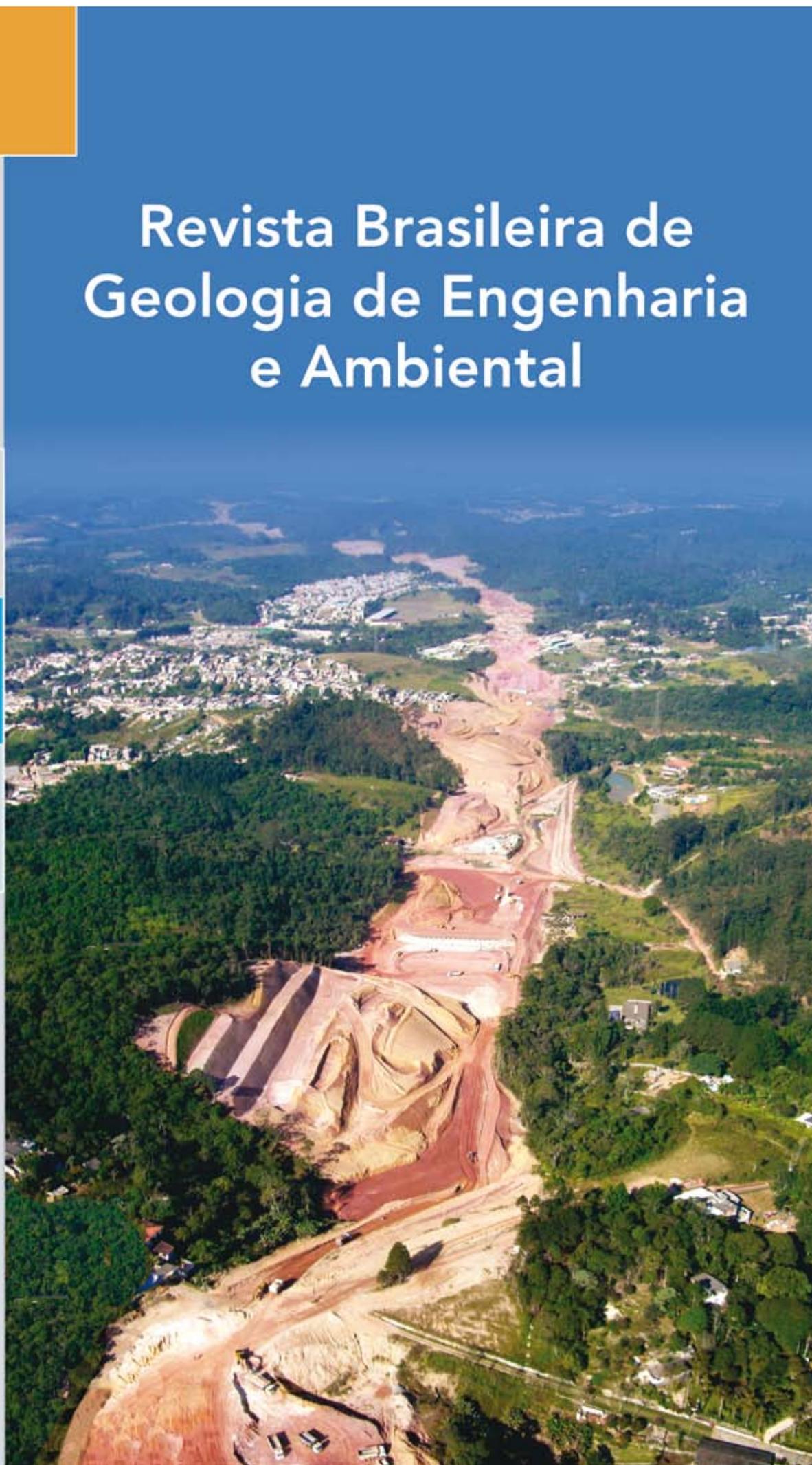




ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental



ISSN 2237-4590

Volume 1
Número 1
Novembro 2011

Edição Especial



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

RBGEA
REVISTA BRASILEIRA DE
GEOLOGIA DE ENGENHARIA
E AMBIENTAL



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

REVISTA BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Publicação Científica da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental

EDITOR

Lázaro Valentim Zuquette - USP

CO EDITOR

Fernando F. Kertzman - GEOTEC

REVISORES

Antonio Cendrero - Univ. da Cantabria (Espanha)

Alberto Pio Fiori - UFPR

Candido Bordeaux Rego Neto - IPUF

Clovis Gonzatti - CIENTEC

Eduardo Goulart Collares - UEMG

Emilio Velloso Barroso - UFRJ

Fabio Soares Magalhães - BVP

Fabio Taioli - USP

Frederico Garcia Sobreira - UFOP

Guido Guidicini - Geoenergia

Helena Polivanov - UFRJ

Jose Alcino Rodrigues de Carvalho - Univ. Nova de Lisboa (Portugal)

José Augusto de Lollo - UNESP

Luis de Almeida Prado Bacellar - UFOP

Luiz Nishiyama - UFU

Marcilene Dantas Ferreira - UFSCar

Marta Luzia de Souza - UEM

Newton Moreira de Souza - UnB

Oswaldo Augusto Filho - USP

Reinaldo Lorandi - UFSCar

Ricardo Vedovello - IG/SMA

PROJETO GRÁFICO E DIAGRAMAÇÃO

Rita Motta - Editora Tribo da Ilha

FOTO DA CAPA

Obras do Rodoanel trecho sul, nas proximidades da represa Billings.,
tirada em 08 de julho de 2008 . Fabrício Araujo Mirandola - IPT

Edição Especial

Circulação: Novembro de 2011

Tiragem: 2.500

ISSN 2237-4590

São Paulo/SP

Novembro/2011



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA
DE ENGENHARIA E AMBIENTAL

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - IPT (Prédio 11) 05508-901 - São Paulo - SP
Tel.: (11) 3767-4361 - Telefax: (11) 3719-0661 - E-mail: abge@ipt.br - Home Page: <http://www.abge.com.br>

DIRETORIA - GESTÃO 2009/2011

Presidente: Fernando Facciolla Kertzman
Vice-Presidente: Gerson Salviano de Almeida Filho
Diretora Secretária: Kátia Canil
Diretor Financeiro: Luiz Fernando D'Agostino
Diretor de Eventos: Elisabete Nascimento Rocha
Diretor de Comunicação: Marcelo Fischer Gramani

CONSELHO DELIBERATIVO

Elaine Cristina de Castro, Elisabete Nascimento Rocha, Fabio Canzian da Silva, Fabrício Araújo Mirandola, Fernando Facciolla Kertzman, Fernando Ximenes T. Salomão, Gerson Almeida Salviano Filho, Ivan José Delatim, Kátia Canil, Leonardo Andrade de Souza, Luiz Antonio P. de Souza, Luiz Fernando D'Agostino, Marcelo Fischer Gramani, Newton Moreira de Souza, Selma Simões de Castro.

NÚCLEO RIO DE JANEIRO

Presidente: Nelson Meirim Coutinho - **Vice-Presidente:** Antonio Queiroz
Diretor Secretário: Eusébio José Gil - **Diretor Financeiro:** Cláudio P. Amaral
End.: Av. Rio Branco, 124 / 16º andar - Centro - 20040-916 - Rio de Janeiro - RJ
Tel : (21) 3878-7878 **Presidente - Tel.:** (21) 2587-7598 **Diretor Financeiro**

NÚCLEO MINAS GERAIS

Presidente: Maria Giovana Parizzi - **Secretário:** Frederico Garcia Sobreira
Tesoureiro: Luís de Almeida P. Bacellar - **Diretor de Eventos:** Leonardo A. Souza
End.: Univ. Fed. de Ouro Preto - Depto. Geologia - 35400-000 - Ouro Preto/MG
Fone: (31) 3559.1600 r 237 **Fax:** (31) 3559.1606 -

REPRESENTANTES REGIONAIS	UF
ROBERTO FERES	AC
HELIENE FERREIRA DA SILVA	AL
JOSÉ DUARTE ALECRIM	AM
CARLOS HENRIQUE DE A.C. MEDEIROS	BA
FRANCISCO SAID GONÇALVES	CE
NORIS COSTA DINIZ	DF
JOÃO LUIZ ARMELIN	GO
MOACYR ADRIANO AUGUSTO JUNIOR	MA
ARNALDO YOSO SAKAMOTO	MS
KURT JOÃO ALBRECHT	MT
CLAUDIO FABIAN SZLAFSZTEIN	PA
MARTA LUZIA DE SOUZA	PR
LUIZ GILBERTO DALL'IGNA	RO
CEZAR AUGUSTO BURKERT BASTOS	RS
CANDIDO BORDEAUX REGO NETO	SC
JOCÉLIO CABRAL MENDONÇA	TO



A Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) é uma proposta da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) no sentido de suprir uma lacuna nacional para publicação de trabalhos científicos técnicos e de exemplos de aplicação da Geologia de Engenharia e Ambiental, que venham agregar conhecimentos aos profissionais, pesquisadores e comunidade em geral, tanto em nível nacional como internacional.

A frequência será de três números regulares por ano, e números especiais, no caso de seleção de trabalhos relacionados a um tema específico.

A RBGEA terá o primeiro número na forma impressa, e, logo que tiver uma sequência definida, será uma publicação eletrônica, impressa anualmente. Com este periódico espera-se que haja um avanço nas relações entre os profissionais que atuam na formação e pesquisa e aqueles que atuam nas outras esferas da profissão. Assim, será reforçada a relação que tornou a atividade de Geólogo de Engenharia e Ambiental relevante em diversos países, fazendo com que a profissão ocupe uma posição de destaque na sociedade, com questões relevantes relacionadas ao Planejamento Urbano e as Obras de Infraestrutura e tantos outros.

