

**LABORATÓRIO DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS PARA A ESCOLA SUPERIOR
POLITÉCNICA DA LUNDA SUL**

Autores: Pedro Miguel Pelegrín Rodríguez

Josefina Breffe Suárez

Jonas da Fonseca Silva

Agelino Kahalo Chimichi

E-mail: prodriuez@isdi.co.cu e jbsuarez@isdi.co.cu

RESUMO Data de recepção: 04/09/2019

Data de aceitação: 15/11/2019

A importância dos laboratórios no ensino das ciências é indiscutível. As universidades respeitadas no mundo, estão equipadas com laboratórios porque as novas necessidades, impostas pela globalização da economia e os avanços científicos técnicos, exigem da educação universitária a formação de um profissional apto e competente, preparado para trabalhar em equipas científico-técnicas multidisciplinares e enfrentar os desafios de uma nova sociedade. Hoje, a Escola Superior Politécnica da Lunda Sul (ESPLS) não conta com um laboratório para apoiar a formação dos engenheiros em Metalurgia e Materiais, por isso um Laboratório de Tratamento de Minérios para a docência nesta Universidade é uma questão de grande importância.

Palavras chaves: Laboratório, Prática experimental, Tratamento de minérios.

ORE TREATMENT LABORATORY FOR LUNDA SOUTH POLIETRIC SCHOOL**ABSTRACT**

The importance of laboratories in science education is indisputable. The respected universities in the world are equipped with laboratories because the new demands imposed by the globalization of the economy and the scientific and technical advances demand from the university education the formation of a competent and competent professional, prepared to work in multidisciplinary scientific-technical groups and to face the challenges of a new society. Today the Superior Scola of Lunda Sul does not have a laboratory to prepare engineers in Metallurgy and Materials, so the existence of the Laboratory for Mineral Processing in this university is a task of great importance.

Keywords: Laboratory, Experimental practices, Mineral processing.

Introdução

Segundo Torres, L. et. al., (2013) os laboratórios têm grande importância, tanto no ensino como na investigação e nas indústrias. Eles estão equipados com diversos instrumentos de medição e respondem a múltiplos propósitos, de acordo com o seu uso e resultados finais. Nas áreas do ensino, os laboratórios permitem a comprovação prática do aprendido de forma teórica nas salas de aula, entretanto nas indústrias empregam-se para provar, verificar e certificar produtos e na esfera da investigação utilizam-se para demonstrar fenómenos e comportamento de processos.

Segundo os mesmos autores, as práticas laboratoriais também contribuem para que os estudantes desenvolvam habilidades de comunicação, tanto oral quanto escrita, liderança e cooperação. Por isso, ao longo dos anos, os empresários, organizações técnicas e de profissionais têm exigido às universidades rever, exaustivamente, os planos de estudo das engenharias com o fim de assegurar que os estudantes estejam preparados para a prática profissional.

Para a formação dos engenheiros, nas áreas das Ciências da Terra, como é o caso da Metalurgia e Materiais, a existência de um laboratório de tratamento de minérios contribui compreender os processos tecnológicos, identificar problemas e gerar soluções, o que requer competências cognitivas complexas que implicam o desenvolvimento da inteligência, muito além da memória, exigindo uma articulação entre o fazer e o conhecer. Daqui que para a Repartição das Ciências da Terra da Escola Superior Politécnica da Lunda Sul (ESPLS) é de vital importância dispor de um laboratório deste tipo. Esta escola, está inserida numa região mineira com muitas perspectivas de desenvolvimento. Tais perspectivas exigem que os formados nestas áreas tenham uma alta qualificação técnica devido às complexidades destas atividades. Sem um laboratório especializado não é possível lograr este objetivo.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um estudo preliminar para a criação de um Laboratório de Tratamento de Minérios para a Escola Superior Politécnica da Lunda Sul. Para lograr esse objetivo realizou-se uma pesquisa teórico-metodológica sobre as práticas experimentais, com ênfase no ensino nos laboratórios de tratamentos de minérios. Também se fez uma fundamentação da seleção dos principais equipamentos para esse laboratório e se desenvolveu uma estimativa do seu custo.

