

Um Caso de Integração de Ensino Campo-Laboratório Utilizando o Programa Caminhos Geológicos do DRM/RJ

Antonio Carlos Rodrigues Guimarães
Professor, IME, Rio de Janeiro, Brasil, guimaraes@ime.eb.br

Carmen Dias Castro
Professora, PUC-Rio, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO: O Programa Caminhos Geológicos do Departamento de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro disponibiliza informações detalhadas, e em linguagem acessível para variadas formações, de pontos de interesse geológico, ou arqueológico e paleontológico, ao longo do estado. São disponibilizadas informações em *sites* da internet, bem como em placas fixadas nos locais. Tais informações consistem na descrição do arcabouço geológico regional, incluindo datação e mineralogia das rochas e sedimentos existentes, com foco nos processos geológicos predominantes. Utilizando tal como programa como base foi possível desenvolver uma sequência de atividades de campo com alunos de graduação e pós-graduação em engenharia civil, ampliando o contexto do programa incluindo aspectos de interesse geotécnico, tal como a identificação do processo de intemperismo e a caracterização geotécnica preliminar dos materiais coletados, sendo possível enfatizar a influência dos processos geológicos nas obras geotécnicas em geral. Posteriormente ao trabalho de campo, as amostras de solos e rochas coletadas no campo são submetidas a ensaios de caracterização geotécnica e identificação da mineralogia, pelas técnicas de difração de raios-X, ensinando esta importante técnica para os alunos. No presente trabalho são apresentados resultados da análise de dois pontos de interesse geológico localizado na região dos Lagos, no Rio de Janeiro, nos quais são especificados os aspectos geológicos-geotécnicos identificados, bem como os ensaios executados nas amostras coletadas.

PALAVRAS-CHAVE: Geologia, ensaios de campo, ensaios de laboratório, solos, rochas, Engenharia Civil.

ABSTRACT: The Geological Paths Program of the Department of Mineral Resources of the State of Rio de Janeiro provides detailed information, in accessible language, for a variety of backgrounds, on points of geological, or archaeological and paleontological interest, throughout the state. Information is made available on websites, as well as on plaques attached to the sites. This information consists of a description of the regional geological framework, including dating and mineralogy of the existing rocks and sediments, with a focus on the predominant geological processes. Using this program as a basis, it was possible to develop a sequence of field activities with undergraduate and graduate students in civil engineering, expanding the context of the program to include aspects of geotechnical interest, such as the identification of the weathering process and the preliminary geotechnical characterization of the collected materials, making it possible to emphasize the influence of geological processes on geotechnical works in general. After field work, the soil and rock samples collected in the field are subjected to geotechnical characterization tests and mineralogy identification, using X-ray diffraction techniques, teaching this important technique to students. This paper presents results of the analysis of two points of geological interest located in the Lagos region, in Rio de Janeiro, specifying the geological-geotechnical aspects identified, as well as the tests carried out on the samples collected.

KEYWORDS: Geology, field tests, laboratory tests, soils, rocks, Civil Engineering.

1 INTRODUÇÃO

Os cursos de geociências em geral utilizam variados trabalhos de campo para fins didáticos, contribuindo para a interação do estudante com meio ambiente no qual desenvolverá muitas de suas pesquisas. Na área de

engenharia civil, porém, apesar da inegável associação das obras com o meio físico em si, os trabalhos práticos estão normalmente associados a estágios nas construções.

Por outro lado, disciplinas de Geologia Geral, ou correlatas, as quais constituem parte obrigatória dos currículos de graduação em engenharia civil, podem se tornar um importante fator para o aumento da familiaridade do graduando com o meio ambiente, no sentido de meio físico.

Há vários itens que compõem o conteúdo desta disciplina, mas sua essência reside no conhecimento dos processos geológicos, endógenos ou exógenos, os quais podem influenciar o comportamento de obras de engenharia.

Um exemplo típico deste tipo de influência é a ação da deriva litorânea ao longo da linha de costa, parte essencial do processo marinho, resultando ora em ambientes erosivos, ora em ambientes sedimentares, sendo que ambos podem estar associados a obras como molhes e berços de atracação.