Espera-se que esta publicação atinja seus objetivos e venha subsidiar estudantes e profissionais da Geologia de Engenharia nas suas atividades, seja nas universidades, nos institutos, nas empresas de economia mista, públicas ou privadas.

A Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (RBGEA) destina-se à divulgação

de investigações, estudos e soluções de problemas de engenharia e ambientais decorrentes da interação entre a Geologia e as atividades humanas - (incluindo aspectos relevantes da Geologia relacionados à Engenharia Civil, Mineração e Recursos Hídricos, assim como relacionados à previsão de eventos perigosos, às áreas contaminadas, aos processos geológicos, à prevenção e remediação de áreas degradadas) -, Planejamento Territorial e Ambiental, Banco de Dados e Casos Históricos; além destes estudos serão também contemplados os processos modernos, as novas técnicas de campo e laboratório e temas científicos de interesse amplo e caráter original, sempre relacionados com a Geologia de Engenharia e Ambiental e com as ciências da terra de uma forma geral, seja do Brasil seja de outros países, publicados na língua portuguesa e espanhola.

O primeiro número apresenta artigos históricos de três profissionais que dão nome aos Prêmios da ABGE para os destaques de nossa categoria: Ernesto Pichler, Lorenz Dobereiner e Fernando Luiz Prandini, bem como uma série inicial de artigos encomendados pelos Editores. A segunda edição continuará com autores convidados pelos Editores; e a terceira edição será um dos melhores trabalhos escolhidos no 13º CBGE. Na sequência, haverá publicações digitais reunindo os artigos submetidos por diversos autores.

Boa leitura à todos.

**Lazaro V. Zuquette e
Fernando F. Kertzman**



- 9** BOÇOROCAS
Ernesto Pichler (In memorian)
- 17** CARACTERIZAÇÃO GEOMECÂNICA DO MACIÇO ROCHOSO DE FUNDAÇÃO DA UHE CACHOEIRA PORTEIRA
Lorenz Dobereiner (In memorian)
Fernando Pires de Camargo
Alarico A. C. Jácomo
- 29** O BRASIL E A GEOLOGIA NO PLANEJAMENTO TERRITORIAL E URBANO
Fernando Luiz Prandini (In memorian)
- 41** UM BREVE RELATO SOBRE A GEOLOGIA DE ENGENHARIA
Lazaro Valentin Zuquette
- 57** INTEGRAÇÃO DE ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS APLICADOS A PROJETOS DE ENGENHARIA E À AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: ESTAMOS AVANÇANDO?
Omar Yazbek Bitar
Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo
Sofia Julia Alves Macedo Campos
Tânia de Oliveira Braga
Caio Pompeu Cavalhieri
- 73** GEOLOGIA APLICADA A BARRAGENS: UMA REVISÃO DE PROCEDIMENTOS
Luiz Ferreira Vaz
Magali Dubas Gurgueira
Talita de Oliveira Muzzi
- 93** CONTRIBUIÇÃO PARA A GEOLOGIA DE ENGENHARIA APLICADA ÀS CIDADES. EXPERIÊNCIA DE LONGA DURAÇÃO EM BELO HORIZONTE – MG
Edézio Teixeira de Carvalho - GEOLURB
- 109** GESTÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS NO BRASIL
Margareth Mascarenhas Alheiros
- 123** IMPORTÂNCIA DA GEOLOGIA DE ENGENHARIA E GEOMECÂNICA NA MINERAÇÃO
Sérgio N. A. de Brito
Paulo R. C. Cella
Rodrigo P. Figueiredo

INTEGRAÇÃO DE ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS APLICADOS A PROJETOS DE ENGENHARIA E À AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS: ESTAMOS AVANÇANDO?

OMAR YAZBEK BITAR *omar@ipt.br**
AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO – *amacafi@ipt.br**
SOFIA JULIA ALVES MACEDO CAMPOS – *scampos@ipt.br**
TÂNIA DE OLIVEIRA BRAGA – *taniabrg@ipt.br**
CAIO POMPEU CAVALHIERI – *caiopc@ipt.br**

RESUMO ABSTRACT

Discute-se a integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados para fins de projetos de engenharia e de avaliação de impactos ambientais de empreendimentos propostos, com destaque a obras de infraestrutura e indústrias de base. Inicialmente, apresenta-se a correspondência entre os principais tipos de projetos de engenharia realizados nas diferentes fases de um empreendimento e os estudos ambientais requeridos no processo de Avaliação de Impacto Ambiental. Analisam-se as relações entre os estudos geológico-geotécnicos envolvidos nas duas frentes de aplicação. Dentre vários enfoques possíveis, enfatiza-se o grau de integração dos estudos geológico-geotécnicos adquiridos e gerados nas diferentes fases de um empreendimento, tendo em conta a perspectiva de propiciar, ao mesmo tempo e com igual relevância, a construção de obras adequadas e sustentáveis. Busca-se contribuir para uma compreensão sobre se, de fato, está se avançado nessa integração ou se ainda há um longo caminho a percorrer para um aproveitamento mais efetivo do conhecimento geológico-geotécnico. Toma-se como referência observações efetuadas em casos de rodovias, ferrovias, dutovias, minas, loteamentos e aterros sanitários, realizados nos últimos anos no estado de São Paulo e submetidos ao processo de Avaliação de Impacto Ambiental, instrumento por meio do qual a integração dos estudos geológico-geotécnicos nas duas frentes de aplicação tem sido potencializada. Os resultados obtidos indicam que há sinais de integração, mas predomina ainda certo distanciamento. Apontam-se alguns desafios tecnológicos e gerenciais

INTEGRATION OF THE GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL STUDIES APPLIED TO ENGINEERING PROJECTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT: ARE WE MOVING?

This paper discusses the integration of the geological and geotechnical studies applied to engineering projects and environmental impact assessment for new developments, especially engineering works of infrastructure and basic industries. Initially, the correspondence between the main types of previous engineering projects developed in the phases of a proposed development, and the environmental studies required by Environmental Impact Assessment process is presented. The relations among the geological and geotechnical studies involved in these two contexts are examined, that means both due to the engineering projects and the environmental impact studies. Amongst several possible approaches, the analysis of integration grade between the acquired and generated knowledge in these two areas is emphasized in order to provide at the same time and with equal importance the construction of appropriate and sustainable engineering works. The aim is to encourage to the perception of whether this combination is advancing or there is still a long way to achieve an integrated the geological and geotechnical knowledge. Observations from cases of roads, railways, pipelines, mines, housing developments and landfills in recent years and submitted to the Environmental Impact Assessment process at the state of São Paulo are used to develop this paper. The Environmental Impact Assessment process has been increasingly enhancing

* Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), São Paulo, SP, Brasil, labgeo@ipt.br

a enfrentar em prol de um aproveitamento mais integrado do conhecimento geológico-geotécnico em novos empreendimentos.

Palavras-chave: geologia de engenharia; meio ambiente; conhecimento geológico-geotécnico; obras de infraestrutura; indústrias de base.

the synergy between these two approaches. The results indicate that there are signs of rapprochement although remains still some distance. Some technological and management challenges facing towards integrated use of geological and geotechnical knowledge applied to the engineering and environmental studies related to the new developments are brought forward.

Keywords: engineering geology; environment; geological and geotechnical knowledge; infrastructure works and basic industries.

1 INTRODUÇÃO

As primeiras experiências relacionadas à aplicação de dados e informações de caráter geológico-geotécnico em projetos de engenharia no País remontam ao início do século passado. Muito avanço se obteve desde então, constatando-se hoje a importância do conhecimento geológico-geotécnico na construção de obras, desde as de pequeno porte até as de maior complexidade. Exemplos do papel relevante desempenhado por esse tipo de conhecimento em obras de infraestrutura podem ser encontrados em empreendimentos instalados em diferentes regiões do País, sobretudo entre 1930 e 1980, como usinas hidrelétricas, linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, dentre outros nos quais a aplicação do conhecimento geológico-geotécnico se mostrou essencial na viabilização de projetos de engenharia.

Com o surgimento de demandas relacionadas ao meio ambiente, em sintonia com tendências internacionais, deflagradas especialmente a partir do final da Segunda Grande Guerra, o conhecimento geológico-geotécnico começa a se desenvolver também em relação aos desafios ambientais inerentes à implantação de grandes obras de engenharia. Datam da década de 1970 as primeiras manifestações da comunidade científica, grupos ecologistas e populações locais, bem como diretrizes de organismos internacionais de fomento, no sentido de exigir a apresentação de estudos prévios sobre o meio ambiente, como requisito para a obtenção de financiamentos em grandes obras de infraestrutura. A Usina Hidrelétrica de Tucuruí/PA teria sido a primeira grande obra no País para a qual se condicionou o aporte de recursos financeiros à realização de um estudo de impacto ambiental, que acabou realizado em 1977, com

a obra já em andamento (MONOSOWSKI, 1994, *apud* SÁNCHEZ, 2006).

Não obstante, as aplicações do conhecimento geológico-geotécnico a problemas ambientais decorrentes de obras de engenharia ganhariam impulso no País com a edição de políticas públicas ambientais, instituídas a partir da década de 1960, tanto em nível federal quanto no âmbito dos estados relativamente mais industrializados, como MG, RJ, RS e SP. Marco relevante desse processo está na Política Nacional do Meio Ambiente, criada e regulamentada no início da década de 1980, que incluiu o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um de seus instrumentos fundamentais. Com a edição dessa Política e da subsequente Resolução 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, que estabeleceu as primeiras orientações para a realização da AIA e do correspondente Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), explicitou-se literalmente o *meio físico* entre os subsistemas que devem ser estudados previamente. Dessa forma, com a inclusão do meio físico entre os fatores de decisão para a aprovação de empreendimentos que podem gerar mudanças significativas no ambiente, a contribuição do conhecimento geológico-geotécnico passou a ser progressivamente considerada nos estudos ambientais de empreendimentos novos.