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizou-se uma metodologia qualitativa com apoio de aspectos quantitativos. Como método empírico empregou-se a observação direta. A pesquisa bibliográfica realizada sobre o ensino experimental e o papel dos laboratórios docentes visou conseguir ideias para justificar a proposta do projeto de Laboratório de Tratamento de Minérios para a ESPLS.

O método quantitativo circunscreveu-se ao chamado Cálculo do Investimento por Fatores, muito utilizado para determinar os custos de projetos de plantas de tratamento de minérios. O laboratório proposto pode ser considerado como uma pequena planta deste tipo. Também foi consultado o critério de vários peritos nesta matéria.

Desenvolvimento

O grande pensador e filósofo chinês Confúcio (551 a.C - 479 a.C) escreveu: “eu vejo e eu esqueço, eu ouço e eu lembro, eu faço e eu comprehendo”. Tomando como base este postulado, é importante que se perceba a necessidade de se utilizar um modo novo e diferente de encarar a práxis pedagógica no ensino das disciplinas do Curso de Engenharia de Metalurgia e Materiais e não só na ESPLS, pois acredita-se que, tanto as metodologias quanto os processos de ensino e aprendizagem precisam ser repensados, se o desejo for formar bons engenheiros para assumir as complexas tarefas que Angola terá no futuro próximo, sobretudo depois da conclusão do Plano Nacional de Geologia (PLANAGEO).

Tem-se dito que a história da civilização é a história da engenharia. A engenharia, é a arte de aplicar os conhecimentos ou utilização da técnica industrial em todas suas determinações. É a aplicação dos conhecimentos científicos à produção em geral.

A grande ferramenta do engenheiro é o conhecimento da ciência e da tecnologia, que se reverterá em benefício das necessidades humanas, e para dominar a ciência e a tecnologia não basta só a sua preparação desde o ponto de vista teórico se não também prático.

Todos os pontos de vista, de uma maneira ou outra, coincidem em que um engenheiro deve ser um profissional competente, por virtude de sua educação fundamental e treino, para que possa aplicar o método e a visão científica à solução de problemas e para assumir a responsabilidade no desenvolvimento e aplicação das técnicas e ciência especialmente em pesquisa, desenho, manufatura, supervisão e gestão.

A aplicação prática dos conhecimentos, constitui um método importante e seguro para a sua fixação, é um índice da tira de consciência e da solidez dos conhecimentos, qualidade destes serem válidos verdadeiros e perduráveis no tempo. Por isso, é imprescindível expor diferentes tarefas práticas dentro das aulas e incorporar os estudantes na execução de uma atividade prática (experiência ou prática de laboratório) relacionada com a aplicação dos conhecimentos.

A aprendizagem, por parte do estudante, está condicionada à natureza humana do modo como o cérebro retém o conhecimento.

O conhecimento adquirido de forma ativa, sobrepõe-se ao modo de aquisição passivo, como se pode ver no diagrama apresentado na Figura 1, onde está perfilhado o aspecto entendido como o mais efetivo na forma como retemos conhecimento e que se resume ao “fazer” o trabalho experimental ou a descoberta.

