



Ensino assíncrono por meio de projetos envolvendo simulações: um estudo de caso em Geociências

ASYNCHRONOUS TEACHING BY PROJECTS INVOLVING SIMULATIONS: A STUDY CASE IN GEOSCIENCES

GIOVANA REBELO DIÓRIO¹, MAYARA CORDEIRO BRASIL^{2,3}, BARBARA TRZASKOS⁴

1 - GRADUADA EM GEOLOGIA PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR), CURITIBA, PR, BRASIL.

2 - PROGRAMA DATAMINE UNIVERSIDADES, DATAMINE, BELO HORIZONTE, MG, BRASIL.

3 - GRADUANDA EM GEOLOGIA PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR), CURITIBA, PR, BRASIL.

4 - DOUTORA EM GEOLOGIA EXPLORATÓRIA E PROFESSORA NO DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ (UFPR)

E-MAIL: G.REBELO.D@GMAIL.COM, MAYARABRASILC@GMAIL.COM, BARBARATRZASKOS@GMAIL.COM.

Abstract: The Mineral Prospection and Exploration discipline of the Federal University of Paraná was adapted to be taught remotely to undergraduate students, using projects that encompass its syllabus. The Project I involved the preparation of a mineral exploration proposal in Paraná state, while Project II was based on making an Exploration Report (ER), including geological modeling and cubage in the Studio RM software. At the end, a critical analysis of the teaching's performance and quality was carried out based on the projects' results, the assessment of the subject by students and the opinion of a technician from the National Mining Agency. The students believed the adaptation contributed positively to their technical and professional training and, according to the technician's opinion, 75% of the ER would be approved. The negative points detected, mainly the lack of classroom sections and extrapolation of credits, could be solved with synchronous credits and restructuring Project II.

Resumo: A disciplina Prospecção e Pesquisa Mineral da Universidade Federal do Paraná foi adaptada para ser ministrada aos estudantes em meio remoto, por meio de projetos simulados que englobam sua ementa. O Projeto I envolveu a confecção de proposta para pesquisa mineral no Paraná, enquanto o Projeto II envolveu a confecção de Relatório Final de Pesquisa (RFP), incluindo modelagem geológica e cubagem por meio do *software* Studio RM. Ao fim, uma análise crítica do rendimento e da qualidade do ensino foi realizada com base nos resultados dos projetos, avaliação da disciplina pelos estudantes e parecer de técnico da Agência Nacional de Mineração. Os estudantes acreditaram que a adaptação realizada contribuiu positivamente para as suas formações técnica e profissional e, segundo o parecer técnico, 75% dos RFP seriam aprovados. Os pontos negativos detectados foram principalmente a falta de aulas expositivas e a extrapolção da carga horária, que poderiam ser solucionados com carga horária síncrona presencial e reestruturação do Projeto II.

Citation/Citação: Diório, G. R., Brasil, M. C., & Trzaskos, B. (2022). Ensino assíncrono por meio de projetos envolvendo simulações: um estudo de caso em Geociências. *Terraê Didática*, 18(Publ. Contínua), 1-13, e022003. doi: 10.20396/td.v18i00.8667531.

Keywords: Teaching methodology. Remote teaching. Datamine. Geological modeling.

Palavras-chave: Metodologia de ensino, Ensino Remoto, Datamine, Modelagem geológica.

Manuscript/Manuscrito:

Received/Recebido: 12/11/2021

Revised/Corrigido: 30/11/2021

Accepted/Aceito: 13/01/2022



Introdução

Com a pandemia de Covid-19 e a Portaria MEC 544/2020, aulas remotas foram estendidas e foi autorizado o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Aulas remotas foram implementadas por intermédio do Ensino Remoto Emergencial (ERE) que, diferentemente do Ensino à Distância, busca apenas minimizar os impactos da suspensão das aulas presenciais utilizando ferramentas virtuais. No entanto, apesar da necessidade de adaptação rápida ao meio remoto como alternativa temporária ao ensino presencial, essa mudança pode ser vista como uma possibilidade de ampliar o uso das tecnologias digitais, enriquecer práticas pedagógicas e construir novas formas de ensino-aprendizagem (Rodini et al., 2020, Valente et al., 2020, Firmino et al., 2021). Ainda nesse

Introduction

With the Covid-19 pandemic and MEC 544/2020 Ordinance, remote classes were extended, and it was authorized the use of Digital Technologies of Information and Communication. Remote classes were implemented through Emergency Remote Learning (ERL), which, unlike Distance Learning, seek only to minimize the impacts of classroom sections suspension using virtual means. However, despite this quick temporary adaptation to the remote environment, this can be seen as a possibility to expand the use of digital technologies, enrich pedagogical practices and build new teaching-learning techniques (Rodini et al. 2020, Valente et al. 2020, Firmino et al. 2021). Within this scenario, it is important to remember the need for complementarity between content and contexts (e.g. Figueiredo, 2002), the importance of

cenário, é importante lembrar da importância da complementaridade entre conteúdos e contextos (e.g. Figueiredo, 2002), da avaliação do aprendizado por parte dos alunos (e.g. Rodrigues et al., 2008) e de inovações na forma de se ensinar Geociências (e.g. Rezende & Vieira, 2021).

A disciplina de Prospecção e Pesquisa Mineral é obrigatória no curso de graduação em Geologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), sendo ofertada no 8º período do curso. A disciplina objetiva capacitar o estudante a definir critérios e guias geológicos de depósitos minerais (prospecção mineral) e conduzir análises que determinem a viabilidade técnico-econômica da exploração de uma área mineralizada (pesquisa mineral).

Levando em conta a pandemia de Covid-19 e a necessidade de se modificar as atividades para o meio remoto, a disciplina foi adaptada para ser oferecida de forma assíncrona, ou seja, o controle de frequência da carga horária e as avaliações foram baseadas em trabalhos e exercícios domiciliares, segundo as normativas impostas pela Resolução nº 22/21-CEPE-UFPR, que regulamenta tais atividades. No contexto de ERE, aplicou-se a metodologia de ensino com base no desenvolvimento de projetos avaliativos, envolvendo simulações aplicadas. O objetivo do presente trabalho é expor a metodologia utilizada e avaliá-la de forma crítica levando em conta os resultados dos projetos e o *feedback* dos estudantes que participaram da disciplina e de um geólogo da Agência Nacional de Mineração (ANM).

Metodologia

A carga horária total da disciplina, de 75 horas, foi dividida em 13 semanas letivas, que foram ofertadas no período de 17/05/2021 a 13/08/2021, e corresponderam a 6 horas semanais. Com o formato escolhido, a frequência e avaliação foram fundamentadas em dois projetos: o primeiro projeto de prospecção (Projeto I: 35% da nota final) e o segundo de pesquisa mineral (Projeto II: 65% da nota final), ambos podendo ser realizados em duplas ou individualmente. A comunicação entre docentes e discentes foi feita pela plataforma Moodle-UFPR Virtual, que permitiu o compartilhamento do material didático, vídeo aulas e divulgação das tarefas semanais. As plataformas *RNP Conference Web* e Microsoft Teams foram usadas para o funcionamento de “plantões de dúvidas”. Além do uso desses materiais, também foram disponibilizadas pelo Programa Datamine Universi-

students’ feedback (e.g. Rodrigues et al. 2008) and teaching innovations in Geosciences (e.g. Rezende & Vieira, 2021).

