

OS SOLOS NO LICENCIAMENTO AMBIENTAL DE ATIVIDADES MINERÁRIAS COM ELEVADO POTENCIAL POLUIDOR NO ESTADO DE MINAS GERAIS

SOILS IN THE ENVIRONMENTAL LICENSING OF MINING ACTIVITIES WITH HIGH POLLUTING POTENTIAL IN THE STATE OF MINAS GERAIS

João Pedro Martins da Cruz
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
joao.pedro.10m@gmail.com

Frederico Wagner de Azevedo Lopes
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
fwalopes@gmail.com

Cristiane Valéria de Oliveira
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG
crisval_oliveira@yahoo.com.br

Malena Silva Nunes
CEFET-MG
malenanunes@cefetmg.br

Resumo

Os solos fornecem serviços ecossistêmicos essenciais, como sustentação, produção de alimentos e materiais, e habitats. Apesar de sua importância estratégica, os diagnósticos realizados para subsídio ao licenciamento ambiental os abordam de forma generalizada, restringindo-se à descrição da classe de solo e aos processos erosivos associados às atividades do empreendimento. Essa abordagem denota possíveis fragilidades nos métodos e critérios utilizados para análise de impactos ambientais sobre solos em Estudos de Impacto Ambiental (EIA's). Dessa forma, este trabalho buscou verificar a conformidade desses estudos em relação aos critérios dos Termos de Referência (TR's). A análise dos EIA's (n=14), elaborados para empreendimentos de significativo potencial poluidor, evidenciou que o solo é pouco ou não contemplado, apresentando baixo atendimento aos requisitos estabelecidos nos referidos termos. Os resultados indicam a necessidade de ampliar e atualizar os itens relacionados ao solo nos TR's, por meio da adoção de critérios mínimos de análise de solos em estudos de impactos ambientais. A partir de uma análise mais detalhada e específica, o processo de Avaliação de Impactos Ambientais, como subsídio ao Licenciamento Ambiental, permitirá a qualificação e quantificação dos impactos, sobre os solos, de forma mais assertiva e, consequentemente, a proposição de medidas mitigadoras.

Palavras-chave: Estudo de Impactos Ambientais. Conformidade Ambiental. Termos de Referência

Abstract

Soils provide critical ecosystem services, including structural support, food and raw material production, and habitat provision. Despite their strategic importance, soils are often addressed in a generalized and superficial manner within environmental licensing processes, with assessments typically limited to soil classification and the identification of potential erosion processes associated with project activities. This narrow scope reveals significant methodological and conceptual limitations in the evaluation of soil-related impacts in Environmental Impact Assessments (EIAs). This study analyzed the methodologies and evaluation criteria applied to soil components in EIAs conducted under the environmental licensing framework in Minas Gerais, Brazil. The objective was to assess the extent to which these assessments align with the requirements established in the Terms of Reference (ToRs) and in the relevant technical literature, with the aim of informing future revisions and the potential standardization of minimum criteria for soil analysis. The review of ToRs and 14 EIA reports indicated that soils are insufficiently considered, with limited coverage and low adherence to established requirements. The results highlight the urgent need to expand and update soil-related content in ToRs to promote more comprehensive, consistent, and technically robust analyses. Further studies are recommended to extend this evaluation to additional ToRs and to develop guidelines that enhance the integration of soil considerations into environmental licensing practices.

Keywords: Environmental Impact Assessment. Compliance Environmental. Terms of Reference

Introdução

Com o desenvolvimento progressivo da sociedade, principalmente após a revolução industrial e urbana iniciada no século XVIII, a demanda por recursos naturais foi aumentando, superando, em muitos casos, sua capacidade de resiliência (Goudie, 2013; Steffen et al., 2015). Desse modo, os impactos negativos sobre os ecossistemas naturais passaram a ser cada vez mais significativos, o que culminou com a chamada “emergência da questão ambiental” (Barros-Platau et al., 2004).

O referido instrumento pode ser definido como “o procedimento administrativo destinado a licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental” (Minas Gerais, 2021, sp). Consiste, então, na autorização de um empreendimento instalar-se e executar suas atividades, após a análise dos estudos solicitados pelo órgão competente, visando especialmente, o diagnóstico e avaliação dos impactos ambientais que poderão ser gerados (Sanchez, 2013; Almeida; Malvestio; Bernardi; 2019).