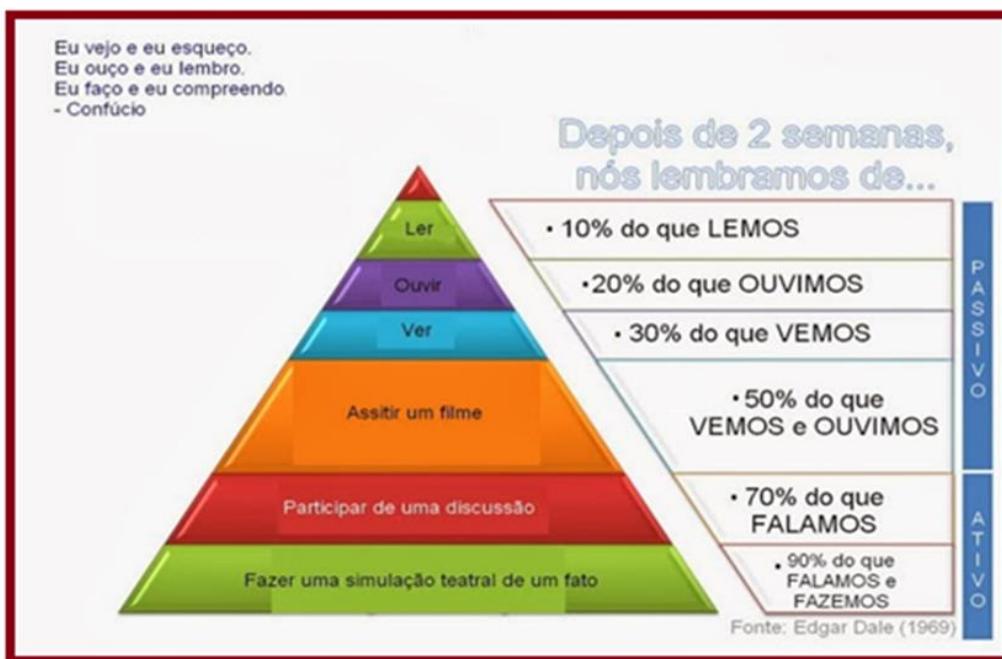


Figura.1. O Cone (Pirâmide) do Aprendizado, Fonte (Duru, 2010).

Nota-se que no método tradicional de ensino (aulas teóricas) as atividades têm em comum um resultado pré-determinado, pois o docente e os estudantes têm noção do que vai ser dado e qual o resultado esperado.

O trabalho experimental no ensino de uma disciplina permite desenvolver no estudante o seu pensamento crítico, encoraja a razoabilidade das ações a tomar e fortalece competências a nível

do trabalho de equipa. No conjunto, a atividade experimental ajuda a entender melhor e a reforçar o conhecimento dos estudantes sobre a ciência (Duru, A., 2010).

Segundo a Pirâmide do Aprendizado, as aulas eminentemente teóricas, onde os estudantes se dedicam quase 100% a ouvir o que o professor está a transmitir, o aprendizado não supera os 20% quer dizer, que a fixação dos conhecimentos é muito débil. Pelo contrário, quando se fazem práticas experimentais (laboratoriais) a fixação dos conhecimentos quase se quintuplica.

Os laboratórios docentes

Segundo Quiroga, G. U. et al., (2013), dentro dos objetivos da formação profissional no campo da engenharia deve estar ou permitir aos estudantes desde as primeiras etapas, experimentar a ciência e a tecnologia de tal maneira que lhes desenvolva a capacidade para uma construção ativa das ideias e de explicações que suportasse o aumento das oportunidades para desenvolver, aproveitar e gerar novas tecnologias.

Segundo Hodson, et al., (1994), nas últimas décadas adiantaram-se investigações sobre a importância das práticas de laboratório, que permitem renovar os trabalhos práticos tradicionais, gerando um amplo consenso em torno da orientação do trabalho experimental como uma atividade inquiridora que joga um papel primitivo na familiarização dos estudantes com a metodologia científica.

Sem dúvida, o trabalho prático e, em particular, as atividades de laboratório, constituem um fator diferencial próprio do ensino da ciência e da tecnologia.

A aplicação das diferentes alternativas de aprendizagem, é uma opção face ao desenvolvimento do ensino tradicional, em que prevalece a aula teórica. Segundo Scoles e Pattacini (2012) o ensino tradicional não resulta completamente eficaz para uma aprendizagem significativa, pois é recomendado usar métodos menos passivos para o estudante, tais como práticas laboratoriais. O anterior sustenta a afirmação de que as práticas de laboratório têm um papel primitivo na familiarização dos estudantes com a metodologia científica (Torre et al., 2013).