Assim, para uma mesma obra de engenharia, desde então se distingue claramente a demanda por estudos geológico-geotécnicos em duas frentes básicas de aplicação: uma visando atestar a viabilidade técnica dos projetos de engenharia e subsidiar a construção e operação dos empreendimentos; e outra de modo a equacionar os impactos

ambientais decorrentes e demonstrar a viabilidade ambiental do empreendimento. Em relação aos projetos de engenharia (que incluem anteprojeto ou projeto conceitual, projeto básico, projeto executivo e outros), os estudos geológico-geotécnicos requeridos se relacionam principalmente com o desafio de prever o comportamento da interação obra-meio físico, com a finalidade de garantir a execução de uma obra segura, operacional e tecnicamente adequada. Sob o ponto de vista da viabilidade ambiental, procurando também prever a interação obra-meio físico, a preocupação maior reside em avaliar as consequências futuras adversas em relação ao meio ambiente. Portanto, embora com enfoques, abordagens e ferramentas distintos, os estudos geológico-geotécnicos requeridos nas duas frentes de aplicação contemplam essencialmente o mesmo objeto de análise (a interação obra-meio físico), fato que ressalta a importância da integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes.

Dentre os muitos aspectos que se poderia analisar em relação a esses estudos geológico-geotécnicos, destacam-se a cooperação técnica entre as equipes envolvidas na sua elaboração em cada frente e a integração efetiva do conhecimento geológico-geotécnico desenvolvido nas duas aplicações. Isso não apenas em prol de uma maior racionalização de equipes e recursos, mas também no sentido de propiciar uma compreensão aprimorada e mais abrangente acerca da interação obra-meio físico. Ou seja, de modo a propiciar a aquisição e geração de conhecimentos geológico-geotécnicos em favor da realização de obras adequadas sob o ponto de vista dos projetos de engenharia e, ao mesmo tempo e com igual relevância, essenciais também à perspectiva de sustentabilidade ambiental do empreendimento.

No entanto, observações preliminares efetuadas em casos de empreendimentos submetidos ao processo de AIA nos últimos anos indicam que a cooperação entre as equipes e a integração dos estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos nas duas frentes de aplicação ocorrem ainda de maneira incipiente na maior parte dos casos, sendo até mesmo ausente em certas situações. Índícios nesse sentido estão na prática usual de se constituir equipes de geologia e/ou geotecnia distintas para uma e outra aplicação, geralmente oriun-

das de diferentes empresas e instituições. Essas equipes, por sua vez, relacionam-se também com equipes de unidades organizacionais distintas no âmbito do empreendedor, havendo apenas eventuais contatos entre elas, para a discussão de um ou outro assunto considerado de maior relevância e salientado por parte do empreendedor. Em decorrência, dificulta-se a integração dos estudos geológico-geotécnicos produzidos em cada frente. Por outro lado, a constatação de casos em que houve maior cooperação entre as equipes e integração dos estudos geológico-geotécnicos, com notáveis resultados benéficos ao conjunto da obra, sugere que situações melhores podem ser alcançadas em outros empreendimentos.

A acepção do termo *interação* considerada no presente artigo diz respeito ao fenômeno em que certos agentes, ao constituir um conjunto (no caso, o conjunto obra-meio físico), acabam por exercer influência mútua e o comportamento de cada parte se torna estímulo para a outra. Por sua vez, *cooperação* se relaciona a atividades que, embora com origens e finalidades distintas, visam à obtenção de resultados que sejam relevantes e beneficiem igualmente as partes envolvidas. Difere, portanto, do significado de *colaboração*, termo este mais associado à ideia de auxílio ou apoio de uma parte em relação à outra, sem necessariamente haver reciprocidade. O termo *integração*, por seu lado, é aqui entendido no sentido da confluência organizada de partes para a constituição de um todo, com a finalidade de bem cumprir um objetivo comum. De acordo com o entendimento desses termos e do pressuposto de que tanto os projetos de engenharia quanto os estudos ambientais devem visar à sustentabilidade econômica, social e ambiental do empreendimento, considera-se que a cooperação efetiva entre equipes técnicas de geologia e/ou geotecnia envolvidas nas duas frentes de aplicação tende a propiciar maior grau de integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados.

1.1 Objetivos

Este artigo objetiva analisar as relações estabelecidas entre os estudos geológico-geotécnicos elaborados para fins de projetos de engenharia e os estudos geológico-geotécnicos elaborados para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais, a

partir do contexto de AIA e relativos a um mesmo empreendimento. Busca-se destacar evidências de cooperação entre as equipes técnicas envolvidas e de integração dos estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos nas duas frentes de aplicação, ou seja, tanto aqueles gerados para fins de projetos de engenharia quanto os que constituem parte dos requisitos ambientais em AIA, incluindo o licenciamento ambiental correlato.

Pretende-se contribuir para uma reflexão acerca de tendências em relação ao tema, delineando se a cooperação entre as equipes técnicas e a integração dos estudos aplicados às duas frentes ocorrem e se mostram efetivas ou se, de fato, perante eventuais dificuldades encontradas, desenvolvem-se de modo incipiente, havendo um longo caminho a percorrer em prol de uma condição mais favorável.

Em termos específicos, visa-se distinguir os principais contextos formais e institucionais que favorecem uma integração maior entre os estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação. Obter um panorama da evolução dos estudos geológico-geotécnicos aplicados a aspectos e impactos ambientais em obras de engenharia no País, considerando a possibilidade de que podem auxiliar no entendimento das relações estabelecidas nas duas frentes de aplicação ao longo do tempo, no âmbito nacional, encontra-se também entre os objetivos específicos do trabalho.

1.2 Materiais e Métodos

Para atingir os objetivos previstos, efetuou-se inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o assunto, considerando trabalhos que abordam especificamente conhecimentos geológico-geotécnicos produzidos nas duas frentes de aplicação, em um mesmo empreendimento. Foram também consultados os resumos de trabalhos publicados nos principais eventos nacionais correlatos, tendo em conta o pressuposto de que a relação entre projetos de engenharia e estudos ambientais estabelece o campo no qual a aproximação entre geologia de engenharia e meio ambiente melhor se configura.

Examinou-se a correspondência processual entre os principais tipos de projetos de engenharia (projeto conceitual, projeto básico e projeto executivo), conforme elaborados nas fases iniciais

de um empreendimento, e os estudos ambientais requeridos no correspondente processo de AIA. Para isso, priorizam-se os procedimentos formalizados por órgãos ambientais encarregados do licenciamento ambiental, em nível federal e estadual. Admite-se que a correspondência entre os projetos de engenharia e os estudos ambientais, conforme propugnadas pelos órgãos ambientais, configura os vários contextos e momentos em que se pode esperar uma integração entre os estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação.

Em seguida, efetuaram-se observações sobre estudos geológico-geotécnicos realizados para projetos de engenharia e estudos ambientais relativos a casos nos quais os autores do presente trabalho tiveram alguma participação, em apoio ao órgão ambiental ou ao empreendedor, em diversas fases da evolução dos empreendimentos. Para tal, selecionaram-se casos de obras de infraestrutura e de indústrias de base (mineração, cimento) submetidas aos procedimentos de AIA e de licenciamento ambiental no estado de SP. O universo inicialmente considerado abrange algumas centenas de empreendimentos, conforme acervo documentado em relatórios e pareceres técnicos elaborados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) desde 1988. No entanto, tendo em conta as finalidades do presente trabalho, toma-se como referência observações efetuadas apenas em casos de empreendimentos de grande porte e de diferentes setores, bem como relativamente mais recentes, em torno dos últimos dez anos.

Entre outros, consideraram-se os seguintes casos: a) rodovias, como a duplicação de trecho da rodovia dos Imigrantes em região do Planalto, Serra do Mar e Baixada Santista, o prolongamento da rodovia dos Bandeirantes entre Campinas e Limeira, a construção do rodoanel metropolitano de São Paulo em seus trechos oeste, sul e norte, a adequação de trecho da rodovia Presidente Dutra entre Jacareí e São José dos Campos e a duplicação de trechos das rodovias Raposo Tavares na região de Cotia e Sorocaba, Fernão Dias, Régis Bittencourt, Tamoios, Marechal Rondon e Caraguatatuba-São Sebastião; b) ferrovias, como na Linha 4 do Metrô de São Paulo e o trecho norte do ferroanel de São Paulo; c) transporte de cargas, como a estrutura

de correias transportadora entre o Planalto e a Baixada Santista; d) setor de petróleo e gás natural, como a troca de dutos em trecho do oleoduto São Sebastião-Cubatão, a construção do gasoduto Caraguatatuba-Taubaté e a implantação de unidade de tratamento de gás natural em Caraguatatuba; e) mineração, como areia em Itaquaquecetuba e São Carlos, brita em São Paulo e caulim em Embu-Guaçu, calcário em Nova Campina e Ribeirão Grande e areia quartzosa em Analândia e Corumbataí; f) dragagem de canais, como o canal do Piaçaguera, na região do Porto de Santos; g) projetos urbanísticos, como loteamentos em Itu, Bertioga e São José dos Campos; e h) aterros sanitários, aterros industriais e estações de tratamento de resíduos, como em São Paulo, Jacareí, Mogi Mirim, Salto, Olímpia, Sorocaba, Santo André, São José dos Campos, Paulínia, Itaquaquecetuba e Iperó. Ao todo, somam-se 41 empreendimentos.

