientar que a função essencial do professor é ensinar a aprender e, mais ainda, ensinar a desejar aprender.

5.2. Aulas teóricas

As aulas teóricas privilegiam a exposição de matéria da parte do professor, o debate cruzado, o estudo dirigido, a instrução programada, a facilitação no uso de elementos bibliográficos e motivação do estudante para uma melhor aprendizagem.

No caso da disciplina de Exploração de Minas Subterrânea as aulas teóricas devem ser prioritariamente com recursos e novas tecnologias computacionais e nomeadamente as apresentações são extremamente importantes porque permitem apresentar os métodos e processos de Exploração de minas com muita objetividade, melhorando a forma de transmitir a informação e facilitar a aprendizagem, uma vez que a melhor forma de transmitir ilustrar as técnicas, métodos e sequência das operações, é através de imagens em 3D (Figuras 06 e 07).

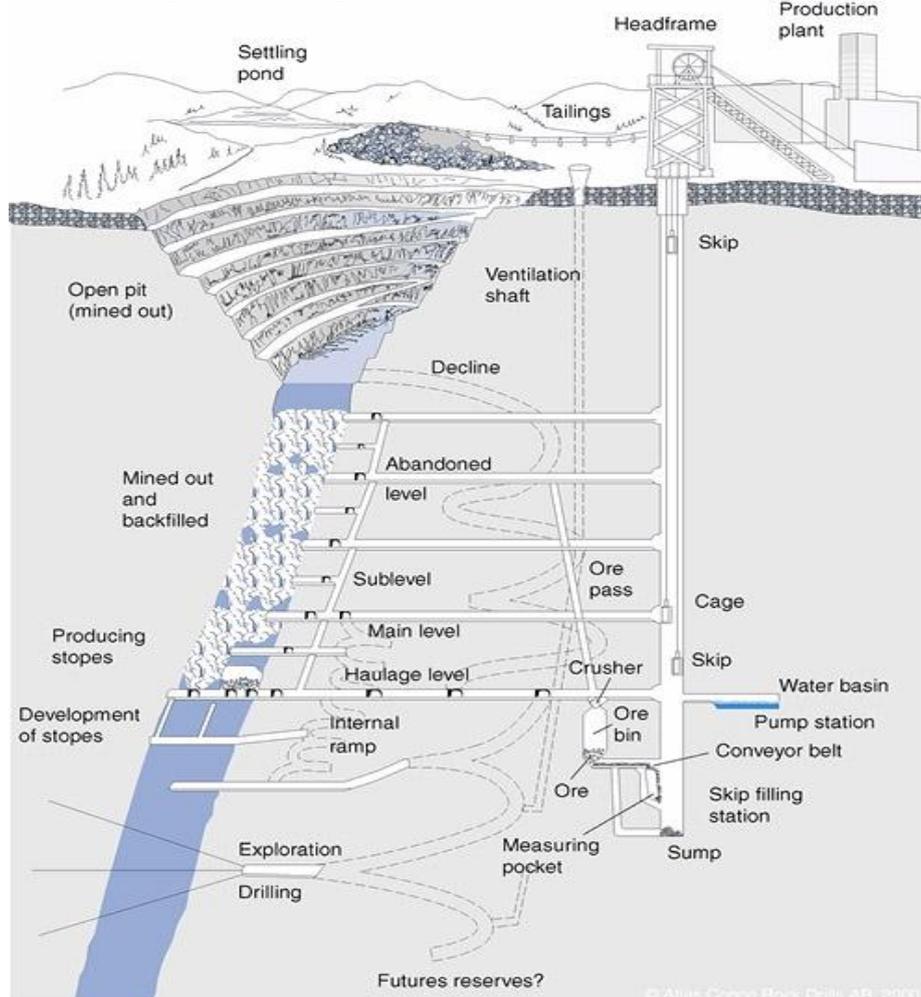


Figura 06 – Corta de Exploração a céu aberto e infraestrutura exterior e subterrânea para a Exploração de um filão, representação em 3D.