Neste contexto foi descrito no presente trabalho uma sequência de atividades de campo realizadas no âmbito da disciplina de graduação de Geologia (Geral) do curso de Engenharia de Fortificação e Construção (Civil) do Instituto Militar de Engenharia, a qual vem sendo realizada há mais de dez anos, explorando a interação entre processos e estruturas geológicas existentes na Região dos Lagos, no estado do Rio de Janeiro, e tendo como base de referência o arcabouço geológico descrito em vários pontos de interesses geológicos, os quais compõem o programa Caminhos Geológicos do DRM/RJ. Também são somados aspectos ligados a outros tópicos não listados no referido programa, mas de fácil visualização no terrenos, tais como intemperismo e fatores que influenciam a formação do solo.

De acordo com Schmith et al (2004) o Projeto Caminhos Geológicos (Mansur & Erthal, 2003; Schmitt & Mansur, 2001) foi idealizado com o propósito de trazer a cultura relacionada à Geologia para o Estado do Rio de Janeiro, como uma iniciativa pioneira do Departamento de Recursos Minerais – DRM-RJ, com o apoio da Fundação Departamento de Estrada de Rodagem DER-RJ, da Companhia de Turismo do Estado do Rio de Janeiro - TURISRIO e da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia e da Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa - FAPERJ. O DRM-RJ tinha até 2004, vinte e seis (26) painéis instalados, sendo alguns na chamada Região dos Lagos, do Rio de Janeiro, a qual serviu como base para as saídas de campo utilizadas no presente trabalho.

Tupinambá et al (2014), descreveram em seu trabalho que o projeto Caminhos Geológicos aproveitou o conhecimento de cada autor em ensino e investigação da geologia de uma região específica fluminense para promover a divulgação científica. Conforme o referido autor, na Região Serrana (Nova Friburgo, Bom Jardim, Teresópolis, Santa Maria Madalena) foram utilizados os trabalhos de Tupinambá et al (2007 ; 2012), Geraldés (2013) e Nogueira(2012). Na região dos lagos fluminense (Cabo Frio, Arraial do Cabo, Iguaba Grande) as placas compartilharam o trabalho de de Schmitt (2004). Na região Noroeste fluminense (Itaperuna, Santo Antonio de Pádua) foram utilizados as pesquisas de Duarte (2012) e Heilbron (2012). Na Região Metropolitana (Rio de Janeiro e Nova Iguaçu) a geologia empregada foi de Valeriano (2012) e Mota (2006). Na região vizinha às bacias de Campos e Santos (Macaé e Quissamã), foi aplicado o estudo geológico *offshore* de Mohriak (2012).

A partir do exposto, percebe-se que, o Rio de Janeiro apresenta evolução geológica complexa e peculiar, resultando além de belas paisagens em importantes recursos minerais para a economia do país. Além disso, destaca-se que, a região dos Lagos, de vocação tradicional para o turismo, constitui um bom local para visitação, sendo caracterizada por variados tipos de acomodações e gastronomia, facilitando o trabalho de campo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Mansur e Erthal (2003), o projeto Projeto Caminhos Geológicos considerou, entre outros, os seguintes tipos de Patrimônios Geológicos:

- (a) *Sedimentar*: representado pelas camadas e sequências das bacias sedimentares, em particular das petrolíferas (Campos e Santos) e as de Resende, Volta Redonda e São José de Itaboraí, das sequências deposicionais que mostram as variações climáticas da Terra, formação de lagunas (ex.: Araruama) e registros de lagunas fósseis, a construção do delta do rio Paraíba do Sul, entre outros;
- (b) *Geomorfológico*: representado pelas belas paisagens da Baía de Guanabara, Serra dos Órgãos e do Mar, das praias paradisíacas de Armação dos Búzios, Ilha Grande, Cabo Frio, Arraial do Cabo, entre outras, da ação erosiva dos rios e do mar;
- (c) *Tectônico*: representado por falhas, dobras, evidências da colisão que formou o Gondwana e dos eventos de formação do oceano Atlântico;
- (d) *Petrológico / Mineralógico*: rochas e minerais com valor geológico (antigos vulcões como os de Nova Iguaçu, Arraial do Cabo e São Gonçalo), educativo (idade e formação das rochas), científico (raridades minerais e estudo de meteoritos) e econômico (jazidas);
- (e) *Paleontológico / Arqueológico* - fósseis como testemunhos da evolução da vida na Terra e a história do antigo habitante fluminense;