The Mineral Prospection and Exploration is a mandatory subject in the Geology undergraduate bachelor’s degree course at the Federal University of Paraná (Universidade Federal do Paraná - UFPR) and it is offered in its 8th period. Its objective is to enable students to define geological criteria and guides for deposits (mineral prospection) and to conduct analyzes that determine the technical-economic viability of mining mineralized areas (mineral exploration).

Considering the Covid-19 pandemic and activities adapted to remote environments, the subject was offered asynchronously, that is, the frequency control and the evaluations were based on home exercises, according to the regulations imposed by Resolution 22/21-CEPE-UFPR. In this context of ERL, the teaching methodology was based on evaluative projects involving the development of applied simulations. The objective of this paper is to expose and critically evaluate the methodology used, taking into account the results of the projects, as well as the feedbacks from students and from a National Mining Agency (ANM) geologist.

Methodology

The discipline credits of 75 hours were divided into 13 academic weeks, offered from 17/05/2021 to 13/08/2021, totaling 6 hours per week. Considering the chosen format, the frequency and evaluation were based on two projects: first a prospection project (Project I - 35% of the final grade) and second a mineral exploration project (Project II - 65% of the final grade), both of which could be done either in pairs or individually. Communication between professor, teaching assistants and students was done through the Moodle-UFPR Virtual platform, which allowed the sharing of materials, video classes and weekly tasks. The RNP Conference Web and Microsoft Teams platforms were used for office hours. In addition to these materials, academic licenses and training for the Studio RM software, used for geological modeling and cubage, were also made available by the Datamine Universities Program (Programa Datamine Universidades - PDU).

The first project was developed considering the preparation of a mineral prospection project (Fig. 1), in which students were asked to carry out sequential activities. With their results, the students produced

dades (PDU) licenças acadêmicas e treinamento do *software* Studio RM, usado para modelagem geológica e cubagem.

O primeiro projeto foi desenvolvido tendo como tema a elaboração de proposta de prospecção mineral (Fig. 1), tendo sido solicitado aos estudantes que realizassem algumas atividades sequenciais. Com os resultados obtidos os estudantes confeccionaram relatórios de até 15 páginas nos quais indicaram a possíveis investidores áreas com potencial de exploração mineral. No projeto, os alunos pesquisaram sobre oscilações de preço das *commodities*, justificaram a escolha de investimento em um dos metais comercializados na bolsa de metais (Fig. 1), indicaram qual modelo metalogenético e qual unidade geológica no estado do Paraná poderia ser alvo de prospecção, além de quais métodos geofísicos e assinaturas geoquímicas poderiam utilizar para realizar a pesquisa e os custos do investimento.

O Projeto II teve foco na elaboração da pesquisa mineral. A base inicial do projeto veio do curso de *software* Studio RM ofertado pelo PDU. Para a realização do curso, cuja duração foi de 18 horas com carga de 6 horas semanais, foram disponibilizadas licenças temporárias para os estudantes, bem como um banco de dados inicial (dados de sondagem e topografia do curso oferecido pelo PDU). Ao partir da análise do banco de dados, seguiu-se o fluxograma apresentado na Figura 2A para selecionar a área de estudo, adaptando os dados existentes para criar cenário que refletisse à realidade do mercado de trabalho. Tendo apoio nas características do banco de dados do PDU e nos trabalhos de Bizzi et al.

max. 15 pages reports in which they indicated areas with potential for mineral exploration to possible investors. In this project, students researched fluctuations in commodities price, justified the choice of investing in one of the metals traded on the metal exchanges (see Fig. 1), indicated which metallogenetic model and which geological unit in Paraná state could be targeted and what geophysical methods and geochemical signatures they could use to carry out the exploration, and the investment costs.

Project II focused on mineral exploration. The initial project basis came from the PDU Studio RM

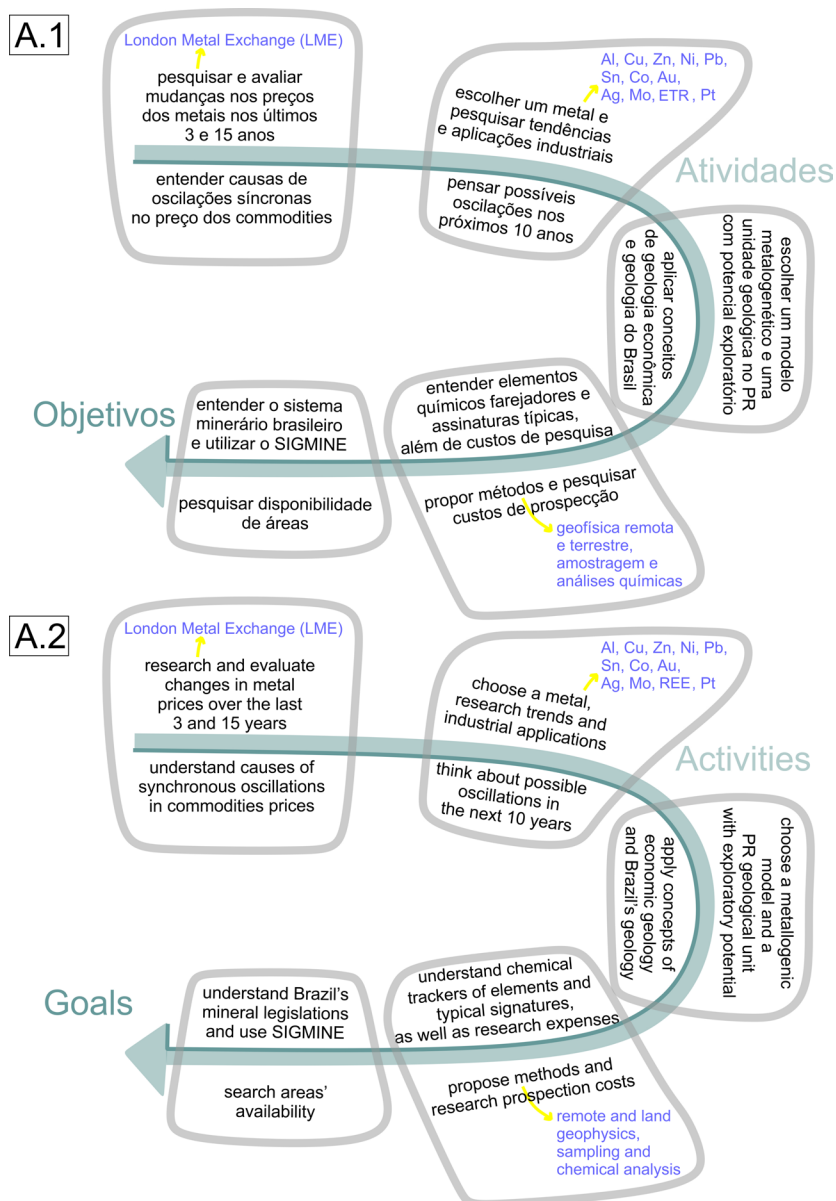


Figura 1. (A.1) Fluxograma das atividades individuais sequenciais do Projeto I e objetivos de cada uma
 Figure 1. (A.2) Flowchart of Project I sequential individual activities and their objectives