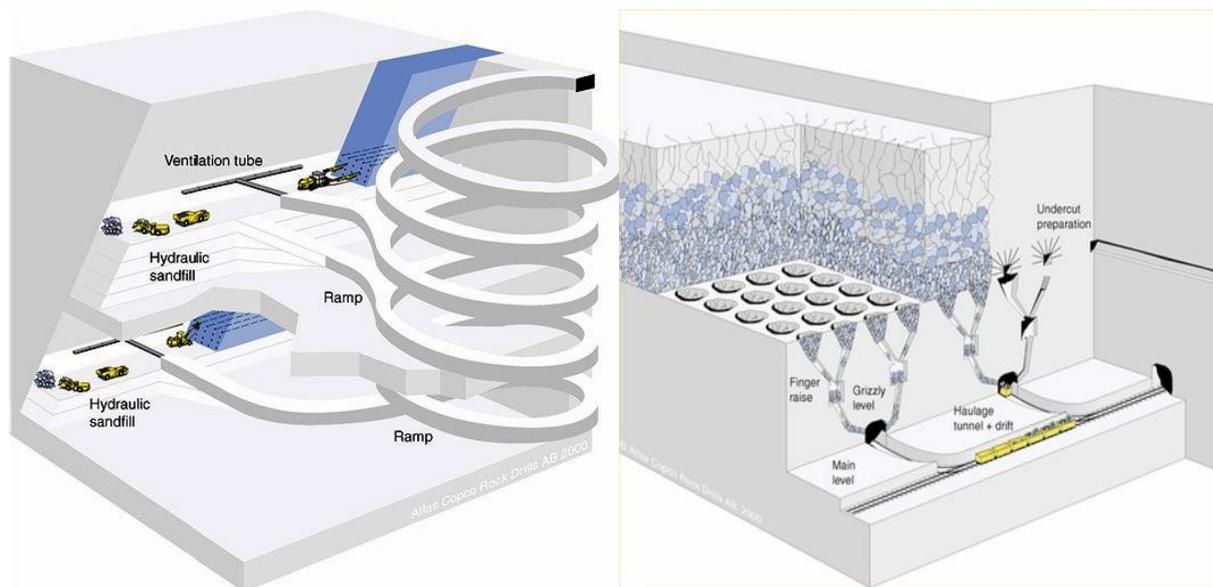


Figura 07 – Método de Exploração de corte e enchimento hidráulico e desabamento de blocos em 3D

Outra ferramenta poderosa no ensino e aprendizagem da Exploração de Minas Subterrâneas, que as novas tecnologias computacionais permitem usar são os vídeos, que são meio audiovisuais dinâmicos que simulam com muita objetividade as operações unitárias da Exploração de minas (Figuras 08 e 09).



Figura 08 – Exemplo de vídeos dos métodos de Exploração subterrânea de câmaras e pilares (esquerdo) e corte e enchimento (direito) (Website 7)

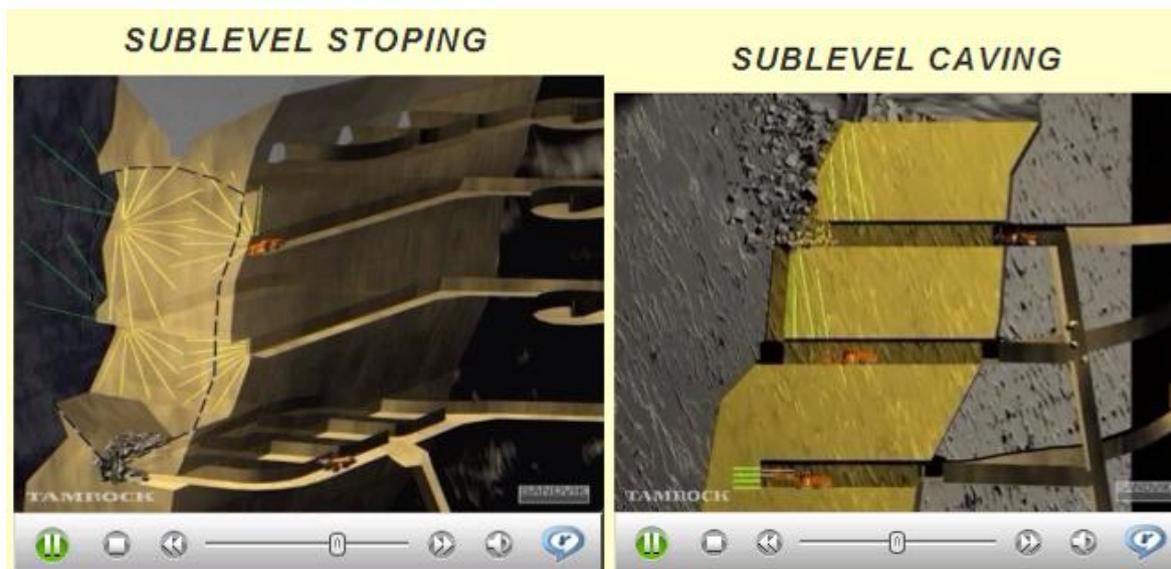


Figura 09 – Exemplo de vídeos dos métodos de Exploração subterrânea de subníveis (esquerdo) e desabamento de subníveis (direito) (Website 7)