Para realizar a análise, baseando-se nas observações efetuadas à época de cada empreendimento e, ainda, por meio de revisão de dados e informações face ao presente trabalho, considerou-se, em cada caso, especialmente o EIA/RIMA (ou outro documento técnico equivalente, conforme o caso) e o Plano - ou Projeto - Básico Ambiental (PBA), bem como o denominado Plano Ambiental da Construção (PAC), este último formalizado apenas em alguns empreendimentos. Em relação aos projetos de engenharia, variáveis de acordo com o caso, destacam-se eventuais consultas ao anteprojeto ou projeto conceitual, projeto básico e projeto executivo, analisados em relação a aspectos específicos disponíveis. Vale registrar que a análise dos casos foi efetuada sob um ponto de vista tomado a partir de uma inserção relativamente maior no processo de AIA, mas sempre tendo em conta observações referentes aos projetos de engenharia.

Busca-se identificar alguns elementos que caracterizem a integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação. Uma primeira característica a prospectar diz respeito ao contexto em que a integração se evidencia, ou seja, as diferentes fases do empreendimento. Outra característica se relaciona com os vários momentos em que a integração entre os conhecimentos gerados nas duas frentes de aplicação tende a ocorrer. Nesse aspecto, verificar a

correspondência entre as etapas frequentes na elaboração e execução dos projetos de engenharia e em AIA é essencial. Uma terceira característica está nas formas por meio das quais se propicia a cooperação e/ou colaboração entre as equipes técnicas e uma possível integração entre os estudos geológico-geotécnicos aplicados nas duas frentes.

Considerando essas características, analisou-se o grau de integração obtido entre os estudos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia e os para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais, conforme observados nos casos considerados. Cabe registrar que a grande maioria dos empreendimentos analisados já se encontra em fase de operação, mas há alguns que ainda não tiveram sua construção iniciada. Para a análise e obtenção do grau, efetuou-se a análise de cada caso individualmente, em que os empreendimentos foram classificados em um dentre três graus relativos adotados (alto, médio e baixo). Os resultados obtidos foram agregados em uma síntese geral elaborada a partir de análise de predominância.

Ao final, tendo em conta as observações efetuadas nos casos considerados, procura-se discutir os resultados obtidos e sintetizar as principais conclusões do trabalho, esperando que possam contribuir para uma primeira reflexão acerca do tema.

2 BREVE PANORAMA SOBRE A INTEGRAÇÃO DE ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS EM EMPREENDIMENTOS

Em realidade, pouco se tem documentado sobre práticas na integração dos estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos nas duas frentes de aplicação. A bibliografia específica sobre o tema é extremamente escassa. A integração entre os estudos geológico-geotécnicos aplicados às duas frentes é um assunto que, embora permeie vários estudos de caso relatados na bibliografia nacional e internacional, raramente consiste em foco principal de abordagem, sobretudo quando se considera a análise de casos de um mesmo empreendimento no processo de AIA. Há uma vasta literatura técnico-científica sobre questões diversas relativas às fases de um empreendimento de engenharia e os estudos ambientais correlatos. Porém, raramente se discute sobre a integração dos estudos geológico-geotécnicos envolvidos.

Alguns trabalhos se aproximam do tema, nos quais se podem distinguir, além da abordagem do meio físico nos projetos de engenharia e nos estudos ambientais, ambos comumente tratados de modo separado, algumas características referentes a estudos geológico-geotécnicos realizados para as duas aplicações.

Salientam-se esforços conjuntos de geólogos de engenharia e da área ambiental do serviço geológico e da universidade, ambos do estado norte-americano da Dakota do Norte, na realização de mapeamentos geológicos detalhados e integrados, buscando realçar a percepção das condições geológico-geotécnicas existentes na região de Fargo e suas implicações ambientais (Anderson, 2006). Esse autor destaca que muitos dos produtos provenientes das investigações geológicas têm servido como base de dados primária para o planejamento ambiental futuro dessa região. Cita, ainda, que várias condições geológicas desfavoráveis encontradas, como deformação de solos argilosos de origem lacustre, capacidade de suporte inadequada e presença de movimentos de massa, têm sido a causa de problemas geológico-geotécnicos e ambientais, exemplificando com as dificuldades na definição do greide da estrada de ferro (*Northern Pacific*) e a ocorrência de recentes e repetidas inundações sazonais em áreas urbanas.

A importância vital entre a geologia ambiental e os processos geológicos no entendimento do meio físico, bem como a influência fundamental da geologia de engenharia no mundo moderno, em particular para as obras de infraestrutura, são destacadas como campos que devem atuar conjuntamente (Bell, 2008). O panorama da relação intrínseca entre geologia de engenharia e meio ambiente é ilustrado por esse autor com base em exemplos práticos. O mesmo autor examina a influência de aspectos de riscos geológicos, a significância dos recursos hídricos e do solo, os impactos ambientais da mineração, a disposição de resíduos e a poluição sobre o meio ambiente, assim como vários outros aspectos que envolvem o desenvolvimento de obras de infraestrutura e que acarretam problemas ambientais.

Quanto a formas de integração praticadas, tem-se que a elaboração de projetos complexos implica necessariamente a participação de diversos atores, com formações e pontos de vista diferentes. Contudo, o relacionamento entre esses atores pode se tornar problemático na prática,

como no caso de barragens e outras grandes obras de infraestrutura. Visando contribuir para efetividade da cooperação na concepção de grandes projetos, Grebici (2007) desenvolveu um modelo que integra as diferentes formas de cooperação, os diferentes modos de organização do processo de concepção de um projeto e os produtos intermediários e sua adequação às finalidades do empreendimento, destacando a importância de desenvolver formas apropriadas de cooperação. De fato, nos casos em que há cooperação efetiva entre os projetistas e a equipe ambiental, muitos impactos ambientais negativos podem ser prevenidos ou, ao menos, ter sua magnitude reduzida de maneira significativa (Sánchez, 2006).

Sánchez & Hacking (2002) também alertam para a importância entre vincular a AIA ao Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de um empreendimento, aproveitando os estudos realizados para a confecção do EIA/RIMA para a gestão da construção, operação e desativação de empreendimentos, o que geralmente não ocorre na prática. Um caso hipotético de uma mineração ilustra as interações possíveis e necessárias para que isso seja viabilizado e promova, dentre outras melhorias, a adequada implantação e monitoramento de impactos ambientais após a aprovação da viabilidade ambiental do empreendimento.

No país, o movimento de aproximação entre projetos de engenharia e estudos ambientais trouxe evidentes repercussões ao campo da geologia de engenharia e ambiental, o que se observa em eventos e publicações correlatas a esses ramos das geociências aplicadas. Em meio a outras fontes e bases de dados passíveis de análise, breve consulta aos anais dos últimos quatro congressos nacionais da Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) possibilita detectar alguns sinais nessa aproximação. Considerando os trabalhos que enfatizam a contribuição do conhecimento referente ao meio físico na solução de problemas de engenharia e que, conjuntamente, abordam também questões ambientais, nota-se que a quantidade aumentou no início da década de 2000, mantendo-se relativamente estável desde então. Esses valores se referem a trabalhos completos que tratam de aspectos e impactos ambientais relacionados a empreendimentos (obras de infraestrutura e indústrias de base), independentemente do porte e do fato de haver alguma relação com o processo formal de AIA (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Relação entre a quantidade de artigos publicados que abordam conjuntamente aspectos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia e de estudos ambientais de empreendimentos e a quantidade total de artigos publicados nos últimos quatro congressos da ABGE.

CONGRESSO/LOCAL - ANO	QUANTIDADE DE ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS (X)	QUANTIDADE DE ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS SOBRE O MEIO FÍSICO EM EMPREENDIMENTOS (Y)	PROPORÇÃO Y/X (%)
9º CBGE/São Pedro - 1999	90	14	16
10º CBGE/Ouro Preto - 2002	155	40	26
11º CBGE/Florianópolis - 2005	184	59	32
12º CBGE/Porto de Galinhas - 2008	192	60	31
Total	875	259	30

As proporções obtidas sugerem que já há uma quantidade relevante de experiências acumuladas na área de geologia de engenharia e meio ambiente, relacionadas a empreendimentos. Essas experiências certamente ensejariam análises detalhadas no sentido de aferir o grau específico de integração entre os diversos estudos geológico-geotécnicos elaborados e sua aplicação plena às distintas fases de um empreendimento específico. Contudo, em análise preliminar, nota-se que a discussão sobre a integração desses estudos é praticamente ausente.

A relevância e o potencial de integração entre os estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação, em alguns casos de empreendimentos de rodovias, ferrovias, dutovias, minerações, loteamentos e aterros sanitários construídos nos últimos anos e submetidos ao processo de AIA, são exemplificados e discutidos nos trabalhos de Gallardo & Sánchez (2005), Gallardo *et al.* (2008a, 2008b), Campos *et al.* (2008, 2010) e Bitar *et al.* (2010). Nesses trabalhos, apontam-se os estudos geológico-geotécnicos que têm sido salientados no processo de AIA nos casos abordados. Parte dos casos considerados por esses autores é incluída no conjunto de empreendimentos analisados no presente trabalho.

3 RELAÇÕES ENTRE PROJETOS DE ENGENHARIA E ESTUDOS DE AVALIAÇÃO E GESTÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DE EMPREENDIMENTOS

As perspectivas de empreendimentos futuros no País, ligados a programas continuados de investimentos públicos e privados, desenham um

cenário com centenas e talvez até alguns milhares de novas obras de infraestrutura a serem submetidas ao processo de AIA nos próximos anos. Exemplo da expressiva dimensão desse cenário, conforme demonstrado em Marreco (2010), encontra-se na listagem de projetos de âmbito federal em andamento, relacionados a abastecimento de água (canais, adutoras, irrigação, barramentos), transporte (rodovias, ferrovias, aeroportos, portos, hidrovias), energia (usinas hidrelétricas, usinas termelétricas, parques eólicos, linhas de transmissão de energia elétrica, unidades de exploração e produção de petróleo e gás natural), dutovias (gasodutos, oleodutos, polidutos), unidades de refino, petroquímica e fertilizantes, unidades da indústria naval (estaleiros, petroleiros e plataformas), entre outros. Ao se somar também os projetos empreendidos em âmbito estadual e municipal, essa dimensão tende a revelar um cenário com uma quantidade de empreendimentos ainda maior.