(2003), Tavares & Silva (2015) e Berni (2009), a região de Serra Pelada (PA) foi considerada pelas docentes como bom análogo ao banco de dados utilizado, por apresentar mineralizações e litotipos com espessuras similares. As docentes criaram um processo mineral fictício na região (Fig. 2B) que foi enviado aos discentes. Os estudantes receberam também um documento com cenário hipotético de contratação para realizarem o modelo geológico e cubagem, delimitarem recursos e confeccionarem o Relatório Final de Pesquisa (RFP) para areia em metarenitos. Nesse contexto, a turma foi informada que durante a pretérita fase de sondagem que originou o banco de dados fornecido a empresa fictícia descobriu mineralização mais profunda de ouro (Au) e cobre (Cu) em metassiltitos e metabrechas, que deveriam ser comunicadas à ANM. Os alunos receberam uma sugestão de estruturação do relatório e temas que deveriam ser abordados em cada capítulo (Tab. 1). Depois de 2 meses, o RFP foi entregue, avaliado

software training. To carry out the training, totaling 18 hours with a load of 6 hours per week, temporary licenses were made available to students, as well as an initial database (drilling data and topography from the PDU). After analyzing the database, the flowchart shown in Figure 2A was followed to select the study area, adapting the existing data to create a scenario close to the market reality. Based on the characteristics of the PDU database and the work of Bizzi et al. (2003), Tavares & Silva (2015) and Berni (2009), the Serra Pelada (PA) region was considered by the teacher and assistants as a good analogue to the database used, as it presents mineralization and lithotypes with similar thicknesses. The teacher and assistants created a fictitious mineral process in the region (Fig. 2B) that was sent to students. The students also received a document with a hypothetical hiring scenario asking them to carry out the geological modeling and cubage, delimit resources and write an Exploration Report (ER) for sand in meta-sand-

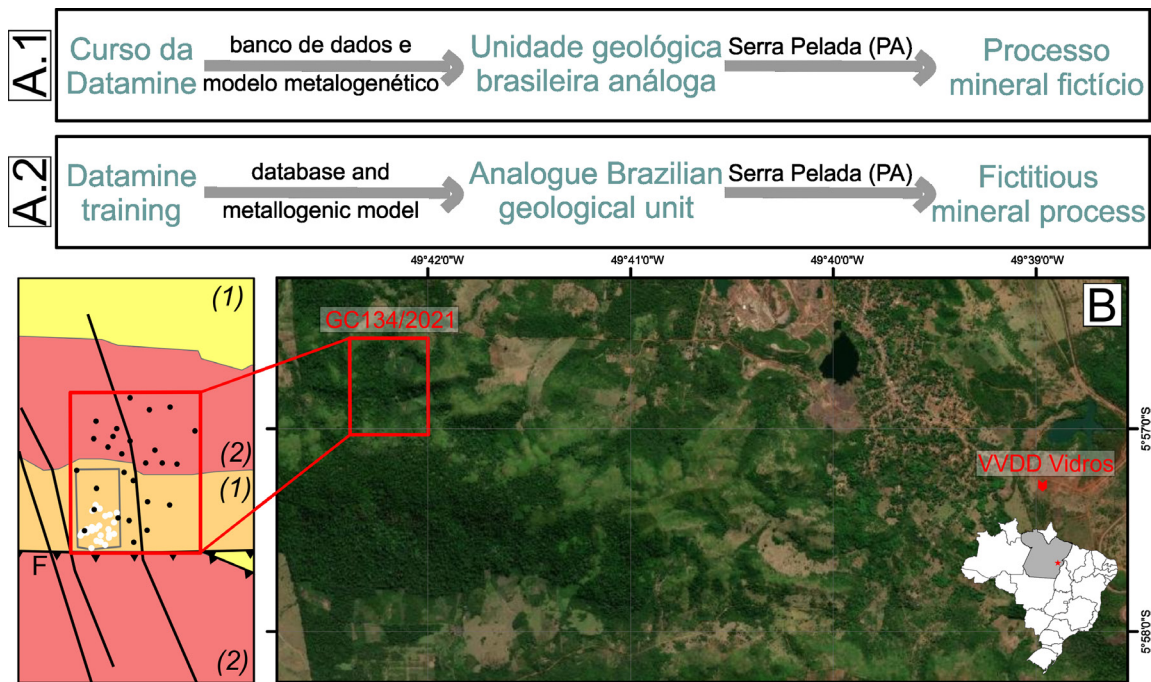


Figura 2. (A.1) Fluxograma para o preparo do projeto II. (B1) Localização da projeto fictício, incluindo a localização do processo (GC134/21) e da empresa (VVDD vidros). Também foi enviado aos estudantes um mapa geológico (Berni, 2009), com ocorrências de metarenitos (1), metassiltitos (2) e falhas (F). Os dados de pesquisa mineral incluíram amostras de superfície (pontos pretos) e furos de sondagem (pontos brancos), sendo os furos provindos do banco de dados do PDU (no qual foram adicionados teores fictícios de SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 em *assay* de metarenitos) e utilizados no curso. A área modelada no *software* Studio RM está em cinza

Figure 2. (A.2) Flowchart for Project II preparation. (B1) Location of the fictitious project, including the location of the process (GC134/21) and the company (VVDD vidros). A geological map (Berni, 2009) was also yielded to students, with occurrences of meta-sandstone (1), meta-siltstone (2) and faults (F). Mineral exploration data included surface samples (black dots) and drillholes (white dots), the second from PDU's database (in which fictitious SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 grades were added into the assay of meta-sandstone) latter used in the training. The area modeled in the Studio RM software is gray

Tabela 1. Sugestão da estruturação e temas abordados em RFP

Table 1. Suggested structuring and topics addressed in an ER. Translation after Freire et al. (2011)