Dentre as potencialidades didáticas supracitadas tem sido possível utilizar, como ponto de referência no escopo do presente trabalho, os seguintes ambientes:

- a) Sedimentar: o qual inclui além das variadas praias e suas composições mineralógicas e deriva litorânea, a Formação Barreiras composta de sedimentos de diversos diâmetros distintos.
- b) Tectônico: composto por falhas e dobras.
- c) Petrológico/ Mineralógico: descrição da mineralogia de diversas rochas, bem como de suas alterações e solos.

No contexto do projeto Caminhos Geológicos foram colocadas placas metálicas fixas, as quais descrevem os aspectos geológico de interesse do referido ponto.

3 METODOLOGIA

A integração campo-laboratório que vem sendo desenvolvida pelos autores no escopo do presente trabalho inclui a visita a variados pontos de interesse geológicos do programa Caminhos Geológicos ao longo dos últimos quinze anos, acrescentada pela análise de outros pontos complementares de forma a incluir conceitos de formação de solos, intemperismo e rochas alteradas, itens que também compõem a grade curricular da disciplina.

Para o presente trabalho foram selecionados os seguintes pontos, complementado com um ponto extra, de grande apelo didático. Tais e locais mais visitados são os seguintes:

- Forte São Mateus;
- Dunas de Cabo Frio;
- Formação Barreiras no Entrocamento da RJ-124 e BR-101/RJ.

Na sequência serão apresentados, para cada ponto, os aspectos geológicos relevantes, os quais são descritos nas placas dos programas, ou em publicações científicas, bem como os aspectos pertinentes à engenharia civil, em especial a área geotécnica.

4 RESULTADOS

4.1 Forte de São Mateus

A Figura 1 ilustra um mapa geológico simplificado da região do Forte de São Mateus, na cidade de Cabo Frio, na extremidade da praia do Forte, principal praia do município. Trata-se de apenas uma parte das variadas informações que compõem a Placa do ponto de interesse geológico da região.

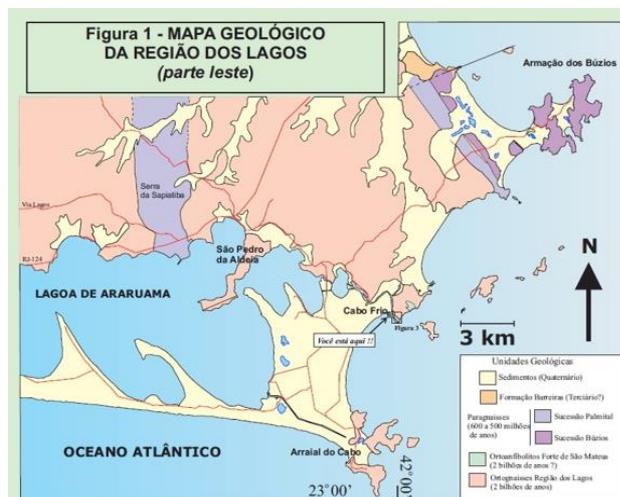


Figura 1: Mapa Geológico da Região do Forte de São Mateus – Cabo Frio/RJ. Extraído do Programa Caminhos Geológicos do DRM/RJ

As disponibilidades de informações continuam com uma breve descrição do local e das rochas, as quais facilitam bastante a aula de campo, conforme descrito a seguir (na placa local).

FORTE DE SÃO MATEUS

Localização: 22°53'5.87" S; 42°0'26.71" O

Descrição: Neste local também existe um painel do Projeto Caminhos Geológicos, implantado na praça que dá acesso ao Forte São Mateus, na Praia do Forte, ao lado da saída do Canal de Itajuru, que liga a Lagoa de Araruama ao mar. A geologia do local é representada por rochas paleoproterozóicas do Complexo Região dos Lagos, em especial por ortoanfibolitos. As cores muito distintas das rochas permitem ao visitante identificar cada litotipo existente. Neste painel é explicado o método utilizado para datação dessas rochas, cuja cristalização se deu há 2 bilhões de anos. O Forte é um patrimônio tombado pelo IPHAN, construído no século XVII.