As imagens em 3D apresentadas mostram com facilidade a arquitetura dos trabalhos de Exploração de minas, os trabalhos de desenvolvimento, preparação e as atividades unitárias que é preciso realizar para a Exploração propriamente dita, quer dizer, o processo de desmonte (perfuração, carregamento de explosivos e disparo), enchimento em alguns métodos e carregamento e transporte do minério.

Na aula teórica da disciplina de Exploração de Minas é praticamente impossível ilustrar com detalhe usando métodos tradicionais de discurso, quadro e giz e por esta razão é importante reiterar que o uso das novas tecnologias informáticas é determinante na aprendizagem das matérias desta disciplina.

5.3. Aulas práticas

Pela particularidade da disciplina de Exploração de Minas Subterrânea é importante complementar as aulas teóricas com as aulas práticas, sendo para estas determinante a experiência profissional do professor no campo da Exploração de Minas.

A participação dos estudantes dependerá de cada caso, podendo ser do coletivo total (resolução de exercícios), em pequenos grupos (elaboração de projetos) ou individual (casos práticos específicos).

Adicionalmente às aulas práticas, adotar-se-á o método de ensino tipo tutorial fora das horas de aulas, o que permitirá que os alunos interajam diretamente com o docente para assistência em dificuldades de aprendizagem individual, ajudando-os a ultrapassar tais dificuldades, através do esclarecimento e aprofundamento de conhecimentos, e ainda, com recomendações de bibliografia a ser consultada para casos particulares.

Nas aulas e para simulações em computador propõe-se a uso de software especializado denominado Gemcom Surpac ou Datamine (Figura. 10) para a avaliação da jazida mineral, dimensionamento, planejamento e gestão de minas subterrâneas ou a céu aberto.



Para simulações de sistemas auxiliares e operações unitárias propõe-se usar os programas computacionais específicos para ventilação de minas, e dimensionamento de diagramas de fogo para desmontes de rochas e estabilidade de taludes (Figura 11).



Figura 10 – Referência dos softwares especializados *GemcomSurpac* e *Datamine* (Websites 8)