Simultaneamente, surge a possibilidade de se incrementar a implantação no País do instrumento da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), com o objetivo de antecipar-se às consequências ambientais negativas devido à criação e implantação de políticas, planos e programas de desenvolvimento, as quais resultam posteriormente na definição de projetos específicos. Com a AAE, busca-se interferir na reformulação e adaptação dessas iniciativas (políticas, planos e programas), em tempo hábil, ou seja, antes que decisões importantes sejam tomadas e venham a dificultar ou impedir eventuais necessidades de mudanças na concepção dos projetos decorrentes. Com a implantação da AAE no País, espera-se facilitar e tornar mais eficiente

a AIA de projetos específicos e, conseqüentemente, adequar os esforços na elaboração e na análise dos EIA/Rimas correspondentes, antecipando e ampliando o potencial de contribuição dos conhecimentos geológico-geotécnicos no planejamento de um empreendimento.

Não obstante, enquanto a integração entre AAE e AIA não se estabelece plenamente, deve-se refletir sobre a efetividade da integração entre os estudos geológico-geotécnicos nos moldes em que ocorre hoje, a partir das etapas iniciais de projeto e dos procedimentos de AIA, analisando a contribuição em relação ao objetivo maior de compatibilizar as ações humanas com a conservação do ambiente. Cabe verificar se há avanços na incorporação do tratamento de aspectos e impactos ambientais aos vários projetos de engenharia efetuados ao longo das fases do empreendimento, tanto no projeto conceitual quanto nos projetos básico e executivo, incluindo a utilização plena do conhecimento geológico-geotécnico desenvolvido. Ou se, ao contrário, aborda-se limitadamente a AIA (e o EIA/Rima correspondente) como mera burocracia a transpor, entendendo este materializado com frequência na maneira pela qual por vezes se considera a inserção nos procedimentos

de licenciamento ambiental, por parte de alguns setores da sociedade, deixando com isso de utilizar plenamente, entre outras decorrências importantes, os conhecimentos geológico-geotécnicos obtidos.

Com o tempo, em vista das práticas desenvolvidas no País, estabeleceu-se e vem se consolidando certo padrão de correspondência temporal e de conteúdo na realização dos projetos de engenharia e dos estudos ambientais necessários ao desenvolvimento de um empreendimento de infraestrutura. Essa correspondência tem sido influenciada em razão da vinculação da AIA ao licenciamento ambiental, este definido por lei como procedimento administrativo por meio do qual o órgão ambiental competente aprova (com base em estudos ambientais) inicialmente a viabilidade e a localização de uma obra que utilizará recursos ambientais e que pode poluir ou causar degradação ambiental, bem como autoriza, na seqüência, sua instalação (ou eventual ampliação) e operação. Tal correspondência pode ser visualizada na **Figura 1**, conforme modelo desenvolvido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), mais apropriado a obras de infraestrutura.

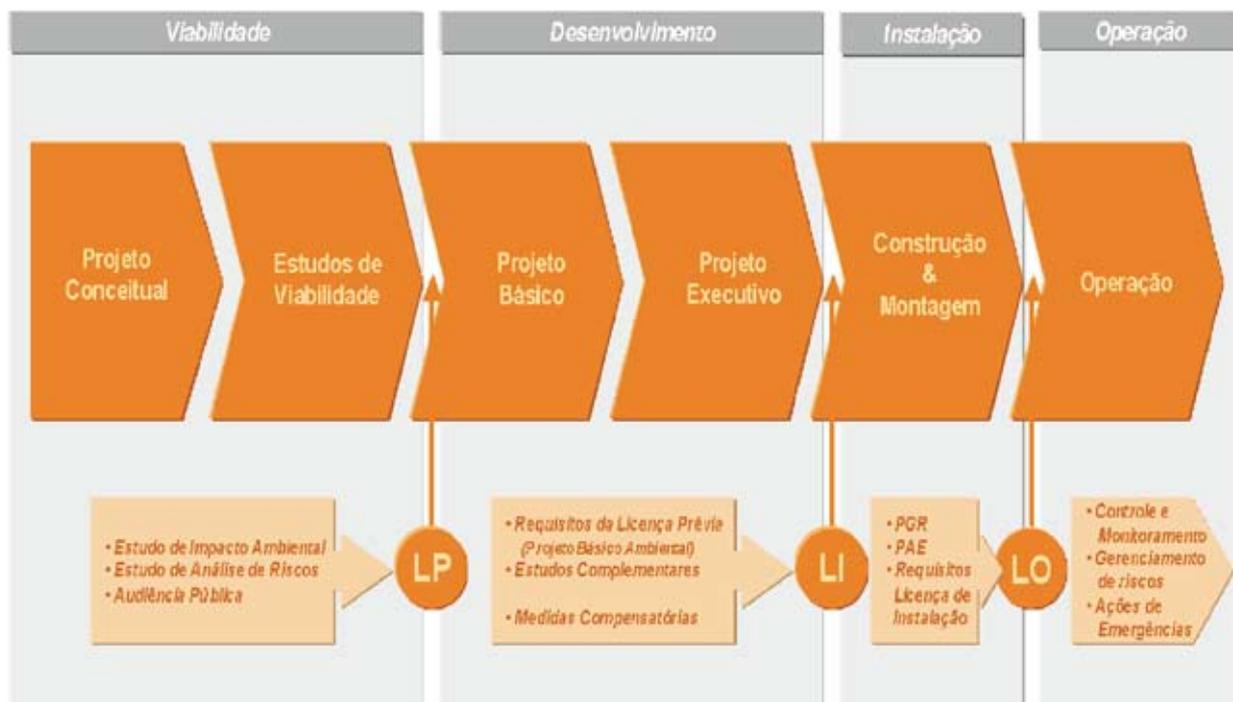


Figura 1 – Relação geral entre as diferentes fases ou etapas de um projeto de engenharia, estudos ambientais e licenciamento ambiental, considerando especialmente o caso de obras de infraestrutura. Obs.: LP- Licença Prévia; LI- Licença de Instalação; LO- Licença de Operação; PGR- Plano de Gerenciamento de Riscos; PAE- Plano de Ação de Emergência. Fonte: IBAMA, 2009.

O projeto conceitual, bem como os denominados estudos de viabilidade (em geral efetuado com caráter predominantemente técnico-econômico), encontram correspondência, no campo dos estudos ambientais, especialmente com o EIA/Rima (ou equivalente, no caso de licenciamentos estaduais, a depender da sistemática adotada em cada unidade da federação). Mediante a análise do EIA/Rima e dos aspectos do projeto conceitual nele embutidos, incluindo eventuais estudos de análise de riscos requeridos conforme o tipo de empreendimento, é que se decidirá pela expedição ou não da Licença Prévia (LP).

Na sequência, o projeto básico e o executivo configuram a fase denominada de “desenvolvimento do projeto” e geralmente se realizam ao mesmo tempo em que se elabora o Projeto Básico Ambiental (PBA) da construção. A elaboração do projeto básico, do projeto executivo e do PBA confluem para a Licença de Instalação (LI). Nessa fase, detalham-se e complementam-se também alguns aspectos do EIA/Rima, esperando-se que estes novos elementos, uma vez aceitos e aprovados pelo órgão ambiental competente e inclusos no PBA, sejam considerados e incorporados também no projeto executivo e nas subsequentes fases de instalação e de operação do empreendimento.

Durante a instalação, ajustes e reformulações em relação ao projeto executivo (que se conver-

te em projeto executivo atualizado) encontram normalmente correspondência apenas em relação ao Plano de Gerenciamento de Riscos (PGR) e ao PAE (Plano de Ação de Emergência), visando-se a Licença de Operação (LO) e suas renovações periódicas. Há distinções de acordo com o tipo específico de empreendimento, mas os procedimentos gerais, com algumas variações e oscilações em seu fluxo, seguem caminhos aproximadamente correspondentes. Ambos, PGR e PAE, têm por vezes sua elaboração iniciada concomitantemente ao EIA/Rima, na forma de Estudo de Análise de Riscos (EAR). No entanto, não raro, em sua aplicação à fase de instalação, esses dois instrumentos (PGR e PAE) acabam permanecendo, durante a vigência de LI, muito próximos ao formato com que foram elaborados para fins de LP, ou seja, enquanto EAR, o que reduz o potencial de gestão adequada dos riscos durante a instalação e sua inclusão dentre os aspectos ambientais mais relevantes.

Os procedimentos gerais aplicáveis ao caso da indústria, conforme fluxograma desenvolvido pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), aparentemente elaborado a partir do modelo do IBAMA (*op. cit.*), tendo em conta situações como a da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e ilustrado na **Figura 2**, mostram similaridade em relação ao que tem sido adotado em obras de infraestrutura.