Na Figura 2 é possível identificar os dois litotipos registrados na placa: ortoanfibolitos Forte São Mateus e ortognaisse Região dos Lagos. Neste caso, além da identificação do tipo de rocha, e respectivas mineralogias, há possibilidade de se discutir método de datação de rocha, também exposto na placa.

Porém, do ponto de vista da engenharia civil o aspecto mais importante é mostrar que pode haver diferentes tipos de rochas em um mesmo contexto, que podem ser, por exemplo uma pedra, ou um túnel, cujas características físicas e mecânicas podem variar, alterando aspectos fundamentais de um projeto. Por exemplo, tais rochas têm densidades diferentes, ocasionando alteração na sua distribuição granulométrica uma vez britadas.

Além disso, as estruturas das rochas parecem ser bem definidas, típicos de rochas metamórficas, e podem influenciar a obtenção de dados de resistência mecânica, visando estudos de estabilidade. Neste caso, enfatiza-se o importante aspecto da amostragem.



Figura 2: Ocorrência de Ortoanfíbolitos no Forte de São Mateus em Cabo Frio/RJ.

4.2 Dunas de Cabo Frio

Nesse ponto além da beleza paisagística, no campo de dunas é possível identificar facilmente o transporte de sedimentos pela ação do vento, pois este acontece em tempo real. Trata-se de uma importante oportunidade para consolidação do conhecimento sobre processos exógenos. A seguir uma descrição editada da informação disponível no programa.

CAMPO DE DUNAS DA DAMA BRANCA (OU DUNAS DE CABO FRIO)

Localização: 22°54'33.71" S; 42°2'11.11" O

Descrição: Os elementos naturais da região de Cabo Frio agregam à paisagem costeira da cidade a maior duna isolada do sudeste brasileiro, a Duna da Dama Branca, com cerca de 33 m. Ali é possível observar estruturas sedimentares eólicas, vários tipos de dunas, lagoas interdunas e a fauna e flora típicas associadas a este ambiente. Essa rara ocorrência de dunas móveis em Cabo Frio e municípios vizinhos está associada à orientação dos ventos predominantes vindos do quadrante Nordeste, ao clima semiárido quente e à disponibilidade de sedimentos. O fenômeno da ressurgência de águas da Corrente das Malvinas, somado a uma expressiva distância do litoral à Serra do Mar, diminui os índices de chuvas, criando uma região de clima semiárido em meio a um clima tropical para o resto do estado. No Campo de Dunas da Dama Branca podem ser observados tipos distintos de dunas, que variam de acordo com o aporte de areia e intensidade do vento, como as frontais, barcanas e parabólicas. Quanto à mobilidade, as dunas podem ser estacionárias (fixas) e migratórias (móveis). As dunas fixas tornam-se estáveis por vários fatores, sendo o principal deles o desenvolvimento de vegetação. Como as dunas são ambientes frágeis e dinâmicos, qualquer alteração significativa nos fatores naturais que as originam pode acarretar em grandes impactos no ecossistema.

Do ponto de vista da engenharia geotécnica vários aspectos podem ser abordados, conforme citado a seguir:

Influência nas construções: algumas casas foram construídas dentro do campo de dunas, sendo possível verificar certo aterramento ao longo do tempo, devido ao rápido transporte de sedimentos pela ação eólica. Tal transporte também afeta uma rodovia no local, na qual o atrito dos veículos pode ser prejudicado. Trata-se, assim, de um exemplo clássico de influência de processo geológico em obras de engenharia (Figura 4).

Estabilização do Campo de Dunas com Vegetação: no local pode ser observado que uma vegetação rasteira consegue fixar parte do campo de dunas evitando o fluxo de sedimentos. Além disso, há formação de ambiente turfoso em alguns locais gerando um solo que pode ser muito problemático para obras geotécnicas (Figura 3).