Neste contexto, dentre os componentes do meio físico, os solos proporcionam diversos serviços ecossistêmicos com funções de regulação, provisão e culturais, tais como a mitigação de eventos de inundações; purificação e disponibilização de água; sequestro e

armazenamento de carbono; produção de alimentos, dentre outros essenciais para a sobrevivência e desenvolvimento humano (Vezzani, 2015; Rodrigues et al., 2021). Entretanto, as ações antrópicas, tais como a agricultura, expansão urbana, desmatamento e mineração têm gerado impactos ambientais relacionados à salinização acelerada, acidificação e indução e/ou intensificação de processos erosivos acelerados (Brady; Weil, 2013; Goudie, 2013; Castro; Santos, 2020; Alves et al., 2024).

Neste contexto, as atividades minerárias tendem a apresentar elevado potencial poluidor sobre os solos (Minas Gerais, 2017), em função das inerentes ações necessárias à exploração mineral e a sua rigidez locacional. Desta forma, os levantamentos e estudos, necessários para procedimento para o licenciamento ambiental de tais atividades, devem contemplar tanto a multiplicidade de classes de solo quanto as combinações de fatores ambientais, haja vista a diversidade de serviços ecossistêmicos associados a este componente. No entanto, há um predomínio de análises, restritas à descrição da classe em que as atividades do empreendimento serão instaladas, bem como os possíveis processos erosivos associados. Há, portanto, uma fragilidade no foco deste componente físico natural, haja vista a generalização quanto aos métodos e critérios de levantamento e análise de impactos ambientais sobre os solos em Estudos de Impacto Ambiental.

Em Minas Gerais as atividades e os empreendimentos minerários são os principais demandantes de licenças ambientais dada a vocação mineral do estado em virtude de sua formação geológica-geomorfológica, sendo o Quadrilátero Ferrífero a principal localidade de acúmulo de jazidas minerais diversas (Lobato; Costa, 2018). Devido à concentração de minérios no território mineiro, o estado constituiu-se historicamente através de expressiva exploração mineral que, conseqüentemente, acarretou, e ainda acarreta, na geração de diversos passivos ambientais nos meios biótico, socioeconômico e físico (Rezende, 2016; Milanez, 2017; Oliveira; Pereira, 2019; Cota; Magalhães Junior, 2025).

Considerando o quadro acima exposto, este trabalho objetiva levantar e avaliar as metodologias e os critérios adotados nos Estudos de Impactos Ambientais (EIA's), especificamente para o componente físico natural solo, no âmbito do licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais, visando verificar a conformidade destes estudos em relação aos critérios exigidos nos Termos de Referência e em especificações descritas em literatura. Deste modo, pretende-se subsidiar futuros estudos para a padronização e/ou atualização dos critérios mínimos de análise de solos, em processos de regularização ambiental.

Materiais e métodos

Para a verificação e análise da abordagem dos solos no licenciamento ambiental mineiro, realizou-se a apreciação dos Termos de Referência (TR's), geral e específicos para a mineração, disponibilizados pela SEMAD, para elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA's). As atividades minerárias passíveis de licenciamento no estado de Minas Gerais, estão previstas na listagem A, da Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental – COPAM no 217 de 2017¹ (Minas Gerais, 2017).

Os Termos de Referência selecionados para avaliação foram: (i) Geral; (ii) para atividades minerárias em áreas cársticas no estado de Minas Gerais; (iii) para pesquisa mineral com a utilização de guia de utilização com supressão de vegetação secundária nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio médio e avançado de regeneração, quando envolver o emprego de guia de utilização expedida pelo Departamento Nacional de Produção Mineral -DNPM; e (iv) para pesquisa mineral com a utilização de guia de utilização com supressão de vegetação secundária nativa pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio médio e avançado de regeneração, quando não envolver o emprego de guia de utilização expedida pelo DNPM. Em todos estes termos, foram selecionados os itens em que o solo é abordado.