Capítulos / Chapters	Informações e anexos necessários / Required information and attachments	Dados fornecidos / Given data
Introdução / Introduction	Processo, empresa, substância, uso, localização. / Process, company, substance, use, location.	Dados fictícios. / Fictitious data.
Memorial descritivo / Descriptive memorial	Processo, DOU, memorial descritivo. / Process, DOU, descriptive memorial.	Memorial descritivo fictício. / Fictitious descriptive memorial.
Localização / Location	Localização e vias de acesso. / Location and access routes.	Kmz com localização do processo e da fábrica. / Kmz with process and factory locations.
Aspectos gerais / General aspects	Fisiografia; clima, hidrografia, geomorfologia; vegetação; ambiente socioeconômico; infraestrutura; relevo; pedologia. / Physiography; climate; hydrography; geomorphology; vegetation; socioeconomic environment; infrastructure; relief; pedology.	
Geologia regional / Geological context	Resumo das ocorrências geológicas / Summary of known geological occurrences	
Trabalhos de pesquisa realizados / Exploration research	Estudos preliminares e pesquisa de detalhamento, incluindo métodos, localização dos furos, análises químicas, confecção do banco de dados, topografia e parâmetros de modelagem geológica. / Preliminary studies and detailing research, including methods, location of drill holes, chemical analysis, data-base preparation, topography and geological modeling parameters.	Superfície: 27 amostras com teores fictícios e mapa geológico local / Surface: 27 samples with fictitious grades and local geological map Subsuperfície: localização dos furos de sondagem, banco de dados do PDU. / Subsurface: drill holes' location, PDU database.
Cálculo de recursos / Cubagem / Mineral resources calculation / Cubage	Métodos de avaliação, características do depósito (geometria, volume) e resultados (tonelagens e teores médios); Planta de recurso medido, indicado e inferido e perfis dos recursos. / Evaluation methods, deposit's characteristics (geometry, volume) and results (average tonnages and grades); Map and sections showing measured, indicated and inferred resources.	Curso do PDU. / PDU training.
Viabilidade econômica da lavra / Economic feasibility of mining	Características do material e sua aplicação industrial, método de lavra, custo de transporte e o faturamento esperado (estimativa do tempo de vida, baseado na utilização prevista). / Characteristics of the material and its industrial applications, mining methods, expected transport cost and revenue (estimate lifespan, based on expected extraction).	200 ton/mês de areia extraídos por lavra a céu aberto, com bancadas de até 30m. localização da fábrica e transporte por caminhões; Teores de corte. / 200 ton/month of sand extracted in an open pit, with benches up to 30m. Factory location and transport by trucks; Cut-off grades.
Custos da Pesquisa / Research expenses	Perfuração, análise química e trabalhos de geologia. / Drilling, chemical analysis and geology work.	
Considerações finais / Final remarks	Viabilidade da extração da substância; resumo dos trabalhos e os resultados; comunicação da nova substância; método de lavra. / Feasibility of the extraction; summary of work and results; communication of the new substance; mining methods.	

dentro dos parâmetros solicitados e posteriormente revisados por geólogo da ANM.

Ao fim da disciplina, e visando a análise crítica das propostas realizadas, solicitou-se a avaliação da matéria pelos estudantes e os resultados do Projeto II foram enviados ao geólogo José Augusto Simões Neto, da ANM/PR que realizou a análise técnica dos relatórios. Os *feedbacks* passaram por análise qualitativa, uma vez que foram comparados dados de diversas fontes (parecer do técnico da ANM, respostas presentes na avaliação de cursos da UFPR e formulários anônimos de avaliação enviados à turma).

Resultados dos projetos

Relatórios

Ambos os projetos tiveram como resultados os relatórios entregues pelos estudantes. Durante a execução do Projeto I, as equipes puderam escolher um dos metais negociados na *London Metal Exchange* e definir o modelo metalogenético a ser trabalhado, o que resultou em múltiplos relatórios, cada um específico para o metal de escolha. No decorrer do desenvolvimento do Projeto II os estudantes puderam compreender como são tratados e interpretados dados similares aos de um projeto de pesquisa mineral e quais são os principais parâmetros avaliados pela ANM. Resultados dos projetos podem ser visualizados na Figura Suplementar 1, na qual ilustram-se capas, figuras, tabelas, quadros, fluxogramas e anexos de alguns dos relatórios.

Houve doze relatórios do Projeto I, sendo sete individuais e cinco realizados em duplas. Considerando o limite de 15 páginas, 10 (83%) conseguiram respeitá-lo. O metal mais escolhido foi o Cu (33,3%), seguido pelo Zinco (Zn, 25%) e Au (16,7%), escolhidos pelas justificativas de seus usos industriais consolidados (Cu, Zn), suas múltiplas utilizações (Cu, Zn, Au), a estabilidade de preços (Zn), o aumento da demanda e empregabilidade (Cu, Au), a comum associação com outros metais (Zn) e a necessidade da autossuficiência brasileira (Cu). Nos demais relatórios (25%), foram escolhidos os Elementos Terras Raras (ETR), o Alumínio (Al), e o Molibdênio (Mo), escolhidos pelos seus usos em veículos elétricos ou substituindo condutores (Cu, Zn, Al) e empregabilidade crescente com o crescimento tecnológico (Cu, Au, Mo e ETR). Quanto a unidade geológica alvo de prospecção, 75% dos relatórios escolheram alvos nas rochas

stones. In this context, the class was informed that during the previous drilling phase that originated the database provided, the fictitious company discovered deeper mineralization of gold (Au) and copper (Cu) in meta-siltstone and meta-breccias, which should be communicated to the ANM. Students received a suggestion for structuring the report and themes that should be addressed in each chapter (Table 1). After 2 months, the ER was submitted, evaluated within the requested parameters, and later analyzed by an ANM geologist.

At the end of the subject and aiming at a critical analysis of the methodology, an assessment was requested of students and the results of Project II were sent to geologist José Augusto Simões Neto, from ANM/PR, who carried out a technical analysis of the reports. These feedbacks were analyzed qualitatively, as data from different sources were compared (ANM technician's opinion, answers present at UFPR's courses evaluation and anonymous evaluation forms sent to the class).

Project results

Reports

The results from both projects were student's reports. During the execution of Project I, the groups were able to choose one of the metals traded on the London Metal Exchange and define the metallogenetic model they would work with, which resulted in multiple reports, each specific for the metal of choice. During the development of Project II, students were able to understand how to treat and interpret data similar to those of a mineral exploration project and what are the main parameters evaluated by the ANM. Project's results can be seen in Supplementary Figure 1, which illustrates covers, figures, tables, charts, flowcharts and attachments of some reports.

There were twelve Project I reports, seven individual and five in pairs. Considering the 15-page limit, 10 (83%) managed to respect it. The most chosen metal was Cu (33.3%), followed by Zinc (Zn, 25%) and Au (16.7%), chosen because of their consolidated industrial uses (Cu, Zn), their multiple uses (Cu, Zn, Au), price stability (Zn), increased demand and employability (Cu, Au), common association with other metals (Zn) and the need for Brazilian self-sufficiency (Cu). In the other reports (25%), Rare Earth Elements (REE),

pré-cambrianas que compõem o Primeiro Planalto Paranaense (embasamento da Bacia do Paraná), 16,7% focaram nas rochas do Grupo Serra Geral do Terceiro Planalto Paranaense (todos voltados para prospecção de Cu) e 8,3% em unidades fora do Estado do Paraná. Em nove relatórios propuseram-se métodos de prospecção geofísica terrestre como eletrorresistividade, polarização induzida e gravimetria e em seis relatórios recomendaram-se métodos geofísicos aéreos, tais como magnetometria, gamaespectrometria e sensoriamento remoto com bandas espectrais, inclusive sugerindo a utilização de dados disponíveis gratuitamente. Em relação aos levantamentos geoquímicos, as equipes propuseram diversos métodos de amostragem (como sedimentos de corrente, concentrado de bateia, solo obtido por trado manual e rochas obtidas em sondagem rotativa) e onze relatórios sugeriram análises químicas (como espectrometria de emissão atômica, espectrometria de massa, espectroscopia de absorção atômica e fluorescência de raios-X), sendo que apenas em um relatório foi sugerido a petrografia. Por fim, 66,7% propuseram áreas específicas disponíveis para realizar a pesquisa, 25% propuseram regiões e indicaram áreas que não estão disponíveis e 8,3% propuseram uma área já requerida para compra.