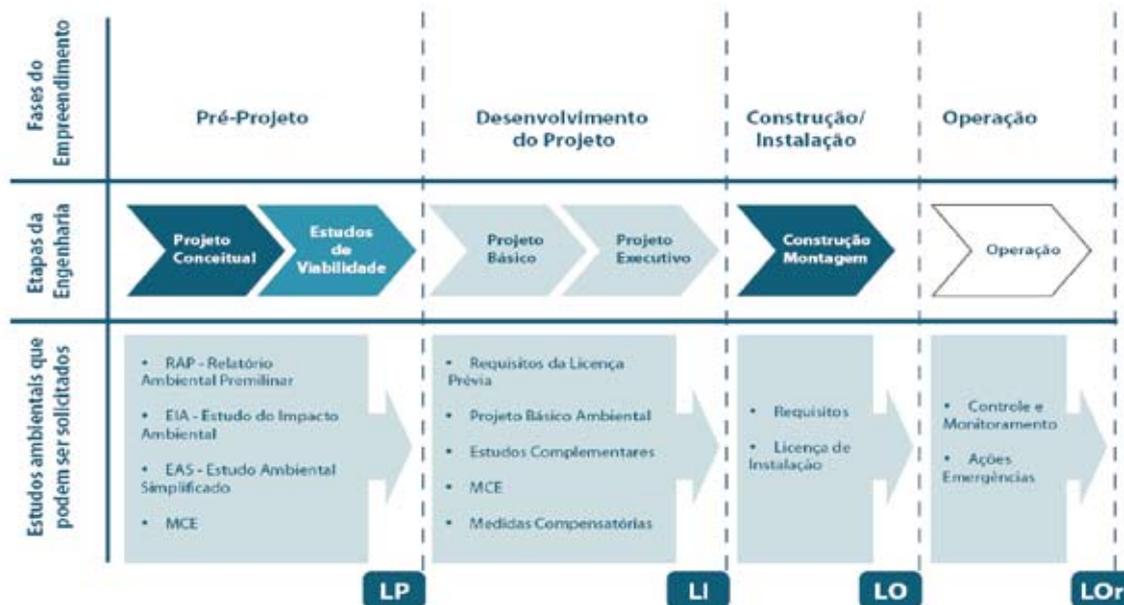


Figura 2 – Relação geral entre os estudos das diferentes fases e etapas na implantação de uma indústria, os estudos ambientais correspondentes e o licenciamento ambiental, aplicável especialmente a casos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Obs.: MCE- Memorial de Caracterização do Empreendimento; LP- Licença Prévia; LI- Licença de Instalação; LO- Licença de Operação; e LOr- Renovação de Licença de Operação. Fonte: FIESP & CETESB (2011).

Com alguma variação terminológica em relação às fases e estudos requeridos, especificam-se, no caso da indústria, alguns instrumentos próprios, com destaque ao Memorial de Caracterização do Empreendimento (MCE), que pode ser requerido para fins de LP e/ou LI e no qual se descrevem as etapas do processo produtivo, as fontes de poluição e o tratamento dos poluentes correspondentes, entre outros tópicos.

Nas duas situações, obras de infraestrutura e indústrias, salvo alguns poucos casos, nos quais se encontra um novo tipo de estudo, denominado Plano Ambiental da Construção (PAC) ou similar, ressalta-se a ausência de uma ferramenta consolidada na forma de um possível projeto executivo ambiental (como de um eventual PEA- Projeto Executivo Ambiental), para a fase de instalação. Ou seja, um instrumento correspondente ao projeto executivo de engenharia, mediante o qual, com detalhamento equivalente, conduzir-se-ia de maneira integrada o conjunto de medidas ambientais a executar durante a construção de empreendimentos.

Essa é uma demanda já aventada por muitos profissionais atuantes na área ambiental hoje no País, notada tanto no caso de obras de infraestrutura quanto em indústrias. Isso não significa que o grau de integração hoje atingido nas relações entre EIA/RIMA e projeto conceitual ou anteprojeto e, da mesma forma, entre PBA e projeto básico de engenharia estejam num nível elevado e não exijam cuidados. Ao contrário, constata-se que frequentemente não se dá a mesma importância a ambos (projetos de engenharia e estudos ambientais), reflexo de uma maior atenção ainda hoje atribuída aos projetos de engenharia dirigidos para a construção. A consecução em algum instrumento equivalente seria uma forma de aglutinar uma série de estudos que têm sido requeridos e que geralmente se encontram dispersos. Exemplos disso estão no PGR e PAE, entre outros instrumentos, os quais geralmente compreendem ações que visam reduzir a magnitude de alguns dos impactos ambientais identificados, previstos e avaliados no processo de AIA, para fins de obtenção de LP. Formulados e executados isoladamente, por vezes tendem a dificultar as possibilidades de integração às demais medidas ambientais executadas durante a fase de instalação. Por outro lado, ao

se criar um instrumento de destaque, como um eventual PEA, pode-se afastar ainda mais as possibilidades de integração, já tão limitadas durante a construção.

Na operação de um empreendimento, realizada com base em plano de ação operacional ou equivalente, as relações mais frequentes ocorrem com as atividades de meio ambiente contidas em Plano de Gestão Ambiental (PGA) ou Sistema de Gestão Ambiental (SGA), este último em alguns casos apoiado em normalização técnica nacional e internacional. Há casos em que se adota o PBA da operação. Nesses instrumentos, contemplam-se basicamente as atividades de controle e gerenciamento ambiental e as ações relativas a riscos e emergências, conectadas a processos produtivos inerentes ao funcionamento do empreendimento.

Portanto, embora ainda com alguns problemas de sincronicidade, torna-se cada vez mais clara a associação entre os estudos e projetos de engenharia e os instrumentos de avaliação e gestão de impactos ambientais. Isso não apenas em termos temporais em face do licenciamento ambiental, mas também no que se refere ao conteúdo tecnológico e gerencial desenvolvido em cada um dos dois conjuntos.

4 INTEGRAÇÃO DOS ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS NOS CASOS ANALISADOS

Os levantamentos e análises de caráter geológico-geotécnico aplicados a empreendimentos, considerando especialmente obras de infraestrutura e de indústrias de base, podem ser agrupados de acordo com suas finalidades básicas. Resumidamente, distinguem-se os estudos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia e para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais.

4.1 Estudos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia

De uma maneira geral, os estudos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia, envolvem a caracterização e o conhecimento dos maciços rochosos e terrosos em que serão instaladas as obras. Subsidiando especialmente a execução de escavações e fundações, visam contribuir para que aqueles projetos sejam elaborados e executados

dentro de soluções técnicas e práticas que garantam a segurança das obras e contribuam para que não ocorram aspectos inesperados do meio físico, os quais possam acarretar maiores custos e ameaçar ou afetar as condições ambientais internas e externas aos empreendimentos.

Identificar os componentes e a distribuição espacial dos distintos materiais existentes no solo e no subsolo, caracterizando-os quanto a suas constituições, propriedades e comportamentos prováveis, incluindo a análise do estado de tensões nos maciços, os fluxos hidráulicos presentes e outros aspectos geodinâmicos, constitui fundamento para que os empreendimentos sejam executados de modo adequado. A elaboração de modelos geológico-geotécnicos digitais e georreferenciados, crescentemente efetuados com emprego de ferramentas que propiciem a compreensão geral e uma visualização tridimensional da variabilidade espacial existente nos maciços naturais, também se mostra fundamental aos projetos de engenharia, tornando-se cada vez mais importante na facilitação da comunicação entre empreendedores e projetistas, subsidiando as discussões e a tomada de decisão em prol de obras seguras, econômicas e tecnicamente adequadas e, ainda, ao mesmo tempo, ambientalmente viáveis.

Não obstante tal potencialidade, na maior parte dos casos analisados, esses estudos têm sido conduzidos de modo pouco relacionado aos de meio ambiente. A caracterização dos maciços, independentemente de sua qualidade e suficiência para fins de projeto básico e projeto executivo, pouco é utilizada nos estudos ambientais. Tem sido comum, inclusive, a realização destes estudos por equipes projetistas que, após a fase de licenciamento ambiental prévio, ou seja, após a obtenção da LP praticamente não mais se relacionam com as equipes responsáveis pelos estudos ambientais subsequentes. Denota-se evidente lacuna entre o uso do conhecimento geológico-geotécnico produzido neste contexto em relação ao que se desenvolve no âmbito dos levantamentos e análises do meio físico para fins ambientais.

4.2 Estudos geológico-geotécnicos para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais

Por sua vez, os estudos geológico-geotécnicos efetuados no âmbito dos estudos ambientais em

AIA, englobados então nos estudos do meio físico ou estudos geoambientais, também se norteiam pela caracterização e conhecimento da composição e dinâmica dos maciços rochosos e terrosos em que serão instaladas as obras. Isso geralmente se efetua em escala territorial mais ampla e visando contribuir especialmente na identificação, previsão, avaliação e mitigação de efeitos negativos de ordem física, biótica e sociocultural, devido a aspectos ambientais dos empreendimentos que interagem com o meio físico, como aqueles que decorrem de métodos construtivos adotados, antes que decisões importantes sejam tomadas. Não obstante haver essa predominância, por vezes, em razão de peculiaridades na combinação entre o tipo de empreendimento e o ambiente em que se localiza, os estudos geológico-geotécnicos têm sido frequentemente requeridos e ganham relevância também em escala de semi-detulhe e de detalhe, quando comumente são denominados de investigações geológico-geotécnicas ou geoambientais.

No caso de obras de infraestrutura lineares, por exemplo, como rodovias, ferrovias e dutovias (gasodutos, oleodutos, alcooldutos, polidutos), estas costumam interceptar uma série de cursos d'água ao longo do traçado, potencializando a amplificação de impactos ambientais negativos em razão de efeitos a ecossistemas e a alterações adversas na qualidade dos recursos hídricos em grandes extensões territoriais. Entre outros aspectos, as movimentações de terra, associadas aos métodos construtivos comumente empregados na instalação dessas obras, induzem a deflagração ou aceleração de processos do meio físico. Entre esses processos, salientam-se os erosivos e deposicionais, que envolvem a remoção e o carreamento de sedimentos por meio das águas pluviais e os consequentes assoreamento e alteração nos níveis de cor e turbidez das águas situadas a jusante, com impactos a ecossistemas e ao uso dos recursos hídricos em áreas que muitas vezes extrapolam as próprias áreas de influência direta ou indireta definidas em EIA/RIMA.