Realizou-se uma análise comparativa entre estes quatro TR's, visando identificar os critérios de análise aplicáveis aos solos, por meio da técnica da nuvem de palavras, que consiste em uma representação gráfica que demonstra a frequência que terminologias ou palavras são empregadas em textos (Vasconcelos-Silva; Araujo-Jorge, 2019), possibilitando uma visualização clara de resultados, bem como demonstra a análise qualitativa efetuada.

Construída através de algoritmos, presentes em softwares e domínios em endereços eletrônicos, a nuvem de palavras representa quais palavras demonstram relevância, mensurada pelo número de vezes que se repetem ao longo do texto analisado, e representada graficamente pela variação de cor e tamanho da fonte (Morais; Siqueira, 2015; Abreu; Marchezini, 2017; Nunes; Cruz; Borges, 2021; Rodrigues et al., 2021). Para o desenvolvimento das nuvens de palavras, utilizou-se a plataforma digital Wordart Create, na qual foram inseridos os seguintes termos de busca: “solo”, “pedologia”, “pedológicos”,

¹ <https://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45558>

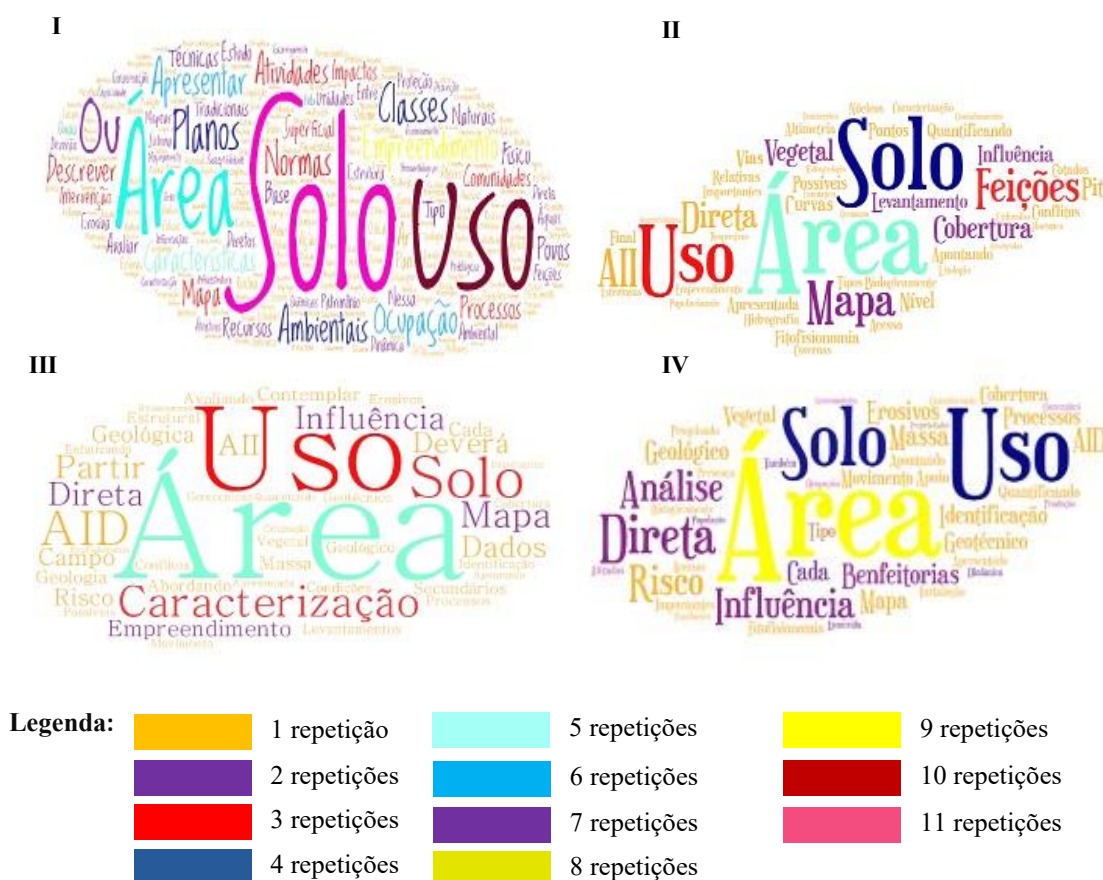
“impactos”, “degradação”, “assoreamento”, “erosão”, “erosivos”, “movimentos de massa”, “escorregamento”.