Nove relatórios foram entregues no Projeto II, sendo sete realizados em dupla e dois individuais. Todos os estudantes receberam o mesmo banco de dados, cenário hipotético, curso do PDU, sugestão de estruturação do relatório e utilizaram como método de estimativa o Inverso do Quadrado da Distância (IQD), porém houve diferenças significativas em cada um dos relatórios elaborado por cada equipe em relação aos recursos finais, custos de pesquisa e formatação final dos relatórios (ver Fig. Suplementar 1). Os resultados da cubagem indicaram recursos minerais na ordem de 2 milhões de toneladas, contudo houve resultados discrepantes em alguns relatórios, com valores de 1 milhão, 5 milhões, 9 milhões e 22 milhões de toneladas. Essas heterogeneidades ocorreram porque algumas equipes optaram por restringir e cubar apenas a camada de areia com teor dentro do especificado, enquanto outras optaram por avaliar todas as *zones* juntas. Algumas duplas consideraram os recursos medidos e indicados e outras apresentaram erros em notações científicas e casas decimais. Em relação aos custos de pesquisa, três *trends* principais foram identificados: 66,7% abaixo de R\$ 1.000.000 (com valores entre R\$ 225.520 e R\$ 995.789);

Aluminum (Al), and Molybdenum (Mo) were chosen for their use in electric vehicles or replacing conductors (Cu, Zn, Al) and new employability with technological growth (Cu, Au, Mo and REE). As for the targeted geological unit, 75% of the reports chose the Pre-Cambrian rocks of the First Plateau of Paraná (basement for the Paraná Basin), 16.7% focused the Serra Geral Group of the Third Plateau of Paraná (all aimed Cu prospection) and 8.3% on units outside the Paraná state. In nine reports methods of terrestrial geophysical prospection were proposed, such as resistivity, induced polarization and gravimetry, and in six reports aerial geophysical methods were recommended, such as magnetometry, gamma spectrometry and remote sensing with spectral bands, even suggesting the use of freely available data. Regarding geochemistry, groups proposed several sampling methods (such as active stream sediments, panning, soil obtained by manual auger and rocks obtained by rotary drilling) and eleven reports suggested chemical analyzes (such as atomic emission spectrometry, mass spectrometry, atomic absorption spectroscopy and X-ray fluorescence), and only one report suggested petrography. Finally, 66.7% proposed specific areas available to carry out the exploration, 25% proposed regions and indicated areas that are not available, and 8.3% proposed an area for purchase.

Nine reports were delivered in Project II, seven carried out in pairs and two individually. All students received the same database, hypothetical scenario, PDU training, report structuring suggestion and used the Inverse Square of Distance as estimation method, but there were significant differences in each group report regarding final resources, research costs and final formatting (see Supplementary Fig. 1). The cubage results indicated mineral resources in the order of 2 million tons, however there were discrepant results in some reports, with values of 1 million, 5 million, 9 million and 22 million tons. These heterogeneities occurred because some groups chose to restrict and evaluate only the sand layer with grades within the specified range, while others chose to evaluate different zones altogether. Some considered only the measured and indicated resources and others had errors in scientific notation and decimal places. In relation to exploration costs, three main trends were identified: 66.7% below R\$1,000,000 (with values between R\$ 225,520 and R\$ 995,789); 22.2% close to R\$ 3,500,000; and 11.1% above R\$ 5,600,000. The lowest values considered only

22,2% próximos a R\$ 3.500.000; e 11,1% acima de R\$ 5.600.000. Os valores mais baixos levaram em conta apenas estimativas aproximadas de custos de sondagem, análises químicas e hora técnica, enquanto os mais elevados consideram aluguel de equipamentos, diárias de campo, análises por sensoriamento remoto, requerimentos minerais, sondagens com recuperação, análises químicas e petrográficas específicas e diferentes valores de hora técnica para diferentes funções.

Avaliações

A consulta aos alunos, feita em formulário *online*, revelou que a turma teve *feedback* positivo sobre o desenvolvimento do Projeto I, principalmente por focar na descrição da oscilação dos preços dos metais e na pesquisa das *commodities* e em suas aplicações na indústria. Os pontos de melhoria sugeridos envolveram maior detalhamento sobre a estrutura (formatação) final esperada e em relação aos custos e técnicas analíticas, desde revisar conceitos a especificar a relação entre o preço final investido com o tamanho final da área pesquisada.

De forma geral, houve 67% de respostas positivas por parte dos estudantes relativas ao Projeto II, indicando que “*foi de longe uma experiência muito mais enriquecedora que apenas aulas expositivas*”; que ficaram “*contentes com o resultado final*”; que conseguiram entender a forma profissional de se executar uma pesquisa mineral; e que puderam experimentar, praticar e entender como funciona o processo de realização de um relatório de pesquisa mineral, incluindo o processamento dos dados em *softwares* atualizados. Os alunos que não gostaram da proposta (33%) acharam o projeto complexo, sentiram falta de aulas expositivas, gostariam de prazo maior da licença para o *software* e acreditaram que o formato exigiu muito tempo para a sua conclusão.

Os estudantes não tiveram dificuldade para utilizar o *software* disponibilizado pela parceria entre o PDU e a UFPR em seus computadores pessoais durante o curso de Studio RM e consideraram o aprendizado satisfatório, sendo a qualidade do mesmo não prejudicada pela realização do curso de forma remota. Em relação à integração do conteúdo do curso com a disciplina, os alunos deram média de 7,5/10, mas gostariam de ter acesso ao programa por mais tempo para conseguirem revisar e gerar mais produtos para terminar o RFP.

O técnico da ANM enviou parecer geral e análise dos nove relatórios elaborados, com elogios a

approximate estimates of drilling costs, chemical analysis and working hours, while the highest considered equipment rental, field works, remote sensing analysis, legal mineral fees, drilling with recovery, chemical and petrographic analysis, and different working hours values for different functions.

Assessments

Students' consultation, carried out on an online form, revealed that the class had positive feedback on the development of Project I, mainly because it focused on describing the fluctuation in metal prices and on researching commodities and their industrial applications. The points for improvement involved greater detailing about the report's structure (formatting) and in relation to costs and analytical techniques, going from reviewing concepts to specifying the relationship between the final investment price with the size of the area.