Com isso, em vista de múltiplos requisitos ambientais (legais, normativos e sociais), incrementam-se progressivamente as demandas por um bom conhecimento prévio das suscetibilidades associadas ao meio físico em grandes regiões, bem como cuidados especiais durante a construção e

operação de obras, visando evitar que os impactos negativos ocorram ou que, ao menos, quando inevitáveis, consiga-se mitigá-los de modo eficaz. Os grandes volumes de terraplenagem geralmente previstos na construção de empreendimentos lineares e o ambiente a ser percorrido pela obra têm requerido programas específicos para o meio físico, como o de controle de erosão e assoreamento. Constata-se que as consequências da erosão compõem, desde os estudos ambientais prévios, o rol dos principais impactos ambientais negativos esperados em empreendimentos de infraestrutura. Contudo, esses estudos acabam também sendo efetuados de modo distante em relação aos projetos de engenharia, o que se observa, por exemplo, na formulação de sistemas e dispositivos de drenagem e em outros temas correlatos.

Há outros aspectos, associados aos demais processos do meio físico e referentes a tipos distintos de obras, os quais também têm sido destacados. Exemplo de outro processo está na questão da sismicidade induzida e nas vibrações no solo, em decorrência de escavações em maciços por meio de perfuração e uso de explosivos. Em obras com abrangência mais localizada ou pontual, como minas e loteamentos habitacionais e industriais, ocorre, da mesma forma, a terraplenagem e a geração de material excedente, sendo, também, a erosão um dos principais problemas tratados, mas em uma escala mais restrita. No caso específico de minas, que constituem empreendimentos onde há constante movimentação de solo e rocha durante toda sua vida útil, o controle principal consiste na instalação de estruturas que evitam o aporte de sedimentos para cursos d'água, além da área do empreendimento, muitas vezes sendo necessária apenas uma barragem e, ainda, a estabilidade de taludes em relação à segurança do ambiente interno e externo à obra. No caso de aterros sanitários e industriais, ressalta-se a poluição e a contaminação de aquíferos entre as situações em que se constata que os estudos ambientais se mostram potencialmente importantes também aos projetos de engenharia.

4.3 A necessária, mas ainda incipiente integração

Portanto, denota-se que os conhecimentos geológico-geotécnicos adquiridos ou gerados no

contexto dos projetos de engenharia se mostram relevantes também para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais e vice-versa. Contudo, tem sido possível observar que os estudos do meio físico realizados nas duas frentes de aplicação se desenvolvem predominantemente de forma distanciada, na maior parte das vezes com profissionais e equipes técnicas distintas. Algumas peculiaridades e demandas específicas geralmente colaboram para esse distanciamento, mas há situações em que a simples presença de profissionais de geologia de engenharia pertencentes às equipes de meio ambiente, em contato com as equipes de projeto de engenharia, contribui para melhorar um pouco a integração e a consequente utilização plena dos conhecimentos obtidos. E o mesmo se poderia conseguir no sentido inverso, ou seja, com profissionais de projetos de engenharia presentes nas equipes responsáveis pelos estudos ambientais.

De certo modo, as demandas associadas a requisitos próprios de cada contexto, como a questão do objeto e da escala dos produtos cartográficos gerados, contribui um pouco para esse distanciamento. Enquanto os estudos de projeto de engenharia tendem a se voltar mais para o conhecimento do meio físico no subsolo e em escala de obra, os estudos geológico-geotécnicos para fins de viabilidade ambiental se direcionam geralmente para o entendimento mais abrangente da geodinâmica de superfície, onde, em princípio, eventuais consequências negativas de um dado empreendimento tendem a ser evidenciadas especialmente sob o ponto de vista socioambiental e de uso e ocupação do solo. Vale salientar que isso se configura apenas como aspecto comumente verificado, não se constituindo como regra. Há casos em que os estudos realizados mostram exatamente o contrário, fruto de demandas específicas. Em relação à escala, por exemplo, esta se apresenta como um diferencial apenas em alguns casos, havendo situações em que os impactos se distinguem mais significativamente em nível de detalhe, requerendo investigações específicas adicionais, como ocorre em relação a interferências nas águas subterrâneas em casos de mineração, aterros sanitários e loteamentos.

A situação onde se nota maior aproximação entre os estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação está nos casos que envolvem escavações ou obras subterrâneas,

como túneis rodoviários ou ferroviários, para os quais o conhecimento desenvolvido em cada frente de aplicação acaba sendo frequentemente útil também à outra. Depreende-se que, nos empreendimentos com intervenções relevantes no solo e nas águas subterrâneas, o conhecimento em sub-superfície se mostra tão importante quanto o que se refere à superfície, mostrando-se relevante nas duas frentes de aplicação consideradas.

A partir dos casos considerados e da análise de cada um deles em termos de uma classificação

quanto a um dos três graus relativos adotados (alto, médio e baixo), em relação à integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados para fins de projetos de engenharia e para fins de avaliação e gestão de impactos ambientais, obteve-se a síntese apresentada na **Tabela 2**. Na comparação com as Figuras 1 e 2, as fases do empreendimento, bem como os projetos e estudos correlatos, reúnem as denominações contidas nessas duas figuras, abrangendo assim tanto obras de infraestrutura quanto indústrias em geral.

Tabela 2 - Grau relativo de integração dos estudos geológico-geotécnicos realizados para fins de projetos de engenharia e de avaliação e gestão de impactos ambientais, conforme predominância geral observada em relação ao conjunto dos casos analisados, de acordo com as fases de um empreendimento propostas em IBAMA (2009) e FIESP & CETESB (2011).

ESTUDOS PARA FINS DE PROJETOS DE ENGENHARIA	ESTUDOS PARA FINS DE AVALIAÇÃO E GESTÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL		INSTRUMENTOS DE GESTÃO AMBIENTAL	
		EIA/Rima	PBA da Construção	PAC ou PEA	PGA, SGA ou PBA da Operação
Fase do empreendimento, conforme IBAMA (2009) e FIESP & CETESB (2011)	Projetos e estudos de engenharia				
Viabilidade ou pré-projeto	Anteprojeto ou projeto conceitual e estudos de viabilidade	Alto	Médio	NO	NO
Desenvolvimento do projeto	Projeto básico	Médio	Médio	Baixo	Baixo
	Projeto executivo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Instalação, construção e/ou montagem	Projeto executivo atualizado	Baixo	Baixo	Médio	Baixo
Operação	Plano funcional ou projeto operacional	Baixo	NO	NO	Médio

Obs.: EIA/Rima- Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental; PBA- Plano Básico Ambiental; PAC- Plano Ambiental da Construção; PEA- Projeto Executivo Ambiental; PGA- Plano de Gestão Ambiental; SGA- Sistema de Gestão Ambiental; e NO- Não Observado.

Essas observações sugerem apontar que, em face do grau relativo de integração observado nos casos analisados, a integração entre os conhecimentos do meio físico aplicados à engenharia e ao meio ambiente se mostra maior na fase de viabilidade ou pré-projeto do empreendimento, especialmente na interface entre projeto conceitual e EIA/Rima. Decorre esperar que as chances de sucesso do projeto, em termos de viabilidade ambiental, tende a ser maior quando o processo de concepção técnica do projeto engloba as variáveis ambientais, estendendo-se a todo o espectro da avaliação ambiental relacionada aos aspectos

geológico-geotécnicos. A contramão disso é exatamente o caso da realização do EIA/Rima após o projeto estar praticamente concebido em suas diretrizes técnicas essenciais. Procedimento este ainda frequente e cujos resultados se mostram flagrantemente prejudiciais tanto para a demonstração da viabilidade ambiental do projeto quanto para a condução do licenciamento ambiental, afetando a celeridade na análise por parte dos órgãos ambientais, a aceitação pública da obra e a obtenção da LP. No restante, envolvendo as fases de desenvolvimento do projeto, instalação e operação, incluindo as transições entre estas, evidencia-se

uma aproximação variando entre média e baixa, o que denota uma integração relativamente menor.

No geral, pode-se considerar que se carece de uma cultura ou prática desenvolvida no sentido de uma maior cooperação entre as equipes responsáveis pelos estudos geológico-geotécnicos realizados nas duas frentes de aplicação, bem como de profissionais que facilitem esse processo e utilizem linguagem adequada e favorável à percepção das relações existentes e dos benefícios advindos de uma integração efetiva. Nas situações em que tal cooperação se mostra mais presente, notam-se maior economia de recursos e expressiva redução de tempo com a análise ambiental dos dados e informações geológico-geotécnicas, elementos estes comumente presentes entre os focos do empreendedor e da equipe projetista.

A participação de profissionais com trânsito nas duas frentes de aplicação e o uso do conhecimento do meio físico na fase mais avançada de viabilidade, como se vê em relação ao projeto básico, também se mostra aquém de sua potencialidade. Quanto à fase de instalação propriamente dita, deve-se ressaltar o exemplo da prevalência de alguns procedimentos adotados de modo generalizado durante a construção, muitas vezes desconsiderando distintas suscetibilidades do ambiente físico, evidenciando baixa integração com os estudos geoambientais realizados. Dentre esses procedimentos, cita-se, apenas como exemplo, em relação a processos erosivos e depocionais, a execução extensiva de terraplenagem e a consequente exposição prolongada e simultânea de amplas áreas de solos, em cortes e aterros, possivelmente em obediência única a diretrizes de produção e com pouca sintonia em relação à gestão ambiental e ao controle de processos do meio físico a ela associado. Situações como essa ilustram o distanciamento entre engenharia e meio ambiente na fase de instalação. A generalização de procedimentos parece estar sempre influenciada por cronogramas e custos, mas deve-se também à ausência de uma cooperação entre as equipes em grau mais elevado. Na prática, é como dizer que a equipe de engenharia “faz a obra” e a equipe de meio ambiente “corre atrás”. Haveria que se buscar, nessa relação, maior equilíbrio e sincronia entre as atividades de construção e as de gestão ambiental, em um regime no qual não se possibilitasse acarretar,

desnecessariamente e por período muito longo, extensas áreas de solo exposto.