Os laboratórios docentes de tratamento de minérios

O tratamento de minério, pode ser conceituado como o conjunto de operações básicas que são realizadas numa matéria prima mineral (minério bruto) com o objetivo de obter produtos comercializáveis.

O conjunto de operações realizadas no processamento de uma matéria prima mineral inclui, dentre outras: fragmentação (redução do tamanho de blocos e/ou partículas); separação por tamanho (colocação dos materiais dentro de uma faixa adequada de tamanho); concentração (separação de espécies mineralógicas de valor econômicos das demais); separação sólido/liquido (recuperação da água utilizada nas operações e deposição de rejeito); outras operações auxiliares (manuseio, transporte, amostragem e estocagem de minérios).

Segundo De Oliveira M.L; De Aquino, J. A. no livro de Tratamento de Minérios, 2010, as aplicações industriais do tratamento de minérios, devem estar dispostas de forma conjunta, arranjadas sequencialmente de modo a maximizar a recuperação dos minerais úteis contidos no minério e adequar os produtos obtidos aos seus utilizadores.

Na Figura 2, mostra-se um fluxograma típico de tratamento de minérios, com recirculação de água. Todas as operações assinaladas neste fluxograma com um marco azul devem ser concebidas dentro da estruturação de um laboratório clássico de tratamento de minérios.

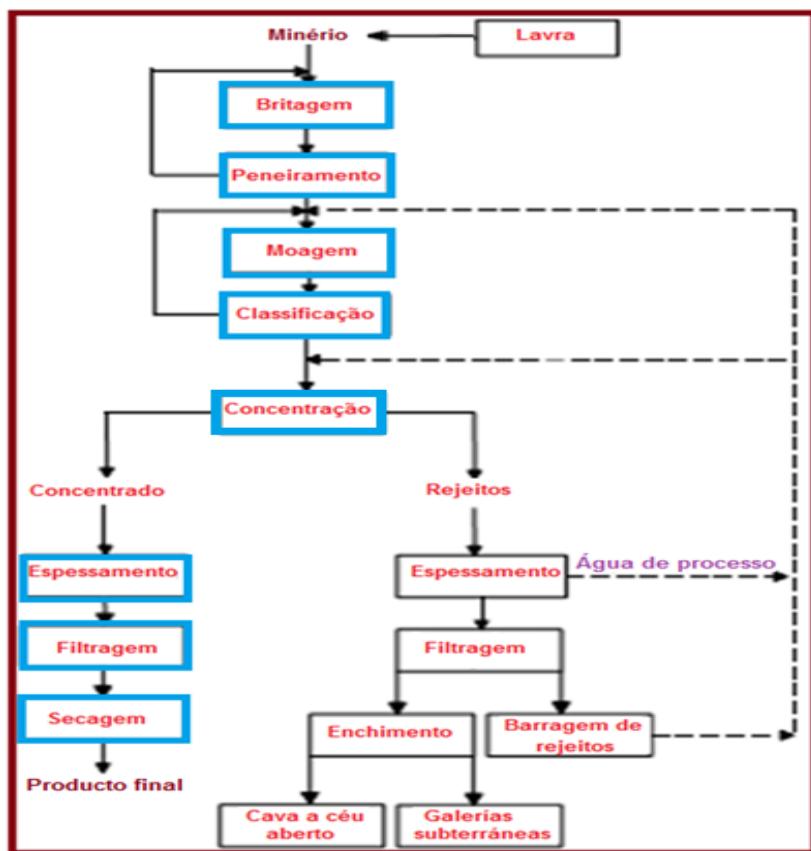


Figura.2. Fluxograma típico de tratamento de minérios. Fonte (De Oliveira & De Aquino, 2010).

Situação atual dos laboratórios na ESPLS

Atualmente, na ESPLS, não se realizam aulas experimentais especializadas no Curso de Engenharia de Metalurgia e Materiais e não só. Esta situação afeta de maneira significativa a aprendizagem dos estudantes das disciplinas tecnológicas.