Overall, there were 67% positive responses from students regarding Project II, indicating that “*it was by far a much more enriching experience than just classroom sections*”; that they were “*happy with the final result*”; that they managed to understand the professional way of carrying out mineral exploration; and that they could experience, practice, and understand how to produce an ER, including data processing in a software. Students who did not like the proposal (33%) found the project complex, would like to have more classes (i.e. in person classroom sections), would like a longer license period for the software and believed that this format required too much time to be completed.

As for the Studio RM training, students had no difficulty using the software on their personal computers and considered the learning satisfactory, and its quality was not impaired by taking the training remotely. Regarding the integration of training content with the subject, students gave it an average of 7.5/10, and would like to have access to the software for a longer time to be able to review and generate more products to finish the ER.

The ANM technician sent a general opinion and analysis of all nine reports. He complimented all ER, noting that the reports met the ANM requirements. From a technical point of view, 75% of the reports would be directly approved and the others would need specific changes, such as: presentation of appropriate maps scales; indication of methods and sources of remote sensing and topog-

todos os RFP, ressaltando que os relatórios cumpriram as exigências da ANM. Do ponto de vista técnico, 75% dos relatórios seriam diretamente aprovados e os demais necessitariam de alterações pontuais, tais como: apresentação de escalas adequadas nos mapas; indicação dos métodos e fontes de sensoriamento remoto e topografia; indicação do método de estimativa de minério utilizado; e/ou aprofundamento no estudo de viabilidade financeira. O profissional também sugeriu orientações para a vida profissional, referentes às escalas na representatividade de mapas geológicos; à necessidade de compreensão e de exposição clara do método de estimativa e no cuidado da conversão entre representações numéricas diferentes, em especial no que diz respeito a separadores decimais e a notação científica.

Discussão da experiência na disciplina

Levando em consideração os resultados dos projetos e os *feedbacks* recebidos, o desenvolvimento da disciplina por projetos foi considerado benéfico por simular um cenário próximo ao da realidade profissional. Ao levantarem custos de pesquisa e princípios legais de processos minerais, os estudantes entenderam as bases legais fundamentais e valores envolvidos em pesquisas minerais. Eles também desenvolveram senso crítico e criativo (principalmente em questões de *layout* e exposição de dados) e tiveram que simplificar a forma de exposição de temas técnicos ao explicá-los de forma direta e aplicada. Outro ponto positivo da experiência foi a confecção dos relatórios, nos quais foram adicionadas seções como resumo executivo e considerações sobre a legislação mineral no Brasil.

Em relação à disciplina, os estudantes relataram que o conteúdo e a abordagem de ensino adotada contribuíram para seu conhecimento técnico e profissional, além de ter sido importante na trajetória acadêmica. Ficaram também satisfeitos com o foco na elaboração de relatórios técnicos. Apontaram que *“diferente de aulas expositivas, onde o rendimento e absorção do conteúdo é muito limitado, a realização de exercícios práticos ajuda muito mais no entendimento do conteúdo e na interconexão das ideias”* e que os projetos *“desmistificam o medo e a complexidade muitas vezes rotulados para a área da mineração”*.

Aqueles que acharam a experiência negativa justificaram dessa forma ou com o fato de que os projetos acabaram tomando mais tempo que o previsto na carga horária ou que a falta de aulas

raphy; indication of the ore estimation method used; and/or deepening the financial feasibility study. The professional also suggested professional guidelines, referring to the representativeness of scales in geological maps, the importance of understanding and clarifying the estimation method, and the care needed in the conversion between different numerical representations, especially regarding decimal separators and scientific notation.

Discussion of the experience

Considering the results of the projects and the received feedback, the development of the subject by projects was considered beneficial as it simulated a scenario close to professional reality. By thinking about exploration costs and mineral processes' legal bases, students were able to understand the fundamental legal and financial bases involved in mineral exploration. They also developed critical and creative sense (mainly regarding layout and data exposure) and had to simplify technical topics by directly and diligently explaining them. Another positive point of the experience were the reports themselves, in which students added sections such as executive summary and considerations on Brazil's mineral legislation.

Regarding the subject, students reported that the content and teaching approach adopted contributed to their technical and professional knowledge, in addition to being important in their academic trajectory. They were also satisfied with the focus on drafting technical reports. They pointed out that *“unlike classroom sections, where the performance and absorption of the content is very limited, practical exercises help much more in understanding the content and in interconnecting ideas”* and that projects *“demystify fear and complexity often labeled in mining”*.

Those who found the experience negative justified this either with the fact that projects took more time than expected in its credits or that the lack of synchronous classes was harmful. These students pointed out that the activities (especially Project II) would be better developed during in person classes, as this would make it easier to clarify questions and would provide a greater ease of communication. Thus, they suggested classroom sections at the beginning of the subject, addressing theoretical basis and explaining how the activities will be carried out, and weekly office hours of minimum 2 hours in which the projects would be addressed.

síncronas foi prejudicial. Esses alunos apontaram que as atividades (em especial o Projeto II) seriam mais bem desenvolvidas na forma presencial, pois assim seria mais fácil de esclarecer dúvidas pontuais e teriam maior facilidade de comunicação. Sugeriram, também, a inserção de aulas expositivas no início da disciplina, abordando a base teórica e explicando como as atividades serão desenvolvidas, e carga horária semanal mínima de 2 horas, nas quais seriam abordados os trabalhos.

Em formulário *online*, com opções de múltipla escolha, quando perguntados se a experiência cumpriu com os objetivos da ementa da matéria, todos concordaram que os objetivos foram contemplados e os principais itens por eles destacados foram: saber como elaborar um relatório de pesquisa; conhecer os critérios e os guias geológicos na atividade de prospecção mineral; conduzir as atividades de pesquisa mineral; e realizar a cubagem e análise de viabilidade técnico-econômica de jazidas. Quando perguntados sobre quais as habilidades desenvolvidas com a adaptação da matéria na forma de trabalhos, a maioria dos alunos apontou: a confecção de relatórios técnicos; a modelagem geológica; a cubagem; e o geoprocessamento aplicado. De fato, tais características juntamente com noções de empreendedorismo, de custos de pesquisa, de vendas, assim como a manifestação de pensamento criativo na criação de designs e na escolha do modelo do relatório puderam ser vistas nos relatórios entregues (ver Fig. Suplementar 1).

Com base nas avaliações recebidas e o retorno das aulas no modo híbrido, a disciplina pode ser melhorada com o desenvolvimento de carga presencial maior no começo dos projetos (incluindo revisão de conceitos) e menor durante o desenvolvimento dos mesmos (Fig. 3).