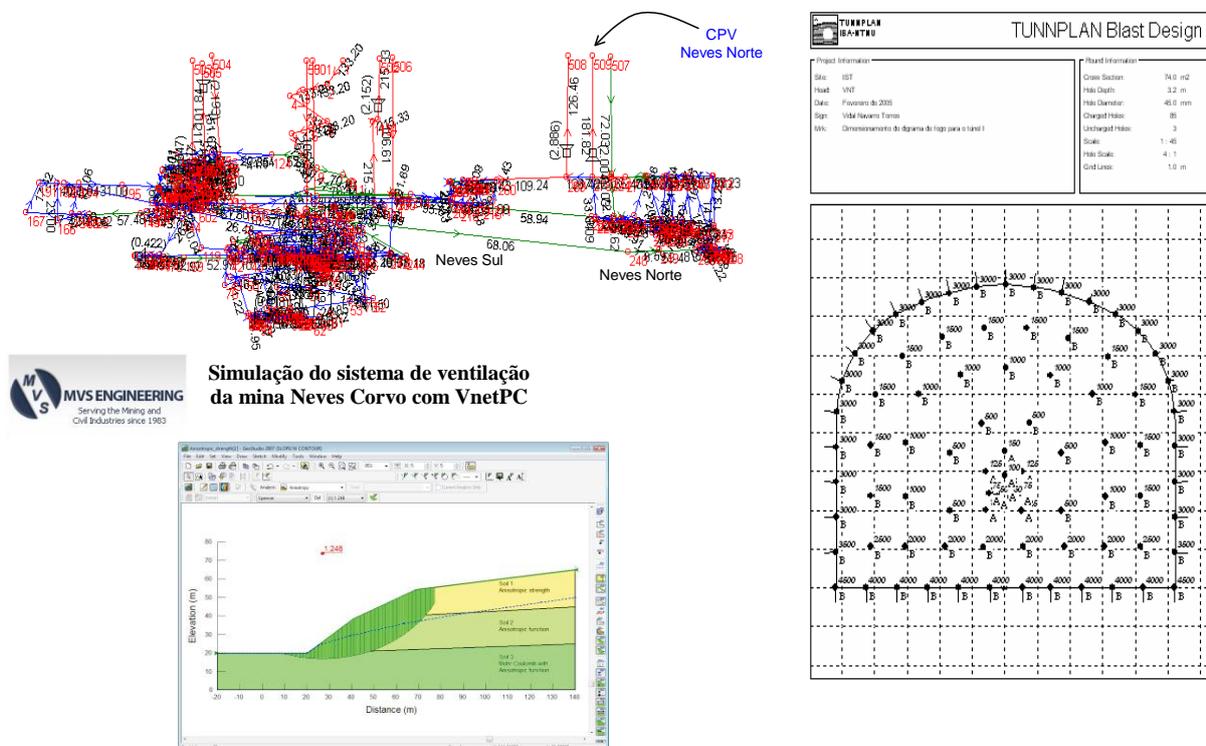


Figura 11 – Referência dos softwares *VnetCP*, *TunnPlan* e *SlopeW* (Websites 9)



As aulas destinadas à resolução de alguns problemas práticos com aplicação dos softwares referidos e o aluno utilizará estes recursos computacionais para elaborar o projeto dentro das horas do trabalho autônomo.

Para o esclarecimento de dúvidas, quer da parte teórica quer da parte prática, serão disponibilizados horários de atendimento aos alunos, para tirar dúvidas, e aconselhamento pedagógico.

5.4. Trabalho autônomo

Como foi dito anteriormente, o trabalho autônomo consistirá em: realização de visitas de estudo a minas; elaboração do relatório das visitas de estudo; análise crítica de artigos científicos; elaboração de um caderno de exercícios; observação e compreensão de modelos físicos; desenvolvimento do projeto; participação nos debates, seminários, etc.; e preparação para as avaliações.

Pela natureza da disciplina, um aspecto extremamente importante é a realização de visitas de estudo guiadas e acompanhadas pelo docente, já que permitem o contato direto dos alunos com a realidade das operações mineiras e não só compreender bem como complementar os conceitos do ensino nas aulas universitárias.

É importante salientar que a elaboração do projeto é uma das atividades mais importantes do trabalho autônomo, devido a que o aluno poderá aplicar seus conhecimentos teóricos, práticos e computacionais (Tunnplan, VnetP, Gemcom, Datamine, etc.) na modelação da jazida mineral, no dimensionamento e planeamento da Exploração e do processo produtivo.

Para uma efetiva e eficiente ação de aprendizagem através do trabalho autônomo é extremamente importante a constante interação entre professor e aluno. Nos tempos atuais uma ferramenta importante é o sistema de Internet, que permite uma excelente interação entre professor e aluno.

Existem servidores como o Yahoo, etc. que disponibiliza gratuitamente uma capacidade de 30 MB (Fig. 12). Estes sistemas permitem uma interação entre professor e aluno para:

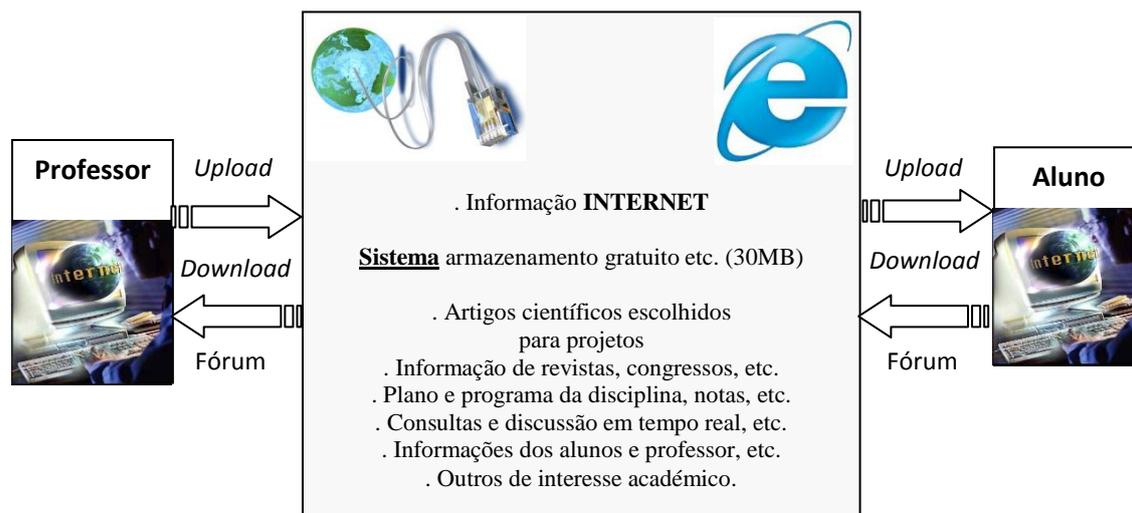


Figura 12 – A Internet como ferramenta para a interação entre professor e aluno

- Nestes sistemas são disponibilizados o conteúdo curricular, os horários, recursos acadêmicos e informáticos, calendário de aulas e avaliações, etc.



- O professor pode fazer Upload (carregar) artigos científicos, capítulos de livro, revistas, “*proceeding*” de seminários, congressos ou conferências, programa e conteúdos da disciplina, informações para a elaboração de projetos, apresentações de aulas teóricas, referências de sítios de internet para consultas, etc.
- Os alunos podem fazer Download (descarregar) os documentos disponibilizados pelo professor.
- Os alunos podem carregar trabalhos, relatórios, etc. e o professor descarregar.

A Internet possibilita outra interessante forma de interação entre professor e aluno em tempo real, que é mediante o fórum e de alguma forma também os sistemas de E-mails.

6. AVALIAÇÃO DE CONHECIMENTOS

6.1. Bases regulamentares para avaliação de conhecimentos

A Avaliação de Conhecimentos e Competências será conforme os Regulamentos da Universidade e será necessário considerar a avaliação de provas escritas, trabalhos ou projetos e provas orais.

Nos Trabalhos ou Projetos inclui-se o seguinte:

- a) Relatórios de visitas de estudo, seminários, experiências ou quaisquer atividades realizadas;
- b) Resultado de outros trabalhos ou projetos (programas ou sistemas informáticos, montagens electrónicas, montagens mecânicas, maquetas, plantas ou esquemas);
- c) Artigos ou monografias.

Estes trabalhos ou projetos podem ser realizados individualmente ou em grupo. Na avaliação destes trabalhos, deve estar patente a metodologia usada, para que o aluno avaliado compreenda a razão da classificação atribuída.

A prova oral é uma prova de avaliação em que o aluno deverá responder a questões colocadas por uma banca.

6.2. Avaliação na disciplina de Exploração Subterrânea

A atribuição da classificação aos estudantes é um aspecto decorrente dos métodos de ensino, uma vez que é influenciada pela forma como os conhecimentos são adquiridos.

Para a disciplina de Exploração de Mina Subterrânea preconiza-se um sistema contínuo de avaliação de conhecimentos. Ao longo do período letivo, os estudantes são observados em termos de interesse, assiduidade e desempenho na execução das tarefas nas aulas teóricas e práticas.

A estrutura das provas dos testes deverá refletir as principais formas de atuação do engenheiro na sua vida profissional. A parte teórica do teste será sem consulta é por que os temas propostos correspondem à resposta escrita sobre temas da especialidade, para os quais não podem existir dúvidas, nem oportunidade de consulta bibliográfica. Já a parte prática do teste, geralmente preenchida com a resolução de problemas mais ou menos extensos traduz a atividade típica dos engenheiros da elaboração dos estudos e projetos, sempre com consulta.



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas mãos do docente encontra-se a delicada tarefa de formar seres humanos, antes mesmo de formar só Profissionais em Engenharia de Minas, proporcionando aos estudantes os meios e a vontade de adquirir novas atitudes, capacidades e conhecimentos.

Para que tal aconteça é indispensável uma sólida formação profissional e científica e a experiência profissional dos docentes, conjugada com uma grande capacidade didática, de inovação e de criatividade. De nada adianta realizar melhorias salariais, estabilidade laboral, instalações e meios docentes, se não se evoluir qualitativamente na formação pedagógica dos professores, á qual não é estranha à atividade de investigação associada ao ensino, preocupação dominante que deve estar sempre presente.

Neste contexto, é fundamental raciocinar em termos de programas, conteúdos e métodos de ensino, com mente aberta às verdadeiras opções do mundo que vivemos no sentido de se formarem novas e melhores gerações.

Nesse aspecto, é imprescindível compreender que dar atenção exagerada aos conteúdos sem atender aos métodos é perigoso e errado; porque os métodos poderão influenciar, se não forem adequados, a aquisição dos conteúdos.