Esses e outros aspectos chamam a atenção para a necessidade de uma crescente cooperação entre as atividades de construção e as de gestão ambiental. Em algumas situações, evidencia-se a defasagem temporal entre ambas, com a primeira por vezes se distanciando muito à frente da segunda, o que resulta em baixa aplicação dos conhecimentos acerca do meio físico. Fundamentando-se nos princípios do desenvolvimento sustentável, hoje mundialmente propugnados, considera-se que ambas têm a mesma importância e, se assim abordado, devem evoluir de maneira mais sincronizada e integrada. Esse talvez seja um dos maiores desafios a equacionar em obras. Muitos gestores aparentemente ainda não consideram que a internalização dos aspectos ambientais se mostra cada vez mais coincidente com os aspectos de engenharia. Essa abordagem se expressa também na aceção usual do termo “geologia de engenharia”, muitas vezes entendido como passível de aplicação exclusiva ao desenvolvimento do projeto de construção da obra em si, e seus aspectos de interesse mais imediato, como custos e prazos, como se fosse possível executá-la sem interagir com o ambiente geológico-geotécnico.

5 CONCLUSÕES

Em face das considerações efetuadas e dos estudos de caso analisados, os resultados obtidos com a realização do presente trabalho sugerem concluir que:

- a) Em empreendimentos de infraestrutura e da indústria de base, distinguem-se duas frentes principais de aplicação do conhecimento geológico-geotécnico: os estudos geológico-geotécnicos para fins de projetos de engenharia; e os estudos geológico-geotécnicos para fins de avaliação e gestão dos impactos ambientais. Estes últimos, por vezes encontram-se simplificados sob a denominação de estudos do meio físico ou estudos geoambientais, sobretudo nas etapas iniciais do processo de AIA, mas invariavelmente encerram aspectos de natureza predominantemente geológico-geotécnica;

- b) Embora com enfoques, abordagens e ferramentas distintos, tanto os estudos geológico-geotécnicos em projetos de engenharia quanto os estudos geoambientais contemplam essencialmente o mesmo objeto de análise, ou seja, a interação obra-meio físico. Essa constatação sugere a importância de que haja uma integração entre estudos geológico-geotécnicos desenvolvidos nas duas frentes de aplicação;
- c) Os estudos geológico-geotécnicos realizados para fins de projetos de engenharia, quando utilizados também em AIA, tendem a propiciar a identificação de aspectos e impactos ambientais importantes. Da mesma forma, conhecimentos geológico-geotécnicos adquiridos ou gerados durante o processo de AIA, incluindo a gestão ambiental a ser realizada nas fases de instalação e operação de empreendimentos, têm se mostrado úteis também aos projetos de engenharia. Todavia, em vista do potencial de integração identificado, observa-se que, ante as práticas atuais, muito ainda se pode avançar. Há sinais de cooperação entre as equipes técnicas, bem como de integração entre os estudos geológico-geotécnicos aplicados a projetos de engenharia e à avaliação e gestão de impactos ambientais, mas predomina ainda certo distanciamento, situação esta possivelmente influenciada por demandas específicas requeridas de maneira isolada pelo empreendedor em cada uma das frentes de aplicação;
- d) A integração propiciada pela correspondência temporal e de conteúdo na realização dos projetos de engenharia e dos estudos geoambientais necessários a um empreendimento, em razão da vinculação da AIA ao licenciamento ambiental, tem sido observada, porém ainda em grau muito aquém do potencial. A constatação de alguns empreendimentos em que o grau de integração se mostra relativamente mais elevado indica que situações melhores podem ser obtidas em um número maior de casos; e
- e) Os conhecimentos geológico-geotécnicos desenvolvidos na fase de viabilidade e de desenvolvimento de projeto de uma grande obra de engenharia deixam muitas vezes de ser

plenamente aproveitados durante as fases de instalação e operação de empreendimentos, fato salientado pela frequência de grau de integração considerado baixo e médio nessas fases, o que atenta contra a efetividade das sistemáticas de planejamento de obras e de avaliação de impactos ambientais.

Ressente-se, enfim, não apenas de uma maior sincronia entre as atividades atinentes a cada contexto, mas também de ações e atitudes que favoreçam incrementar a aproximação entre conteúdos tecnológicos. Frequentemente, isso parece depender mais da percepção de profissionais que conduzem os projetos de engenharia, no sentido de fomentar a efetiva integração com as equipes de meio ambiente.

Estimular a cooperação entre diferentes perspectivas acerca do mesmo objeto (ou seja, a interação obra-meio físico), o que se pode fazer aproximando mais os profissionais de geologia e/ou geotecnia envolvidos nas duas frentes de aplicação, bem como aumentar o intercâmbio de conhecimentos adquiridos e gerados nas fases de viabilidade, desenvolvimento, instalação e operação de um empreendimento, constituem desafios atuais a enfrentar.

Agradecimentos

Registram-se os agradecimentos: às empresas e agências governamentais envolvidas nos estudos de caso analisados, pelas oportunidades oferecidas nas atividades de avaliação e de acompanhamento geoambiental da instalação e operação de empreendimentos; aos profissionais que atuaram na construção dessas obras e que, de uma maneira ou outra, interagiram e contribuíram nos trabalhos realizados; e aos colegas Nivaldo Paulon, André Luiz Ferreira e Wellington Gomes dos Santos, pelo apoio na pesquisa e na preparação das ilustrações.

REFERÊNCIAS

Anderson, F.J. 2006. A highlight of environmental and engineering geology in Fargo, North Dakota, USA. *Environmental Geology*, 49:1034-1042.

- Bell, F. G. 2008. *Basic Environmental and Engineering Geology*. Whittles Publishing, Caithness, Scotland, 342 pp.
- Bitar, O.Y.; Campos, S.J.A.M.; Gallardo, A.L.C.F.; Cavallieri, C.P.; Alvarenga, M.C.; Paulon, N.; Braga, T.O.; Tiezzi, R.O.; Gama Junior, G.F.C.; Gomes, C.L.R.; Ferreira, A.L. 2010. Impactos geoambientais em obras viárias: avanços e desafios na construção do rodoanel metropolitano de São Paulo, Brasil. In: REDE/IAIA, Conferência da Rede de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos: transportes, desenvolvimento urbano e avaliação de impactos, 1, Lisboa, *Atas ...* Disponível em <http://www.redeimpactos.org/upload/atas.pdf>, p.145-157. Acessado em 30 ago 2010.
- Campos, S. J. A. M.; Bitar, O. Y.; Gama Júnior, G. F. C.; Gallardo, A. L. C. F.; Paulon, N. 2008. Integração de alternativas tecnológicas para proteção de recursos hídricos na fase de construção de obras rodoviárias: o caso do Trecho Sul do Rodoanel Metropolitano de São Paulo. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12, Porto de Galinhas, *Anais ...*, v.1, CD-Rom.
- Campos, S.J.A.M.; Gallardo, A.L.C.F.; Bitar, O.Y.; Gama Júnior., G.F.C.; Cavallieri, C.P.; Alvarenga, M.C.; Paulon, N.; Gomes, C.L.R.; Ferreira, A.L.; Soares, E.B. 2010. Technological alternatives for erosion control in road construction. In: IAEG, Congress Of The International Association For Engineering Geology And The Environment, 11, Auckland, New Zeland. *Proceedings ...* Boca Raton: CRC Press, CD-Rom.
- Federação das Indústrias do Estado de São Paulo- FIESP; Companhia Ambiental do Estado de São Paulo- CETESB. 2010. Licenciamento Ambiental da Atividade Industrial na Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/publicacoes/meio-ambiente.aspx>. Acessado em 29 abr 2011.
- Gallardo, A. L. C. F.; Campos, S. J. A. M.; Bitar, O. Y.; Azevedo, S. G. 2008a. A relevância dos estudos hidrogeológicos e geológico-geotécnicos desde as fases iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental: considerações a partir de casos de mineração. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12, Porto de Galinhas, *Anais ...*, v.1, CD-Rom.
- Gallardo, A. L. C. F.; Campos, S. J. A. M.; Gama Júnior, G.F.C.; Azevedo, S. G. 2008b. Discussão de aspectos hidrológicos, hidráulicos e hidrogeológicos na implantação de loteamentos: recomendações para atenuação dos impactos ambientais resultantes. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12, Porto de Galinhas, *Anais ...*, v.1, CD-Rom.
- Gallardo, A. L. C. F.; Sanchez, L. E. 2005. Atenuação de impactos ambientais associados a grandes obras de engenharia - do projeto à operação - pista descendente da rodovia dos Imigrantes. In: ABGE, Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 11, Florianópolis, *Anais ...*, CD-Rom.
- Grebici, K. 2007. La maturité de l'information et le processus de conception collaborative. These pour obtenir le grade de Docteur de L'Institut National Polytechnique de Grenoble, Spécialité Génie Industriel, 393p.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 2009. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/>. Acessado em 26.10.2009.
- Marreco, M. 2010. Avaliação de Impactos no Brasil: perspectivas futuras. In: REDE/IAIA, Conferência da Rede de Língua Portuguesa de Avaliação de Impactos: Transportes, Desenvolvimento Urbano e Avaliação de Impactos, 1, Lisboa, *Atas ...* Disponível em: <http://rcpt.yousendit.com/899289135/70e63f48eab8fb8b18cc03119c5ec8f4>. Acessado em 28 jun 2010.
- Sánchez, L. E. 2006. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos*. Oficina de Textos, São Paulo, 496 pp.
- Sánchez, L. E., Hacking, T. 2002. An approach to linking environmental impact assessment and environmental management systems. *Impact Assessment and Project Appraisal*, Guildford, v. 20 (1), p.25-38.