Do ponto de vista da continuidade da metodologia aplicada, o Projeto I necessita de poucas mudanças. Dentre os pontos negativos listados pelos estudantes, a formatação do texto flexível foi considerada benéfica (ver Fig. Suplementar 1), enquanto o principal ponto a ser melhorado seria em relação as orientações quanto aos custos e técnicas analíticas. Considerando a tentativa de aproximar a turma da realidade prática, uma possibilidade seria a realização de parcerias com empresas de análises químicas e levantamentos geofísicos, de forma que os estudantes tivessem contato com a rotina analítica que envolve a pesquisa mineral. Por fim, a grande variedade de minerais metálicos que podem ser escolhidos (ver Fig. 1) faz com que

In an online form, with multiple choice options, when asked if the experience met the objectives of the subject's syllabus, all agreed that the objectives were met and the main highlighted items were: knowing how to prepare an ER; knowing the geological criteria and guides in the mineral prospection; conducting mineral exploration activities; and carrying out the cubage and technical-economic feasibility analysis of deposits. When asked about the skills developed by adapting the subject as projects, most students pointed out: the preparation of technical reports; geological modeling; cubage; and applied geoprocessing. In fact, such characteristics as well as notions of entrepreneurship, costs, sales, and expression of creative thinking in creating designs and choosing report models could be seen in the final reports (see Supplementary Fig. 1).

Based on the evaluations received and classes' return in hybrid mode, the subject can be improved by developing a higher synchronous credit at the beginning of the projects (including a review of concepts) and a lower one during their development (Fig. 3).

In view of the continuity of the applied methodology, Project I needs few changes. Among the negative points listed by students, the flexible text formatting was considered beneficial (see Supplementary Fig. 1), and the main point to be improved would be in terms of costs and analytical techniques. Considering the attempt to bring the class closer to the practical reality, one possibility would be to establish partnerships with chemical analysis and geophysical companies, so that students have contact with the analytical routine that involves mineral exploration. Finally, the wide variety of metallic minerals that can be chosen (see Fig. 1) makes the project easily maintained between classes, since it does not have a unique expected result.

Project II should be adapted and simplified, either with an increase in synchronous classroom sections and office hours or simplifying the database. Besides the PDU training was important to students' growth and the database used was relatively simple, the fact that the class needed to learn a new software required their effort and dedication, often extrapolating the initially proposed credits. Thus, one way to simplify Project II would be for groups to develop their own databases from the beginning of the project. It would be possible to use samples and/or drill-

o projeto seja facilmente mantido entre turmas, uma vez que não possui um único resultado esperado.

O Projeto II precisaria ser adaptado e simplificado, seja com aumento de carga horária das aulas expositivas e plantões para solução de dúvidas, seja com a simplificação do banco de dados da pesquisa. Por mais que o curso disponibilizado pelo PDU tenha sido importante no crescimento dos estudantes e o banco de dados utilizado tenha sido de execução relativamente simples, o fato de a turma precisar aprender um novo *software* exigiu esforço e dedicação dos mesmos, muitas vezes extrapolando a carga horária inicialmente proposta. Deste modo, uma forma de simplificar o Projeto II seria que as equipes desenvolvessem seus próprios bancos de dados, desde o início do projeto. Seria possível usar amostras e/ou furos de sondagem descritos pela turma, criando um banco de dados simplificado. Com isso, quando os estudantes chegassem na fase de modelagem geológica, estimativa de teores e cubagem já teriam mais familiaridade com a jazida, o que pode auxiliar e estimular o processo de aprendizagem de uso do *software*. Além disso, outros métodos de cubagem e estimativa de teores poderiam ser apresentados durante a disciplina, de forma a reforçar o caráter optativo do curso do PDU. A utilização de bancos de dados desenvolvidos pelos alunos para o Projeto II pode, inclusive, trazer resultados mais diversificado entre as turmas.

Considerações Finais

A adaptação da matéria Prospecção e Pesquisa Mineral para modo assíncrono por meio de atividades simuladas aplicadas a cenários reais foi, de forma geral, satisfatória. Além de esclarecer os principais objetivos e o conteúdo da ementa, a realização dos projetos permitiu o desenvolvimento de outras atividades essenciais para aprimoramento técnico e profissional dos estudantes.

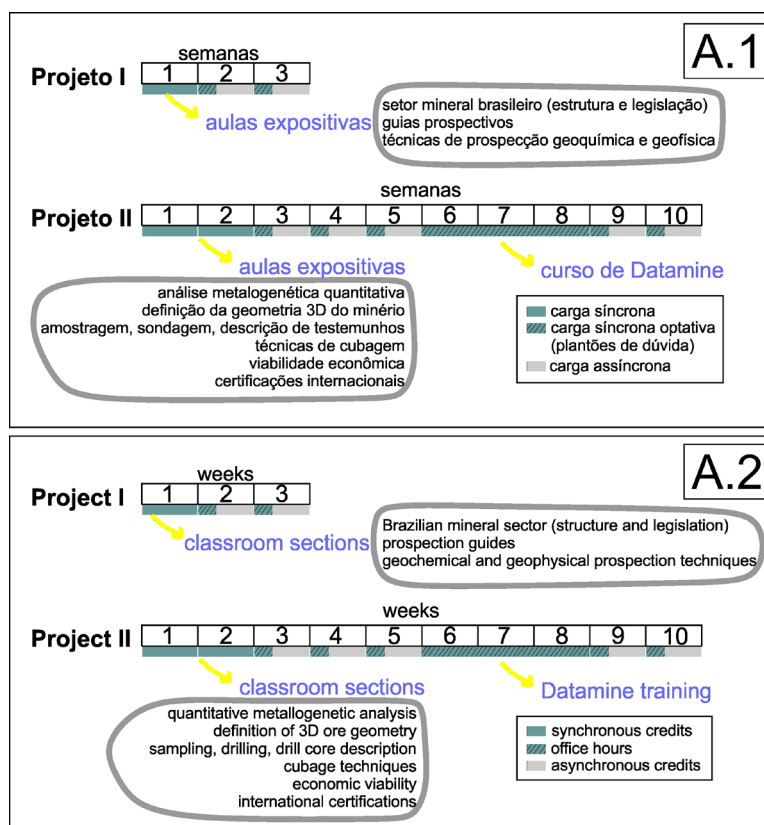


Figura 3. (A.1) Proposta de adaptação da carga horária da disciplina para inclusão de aulas síncronas

Figure 3. (A.3) Proposed adaptation of credit hours to include synchronous classes

holes described by the class, creating a simplified database. With this, when students reached the geological modeling phase, grade estimation and cubage, they would already be more familiar with the deposit, which can help and stimulate the process of learning to use the software. In addition, other cubage and grade estimation methods could be presented during the subject, to reinforce the optional character of the PDU training. The use of databases developed by students for Project II can even bring more diversified results among classes.

Final Remarks

The adaptation of the Mineral Prospection and Exploration subject to asynchronous mode through simulated activities applied to real scenarios was, in general, satisfactory. In addition to transmitting the main objectives and content of the subject's syllabus, carrying out these projects allowed students to develop other activities essential for their technical and professional improvement.