Na ESPLS, só existem laboratórios das disciplinas básicas: Informática, Física – Electrónica e Química (ver fotos da Figura 3). No laboratório de química só há um equipamento que pode ser útil para as práticas laboratoriais especializadas de metalurgia e materiais (a mufla).



Fig.3. Laboratórios existentes na ESPLS até no ano 2019. Fonte (Elaboração Própria)

Portanto, para o ensino da especialidade de metalurgia e materiais na ESPLS não existe nenhum laboratório especializado.

Para a seleção dos equipamentos do laboratório proposto adoptaram-se, como padrão, os equipamentos existentes no laboratório para o controlo da qualidade industrial da Empresa Mineira de Catoca S.A (a Lavaria das Amostras Geológicas). A sua eleição apoia-se no facto de que nela se imitam as principais operações dessa indústria e, além disso, essa é a indústria mais

próxima à ESPLS e a maior produtora de diamantes de Angola. Além disso, existem outros investimentos na província, no sector mineiro, que utilizaram uma tecnologia similar. Portanto, a primeira e mais importante preparação dos formados do Curso de Engenharia de Metalurgia e Materiais deverá responder a esta realidade.

Equipamentos principais para o Laboratório de Tratamento de Minérios da ESPLS.

No caso do processamento das rochas kimberlíticas, para a obtenção de concentrados de diamantes, as operações de interesse são: quarteamento das amostras, análise granulométrica por peneiramento, ensaios de britagem, ensaios de moagem, ensaios de classificação em hidrociclones, determinação de densidades e % de sólidos e polpas, separação gravítica (inclui em meios densos), separação magnética, separação mediante RX, ensaios de sedimentação e de filtração.

Como a flotação é o método de beneficiamento mais utilizado no mundo, considerou-se importante dispor de uma cela de flotação para o tratamento de outros tipos de minerais como os polimetálicos de cobre de Mavoio Tetelo da Província de Uíge.

Os equipamentos principais propostos para o Laboratório de Tratamento de Minérios da ESPLS apresentam-se na Tabela1. Na tabela, os preços só são referenciais. Os equipamentos descritos poderão ser substituídos por outros de características similares ou diferentes, mas que possibilitem a formação prática e os resultados de aprendizagem requeridos. Eles também são referenciais.

Para o trabalho, em qualquer laboratório deste tipo também se utilizam outros aparelhos, acessórios e materiais secundários, tais como: exaustor de gases, ventilação de ar condicionado, mesa do professor, cadeira do professor, extintor de incêndios, estojo de primeiros socorros, quadro, estante metálica, cadeiras para os estudantes, mesas de trabalho dos estudantes, kit de vidrarias, projetor, PC.

No.	Equipamento	Preço U/USD	Quant.	Custo total, USD
1.	Báscula digital	1500	1	1500
2.	Balança analítica	850	1	850
3.	Agitador de soluções e polpas	1350	1	1350
4.	Quarteador de amostras tipo Jones	908	1	908
5.	Agitador eléctrico para peneiras	950	1	950
6.	Peneira vibratória	2000	1	2000
7.	Britador de martelos	7726	1	7726
8.	Britador de queixada	1025	1	1025
9.	Britador de cone	1580	1	1580
10.	Moinho de bolas	3460	1	3460
11.	Sistema de classificação em hidrociclones	330	1	330
12.	Separador magnético laboratorial de rolo, em seco	5000	1	5000
13.	Cela de flotação	3000	1	3000
14.	Jiga	3500	1	3500
15.	Mesa de concentração	3400	1	3400
16.	Separador RX	2000	1	2000
17.	Estufa	1525	1	1525
18.	Analizador de dureza tipo Rockwell	2000	1	2000
19.	Sistema de filtragem ao vazio	1500	1	1500
20.	Filtro de pressão	2500	1	2500
Total			20	44754

Tabela 1: Equipamentos para o Laboratório de Tratamento de Minérios da ESPLS. (Elaboração Própria)