Origem dos Sedimentos e Deriva Litorânea: a origem dos sedimentos transportados pelo vento é o depósito de areia ao longo da praia. Tais sedimentos são transportados pela ação da deriva litorânea, associada à direção predominante do trem de ondas na praia. Tal corrente de transporte de sedimentos ao longo da linha de costa pode ser afetada pela obras de engenharia ao longo da linha de costa (Figura 5).



Figura 3: Vista Parcial do Campo de Dunas de Cabo Frio Recoberto Parcialmente por Vegetação.



Figura 4: Placa Informativa do Transporte Eólico de Sedimentos Sobre uma Rodovia em Cabo Frio.



Figura 5: Vista da Praia do Foguete Indicando o Amplo Depósito de Sedimentos Arenosos Que São a Fonte do Campo de Dunas.

4.3 Formação Barreiras

Um importante afloramento da Formação Barreiras no entroncamento entre as rodovias RJ-124 e BR-101 tem sido estudados por alunos de variadas universidades do Rio de Janeiro. Trata-se de uma formação composta por arenitos, conglomerados, diamictitos, siltitos e argilitos. Está associada a tabuleiros e falésias desde o Rio de Janeiro até o Amapá, sendo por si só um importante objeto de estudos.

A identificação das rochas supracitadas, as quais indicam mudanças de ambientes deposicionais é, talvez, o interesse principal em termos geológicos (Figura 6). Porém, do ponto de vista da engenharia geotécnica, os seguintes fatores podem ser trabalhados juntos aos alunos:

Processo Erosivo: o afloramento estudado é composto de conglomerados e arenitos, os quais não são muito consolidados, sendo bastante suscetíveis a processos erosivos. Eventuais construções sobre camadas deste tipo de rochas podem tornar-se instáveis com o avanço da erosão.

Heterogeneidade do Maciço: uma análise mais próxima do afloramento deixa claro seu aspecto heterogêneo, o qual dificulta muito sua caracterização física e mecânica como maciço, para efeito de estudo de sondagens para fundações.

Além disso, se considerado como uma jazida para empréstimo de materiais em obras de terraplenagem, a grande variação das granulometria do material (Figura 6) explorado dificultará, e muito, a determinação *in situ* da densidade e umidade ótimas corretas.



Figura 6: Vista Geral do Afloramento da Formação Barreiras no Entroncamento Entre a Rodovia RJ-124 e a BR-101/RJ em São Pedro da Aldeia. Alunos Identificando a Granulometria dos Sedimentos Depositados.

Nesse afloramento são coletadas amostras para ensaios em laboratório, tais como compactação, granulometria, e ensaios de difração de raios-X para identificação da mineralogia dos materiais. Assim, tem-se um link para o estímulo dos estudos de outras áreas do conhecimento utilizadas na engenharia geotécnica.

5 DISCUSSÃO

A saída de campo dura dois dias e tem feito certo sucesso entre os alunos. Durante cada dia a carga horária efetivamente aplicada junto aos alunos atinge cerca de 8 horas-aula, pois o contato é contínuo e tem sido observado que muitos conceitos fundamentais de geologia são mais assimilados nestas condições de campo, do que em sala de aula.

Porém, é importante registrar que nem todas as saídas de campo ao longo destes anos foram totalmente proveitosas, pois a questão logística deve ser muito bem planejada, principalmente por causa dos atrasos nos deslocamentos, e na dificuldade de se deslocar de ônibus em uma cidade turística.