A utilização da metodologia de desenvolvimento de projetos aplicados como forma de ensino-aprendizagem pode ser uma tendência para a área das Geociências, porque torna mais interessantes e estimulantes as disciplinas de conteúdo predominantemente prático, especialmente as ministradas no final do curso de graduação. Ao invés de aulas puramente expositivas, ao vincular a ementa a projetos aplicados, os alunos têm a possibilidade de 1) aprofundar e aplicar os conhecimentos até então adquiridos; 2) entender a rotina profissional envolvida em determinada área; e 3) exercer pensamento crítico e aprendizagem ativa.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Programa Datamine Universidades (PDU) pela disponibilização de licenças e treinamento; à Coordenação de Atividades Formativas e Estágios da Pró-Reitoria de Graduação (COAFE/Prograd) pela bolsa de monitoria sob Processo nº 23075.020175/2021-06; ao geólogo José Augusto Simões Neto pelo parecer sobre os resultados do Projeto II; e principalmente aos 17 estudantes que participaram da disciplina, aos que avaliaram e aos que permitiram o uso de seus relatórios na Figura Suplementar 1: Amanda Cristine Colasso, Camila Martins de Oliveira, Gabriela Borges Velásquez, Guilherme Machado do Valle, Luiz Henrique Jorge Ribeiro, Maciel Gabriel Rudnick, Malton Carvalho Fraga, Marcella Luiza Cavallari, Marcelo Ferreira Lopes Vega, Nicole Calil Silva, Nicolle Hauari, Rafael Jun Nicio, Rafaela Larissa da Cunha Rocha e V.M.R.

Referências / References

Berni, G. V. (2009). *Geologia e alteração hidrotermal do depósito de Au-PGE de Serra Pelada, Curionópolis, Pará*. Belo Horizonte, MG, Dissertação (Mestrado em Geologia Econômica e Aplicada), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. 149p.

Bizzi, L. A., Schobbenhaus, C., Gonçalves, J. H., Baars, F. J., Delgado, I. D. M., Abram, M. B., Leão Neto, R., Matos, G. M. M., & Santos, J. O. S. (2003). *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM. 643p.

Brasil. MEC. (2020). *Portaria nº 544, de 16 de junho de 2020. Dispõe sobre a substituição das aulas presenciais por aulas em meios digitais, enquanto durar a situação de pandemia do novo coronavírus - Covid-19, e revoga as Portarias MEC nº 343, de 17 de março de 2020, nº 345, de 19 de março de 2020, e nº 473, de 12 de maio de 2020*. Brasília: MEC. URL: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-544-de-16-de-junho-de-2020-261924872>. Acesso 24.12.2021.

Developing applied projects as a methodology of teaching-learning may be a trend for the Geosciences area that makes subjects with predominantly practical content, especially those taught at the end of the undergraduate courses, more interesting and stimulating. Instead of only classroom sections, by linking the syllabus to applied projects students can 1) deepen and apply the knowledge so far acquired; 2) understand the professional routine involved in a certain area; and 3) exercise critical thinking and active learning.

Acknowledgements

The authors thank the Datamine Universities Program (PDU) for providing licenses and training; the Coordenação de Atividades Formativas e Estágios da Pró-Reitoria de Graduação (Coafe/Prograd) for the teaching assistant scholarship under Process nº. 23075.020175/2021-06; to geologist José Augusto Simões Neto for his opinion on the results of Project II; and especially to the 17 students enrolled in the subject, those who assessed it and those who allowed the use of their reports in the Supplementary Figure 1: Amanda Cristine Colasso, Camila Martins de Oliveira, Gabriela Borges Velásquez, Guilherme Machado do Valle, Luiz Henrique Jorge Ribeiro, Maciel Gabriel Rudnick, Malton Carvalho Fraga, Marcella Luiza Cavallari, Marcelo Ferreira Lopes Vega, Nicole Calil Silva, Nicolle Hauari, Rafael Jun Nicio, Rafaela Larissa da Cunha Rocha and V.M.R.

Figueiredo, A. D. (2002). *Redes e educação: a surpreendente riqueza de um conceito*. In: Conselho Nacional de Educação (2002). *Redes de aprendizagem, Redes de Conhecimento*. Lisboa: Conselho Nacional de Educação, Ministério da Educação. URL: https://www.researchgate.net/profile/Antonio-Dias-De-Figueiredo/publication/258240987_Redes_de_Educacao_A_Surpreendente_Riqueza_de_um_Conceito/links/0a85e53a987d001cd5000000/Redes-de-Educacao-A-Surpreendente-Riqueza-de-um-Conceito.pdf. Acesso 03.10.2021.

Firmino, N. C. S., Firmino, D. F., Leite, L. R., & Martins, E. S. (2021). Os saberes docentes no ensino remoto emergencial. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, 7(21), 291-307. doi: 10.21920/recei72021721291307.

Freire, W., Lara, D., Freire, M. C., Johnson, R., & Matos, T. (2011). *Dicionário de Direito Minerário / Mining Law Dictionary*. 3 ed. Belo Horizonte: Jurídica Ed. 476p.

Rezende, L. C. de, & Vieira, A. C. B. (2021). Google

-
- Maps: Google Maps como ferramenta de ensino de Geociências. *Terræ Didática*, 17(Publ. Contínua), e021003. doi: 10.20396/td.v17i00.8661509.
- Rodrigues, L. C. P., Anjos, M. B., & Rôças, G. (2008). Pedagogia de projetos: resultados de uma experiência. *Ciências & Cognição*, 13(1), 65-71.
- Rondini, C. A., Pedro, K. M., & Duarte, C. S. (2020). Pandemia do Covid-19 e o ensino remoto emergencial: Mudanças na práxis docente. *Interfaces Científicas. Educação*, 10(1), 41-57. doi: 10.17564/2316-3828.2020v10n1p41-57
- Tavares, F.M., & Silva, C.M.G. (2015). *Carta Geológica Serra Pelada. Estado do Pará [mapa] 1:100.000. Folha SB.22-X-C-VI*. Programa Geologia do Brasil (PGB). Belém: SGB/CPRM. URL: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/17758>. Acesso 05.05.2021.
- Universidade Federal do Paraná. CEPE. (2021). *Resolução nº 22/21, de 07 de abril de 2021. Regulamenta as atividades de ensino dos cursos de educação superior, profissional e tecnológica da UFPR, no contexto das medidas de enfrentamento da pandemia de Covid-19 no País*. Curitiba: UFPR. URL: <http://www.soc.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2021/09/Res.-22-21-CEPE-alterada-pelas-Resolu%C3%A7%C3%B5es-n%C2%BA-34-21-CEPE-e-n%C2%BA-56-21-CEPE.pdf>. Acesso 24.04.2021.
- Valente, G. S. C., Moraes, É. B. de, Sanchez, M. C. O., Souza, D. F. de, & Pacheco, M. C. M. D. (2020). Remote teaching in the face of the demands of the pandemic context: reflections on teaching practice. *Research, Society and Development*, 9(9), e843998153. doi: 10.33448/rsd-v9i9.8153.