A grande parte daquilo que se ensina aos alunos depende da forma como é comunicado, enfatizando dessa forma a importância que se deve atribuir às componentes pedagógicas do perfil do professor.

Outro aspecto determinante que é oportuno enfatizar no ensino da disciplina de Exploração de Minas Subterrâneas é de que o professor tenha que possuir experiência profissional e operacional na indústria e particularmente na Exploração Subterrânea, pois se não for assim existe o risco de que o docente desenvolva o ensino só na base de fundamentos teóricos e a parte prática não seja devidamente leccionada.

8. BIBLIOGRAFIA E WEBSITES

HARTMAN L.H., SME Mining engineering handbook, 2nd Edition Editor, US editado pela Society for Mining, Metallurgy, and Exploration 1992 V 1 and V2,.900 p.

HUSTRULID, W.A & BULLOCK, L.R. Editors,. Underground mining methods. Published by Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. 2001

GAMA, C.D., 1987. Engenharia de Minas. Ensino e Pesquisa. 2^{as} Jornadas de Engenharia dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Rio de Janeiro.

BUSTILLO, r. ET AL.,. Manual de Aplicaciones Informáticas en Minería. U.D. Proyectos E.T.S.I. Minas – U.P.M Madrid. 2000

MARQUÉS, G.P., 2001. Didáctica, los procesos de enseñanza y aprendizaje. La motivación.

NAVARRO TORRES, V.F., et al.. “Explotación Subterrânea: Métodos e Casos Práticos. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú”. 1999

NAVARRO TORRES, V.F. et al.,. Engenharia Ambiental Subterrânea e Aplicações. CYTED/CETEM Rio de Janeiro. 2005



WALSH, M., Zinc: "Success Strategies for Miners and Smelters". Metal Bulletin 7th Zinc & its Market Seminar. London, Uk. 2003.

INTERNET:

Website 1:< [Website 1a: <http://www.dct.uc.pt/>. Mestrado de Engenharia Geológica e de Minas](http://www.uc.pt/fctuc/Ensino/cursos. Cursos.></p></div><div data-bbox=)

Website 6: http://e-geo.ineti.pt/aipt_seminar/sig/apresentacoes/02_LuisMartins.pdf. Gestão de Recursos Minerais (SIORMINP).

Website 7: http://www.bcminerals.ca/files/video_resources/000168.php. Mineral Education Program of British Columbia.

Websites 8: [http://www.gemcomsoftware.com/Gemcom Surpac](http://www.gemcomsoftware.com/Gemcom_Surpac) e <http://www.datamine.co.uk/Datamine>.

Websites 9: <http://www.mvsengineering.com/VnetPC>, <http://www.anleggsdata.no/TnnPlan> e <http://www.geo-slope.com/SlopeW>.

NUEVOS RETOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS DE MINAS

Resumen: *En manos del profesor se encuentra la delicada misión de formar seres humanos, inclusive antes de formar simplemente Profesionales de Ingeniería de Minas, proporcionando a los estudiantes los medios y la disposición de adquirir nuevas actitudes, habilidades y conocimientos. Para que esto ocurra es indispensable una sólida formación científica y experiencia profesional de los profesores, conjuntamente a una gran capacidad de enseñanza, innovación y creatividad. No sirve de nada mejoras del salario, seguridad laboral, instalaciones y recursos de la facultad, si no se invierte en el desarrollo cualitativo del profesorado, a la cual no es ajena la actividad de investigación asociado con la enseñanza, la preocupación principal debe estar siempre presente. En este contexto, es esencial pensar en términos de programas, contenidos y métodos de enseñanza, con una mente abierta a las opciones reales en el mundo en que vivimos con el fin de formar nuevas y mejores generaciones.*

Un aspecto crucial en la formación de ingenieros de minas es monitorear las tendencias y necesidades emergentes en el mercado para lo cual la disciplinas, como es el caso de la Explotación de Minas Subterráneas. El docente ingeniero precisa contar con experiencia en la enseñanza y el ejercicio de actividad minera y en particular en la explotación subterránea, porque si no, existe el riesgo de que los educadores desenvuelvan la enseñanza sólo sobre la base teórica y práctica no sea enseñada adecuadamente.

Palabras-clave: *Instrucción de la Ingeniería, Explotación de Minas Subterráneas, Ingeniería de Minas.*