O trabalho de descrição dos afloramentos e coleta dos materiais ocupa grande parte do tempo dos alunos e há uma constante evolução do conhecimento dos autores quanto à geologia de cada um dos afloramentos mapeados para as aulas, a partir da identificação de artigos científicos publicados. Em algumas saídas de campo colegas geólogos ou geógrafos foram convidados para a viagem e ajudaram no ensino junto aos alunos. O trabalho encontra-se em constante aperfeiçoamento.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O programa Caminhos Geológicos do DRM/RJ é uma ferramenta que pode servir de base para o ensino da disciplina de Geologia no âmbito de curso de graduação em engenharia civil, uma vez que descreve de maneira sucinta o arcabouço geológico, e outros aspectos pertinentes, de afloramentos previamente estudados. Tais aspectos geológicos observados *in situ* associados a aspectos inerentes a obras de engenharia civil/geotecnia contribuem para uma integração campo-laboratório como ferramenta de aprimoramento do ensino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2006). NBR 12131. *Estacas- Prova de carga estática: método de ensaio*. Rio de Janeiro.
- ASTM International (2006). ASTM D2166: *Standard test method for unconfined compressive strength of cohesive soil*.
- Décourt, L. (2008) Provas de carga em estacas podem dizer muito mais do que têm dito. In: Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia - SEFE 6, São Paulo. *Anais...* ABMS. v. 1, p. 221-245.
- Duarte, Beatriz Paschoal (Org.). Folha Itaperuna, SF.24-V-C-I: texto e mapa. Programa Geologia do Brasil PGB. 1ed. Rio de Janeiro: CPRM/UERJ, 2012.
- GERALDES, Mauro Cesar. Geologia e recursos minerais da folha Casimiro de Abreu SF.23-Z-B-I, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000. 1. Ed. Belo Horizonte: CPRM, 2012. 136p.
- HEILBRON, Monica (Org.). Geologia e Recursos Minerais da Folha Santo Antônio de Pádua-SF.26-X-D-VI. 1 ed. Belo Horizonte: CPRM, 2012.
- Machmer, B. (2012) *Understanding the Behavior of a Pile Foundation in Unsaturated Soils Subjected to Lateral Loading*. Disponível em: <http://https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/1395/>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- Mohriak, Webster. Bacias de Santos, Campos e Espírito Santo. In: Hasui, Yociteru; Carneiro, Celso Dal Ré; Almeida, Fernando Flavio Marques; Bartorelli, Andrea. (Org.). *Geologia do Brasil*. 1ed. São Paulo: Editora Beca, 2012, v. 1, p. 481-496.
- MOTA, Carlos Eduardo Miranda; GERALDES, M. C. . *A classificação de brechas magmáticas e sua implicação na evolução do Complexo Alcalino de Nova Iguaçu-RJ*. *Geociências* (São Paulo), v. 25, p. 37-48, 2006.
- Nogueira, José Renato (Org.) Folha São Fidélis, SF.24-V-C-IV: texto e mapa. Programa Geologia do Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: CPRM/UERJ, 2012.
- Robertson, P.K., Campanella, R.G. (1983) Interpretation of cone penetrometer test, Part I: Sand. *Canadian Geotechnical Journal*, 20 (4), p.718-733.
- Schmitt, R. S.; Trouw, R.; Van Schmus, W. ; Pimentel, M. M. *Late amalgamation in the central part of West Gondwana : new geochronological data and the characterization of a Cambrian orogeny in the Ribeira Belt – SE Brazil*. *Precambrian Research*, Amsterdam – Elsevier, v. 133, n.1-2, p. 29-61, 2004.
- Silva, J. L. (2004) *Metodologia de projeto de fundações por estacas incluindo probabilidade de ruína*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos / USP, 118 p.
- Tupinambá, M; Heilbron, M.; Duarte, B. P.; Nogueira, J.R.; Valladares, C.; Almeida, J.; Silva, L. G. E.; Medeiros, S.R. de; Guia, C.; Ragatki, C. D. ; Mendes, J.; Ludka, I. *Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí*. *Geonomos*, v. XV, p. 67-79, 2007.
- Tupinambá, M; Teixeira, W.; Heilbron, M.. *Evolução Tectônica e Magmática da Faixa Ribeira entre o Neoproterozoico e o Paleozoico Inferior na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil*. *Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)*. Impresso), v. 35, p. 140-151, 2012.
- Tupinambá, M.; Monlevade, A.A. *Divulgando a Geologia através de roteiros e pontos de interesse geológico: a participação da UERJ no Projeto Caminhos Geológicos*. Interagir: pensando a extensão. Rio de Janeiro, n° 17/18/19, jan/dez. 2014, 65-70 p.

Terzaghi, K., Peck, R.B. (1987) *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 2nd ed., McGraw Hill, New York, NY, USA, 685 p.

Valeriano, C. (Org.). *Geologia e Recursos Minerais da Folha Baía de Guanabara, SF. 23-Z-B-IV, escala 1:100.000*. 1ed. Belo Horizonte: CPRM, 2012.