Determinação do custo aproximado do laboratório

Ao não existir na literatura uma metodologia para o cálculo aproximado do custo capital dos laboratórios, para determinação do custo aproximado do laboratório proposto utilizou-se o método da Estimação dos Custos por Fatores (itens do investimento capital) proposto por Mullar A.L. e Bhappu R.B (1980) para os projetos de plantas de tratamento de minérios, tendo em conta que esse tipo de laboratório pode ser considerado como uma pequena planta de tratamento de minérios. Neste método, cada custo capital (fator) estima-se em dependência do tipo de planta (processamento de material seco, líquido ou seco e húmidos) num intervalo (dado em %) com respeito ao custo total dos equipamentos principais. O método só mostra uma visão orientativa, sendo a sua margem de erro de $\pm 30\%$. O laboratório de tratamento de minérios pode ser considerado como uma planta que processa materiais secos e húmidos. Na Tabela 2 ilustra-se o custo estimado para cada item ou fator.

Fator de custo capital	Intervalo
Custos dos equipamentos principais já instalados	1,43 *
Tubagens	10 – 20%*
Instrumentação	3 – 5%*
Edifício	60 – 100%*
Instalações auxiliares	0 – 5%*
Linhas exteriores	0 – 5%*
Engenharia e construção	20 – 35%**
Contingências	20 – 30%**
Planta pequena (tipo piloto)	15 – 35%**

Tabela 2. Custo estimado para cada item ou factor. (Elaboração Própria)

*Obs: *) em relação ao custo total dos equipamentos principais; **) em relação à soma de todos os itens com *.*

Os cálculos para o laboratório desenvolveram-se para três variantes de custos: para os valores mínimos, médios e máximos, segundo o intervalo de cada factor. Os resultados obtidos são os seguintes: custo mínimo: 370.005,70 USD; custo médio: 518.569,57 USD; custo superior: 947.173,65 USD.

Plano civil (layout) do Laboratório de Tratamento de Minérios para a ESPLS.

Na Figura 4 mostra-se uma proposta de plano civil e arquitetônico para o Laboratório de Tratamento de Minérios da ESPLS.

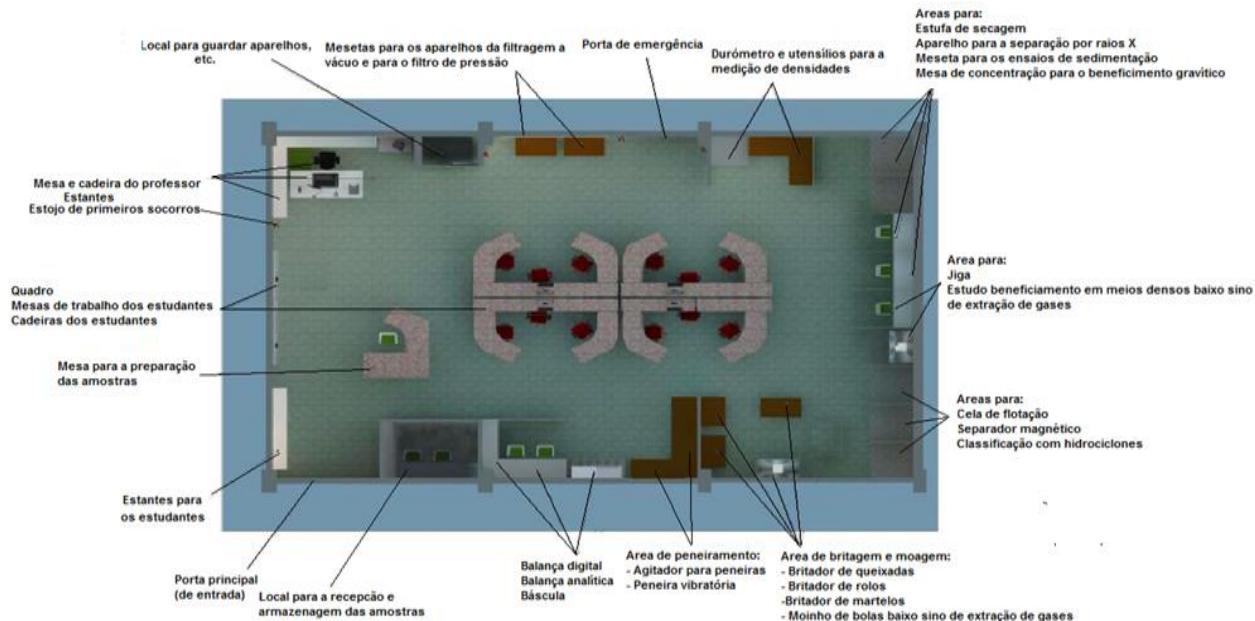


Figura. 4. Plano Civil e Arquitetônico da proposta de Laboratório para Tratamento de Minérios para a ESPLS. Fonte (Pelegrín Breffe, L. 2017)

O desenho do mesmo foi realizado por uma arquiteta, com a assessoria dos autores deste trabalho. O laboratório foi levantado em 3D com o software SketchUp. Para a projeção deste Plano Civil e Arquitetónico se tiveram em conta quais devem ser as infraestruturas básicas de um laboratório docente numa universidade.

Conclusões

Realizou-se uma fundamentação teórico-metodológica sobre a importância das práticas experimentais com ênfase no ensino nos laboratórios de tratamentos de minérios.

Na ESPLS não há nenhum laboratório especializado em tratamento de minérios, o que influiu de maneira significativa na qualidade da formação dos estudantes do Curso de Engenharia de Metalurgia e Materiais.

O laboratório deve imitar os diversos processos que ocorrem numa planta de extração de diamantes, tal como Catoca. O seu custo aproximado pode oscilar entre 370.005,70 USD e 947.173,65 USD.

Referências bibliográficas

- Dale, E. (1969). *Audiovisual Methods in Teaching*, NY: Dryden Press.
- Duru, A. (2010). The experimental teaching in some topics geometry. *Educational Research and Review*. Vol. 5 (10), pp. 584-592.
- De Oliveira M.L; De Aquino, J. A. (2010). *Tratamento de Minérios – 5a Edição*/Ed. Adão Benvindo da Luz, João Alves Sampaio e Silvia Cristina Alves França – Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 965 p.:il.
- Quiroga, U, G. et al., (2013). Del aula a la realidad. La importancia de los laboratorios en la formación del ingeniero. In: *World Engineering Education Forum*, Cartagena, Colombia.
- Pelegrín Breffe, L. (2017). Relatório sobre a solicitude de Plano Civil e Arquitetônico para o laboratório de Tratamento de Minérios.
- Mullar A.L. e Bhappu R.B. (1980). *Mineral Processing Plant Design*. Ed/ Society of Mining Engineers of American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc., New York (USA).
- Scoles, G. Pattacini, H. (2012). Innovación de una práctica de laboratorio docente en la asignatura química orgánica. *III Jornadas de Educación Mediada por Tecnología. Sistemas de Educación Abierta y a Distancia (SEADI)*.
- Torres, L. Villareal M. Zapata, P. Rodríguez, J. Colmenares, E. Moreno, S. (2013). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de la química en la educación superior. *Universidad Autónoma de Barcelona, Instituto de Ciencias de la Educación*.

Sínteses curricular dos autores

Pedro Miguel Pelegrín Rodríguez: Engenheiro em Metalúrgica Não Ferrosa e mestrado em Metalurgia Extrativa. Professor universitário.

Josefina Breffe Suárez. Licenciada em Ciências Sociais e mestrado em Meio Ambiente. Professora universitária.

Jonas da Fonseca Silva: Graduou-se de Engenheiro Metalúrgico na ESPLS no ano 2017. Trabalha na Lavaria de Catoca.

Agelino Kahalo Chimichi: Graduou-se de Engenheiro Metalúrgico na ESPLS no ano 2017. Trabalha como funcionário da ESPLS