Realizou-se também, a verificação qualitativa de Estudos de Impacto Ambiental (EIA), associados a pareceres técnicos emitidos pela Superintendência de Projetos Prioritários (Suppri), disponibilizados no Sistema de Decisões dos Processos de Licenciamento Ambiental (MINAS GERAIS, 2023). Do universo de 177 processos disponíveis na plataforma, aplicou-se quatro critérios: (i) Processos da listagem A (111 processos), (ii) Processos que possuíram EIA (37 processos), (iii) processos que só possuem atividades minerárias (27 processos) (iv) EIA's disponíveis para acesso e completo (14 processos; obtendo um total de 14 processos para análise, referentes a atividades de lavra e/ou atividades/estruturas associadas, localizados na região central do estado.

Para a avaliação dos referidos EIA's, foi elaborada uma lista de avaliação da conformidade aos itens presentes nos Termos de Referência, adaptada a partir da lista de verificação proposta por Sanchez (2013).

Resultados e Discussão

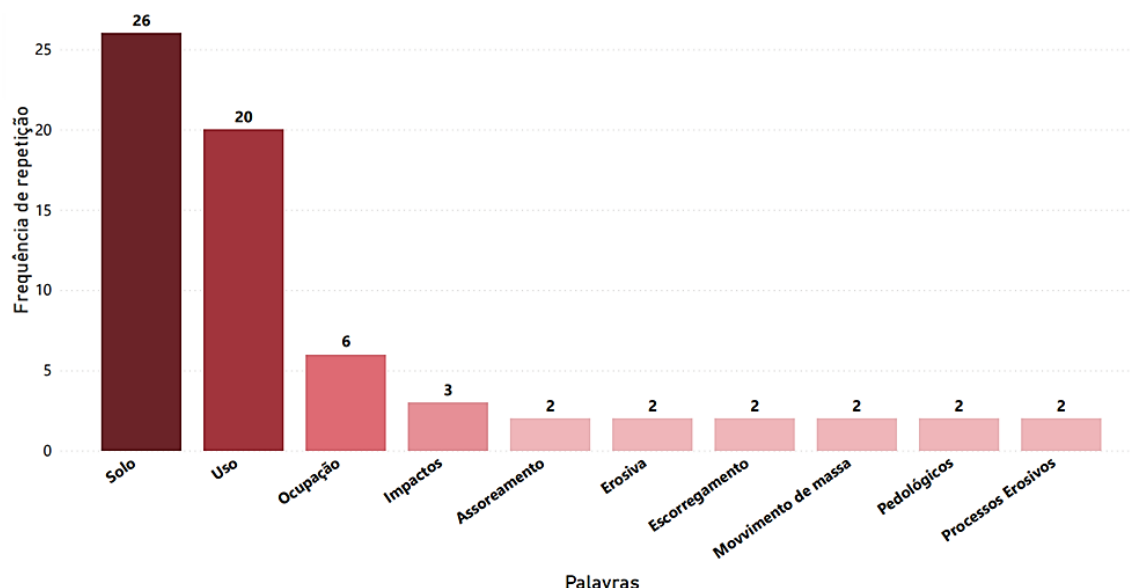
Dentre os quatro termos analisados, os três TR's específicos mencionam o solo, como componente físico-natural, com baixa frequência (1 a 3 menções), sendo associado aos tipos de solo e aos processos erosivos e de movimento de massa (Figura 1). O TR Geral, por abranger um número maior de atividades minerárias, é o que apresenta o maior número de menções ao solo como componente físico-natural associado às palavras “impactos”, “erosiva”, “pedológicas”, “escorregamento” e “assoreamento”, que se repetem de três a duas vezes ao longo do documento.

Figura 1: Nuvem de palavras dos quatro termos de referência analisados.

Nota: I – TR Geral; II – TR Áreas Cársticas; III – TR Supressão de Mata Atlântica com Guia de Utilização do DNPM; IV – TR Supressão de Mata Atlântica sem Guia de Utilização do DNPM

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A palavra solo aparece predominantemente associada ao uso e à ocupação em 77% das menções, demonstrando que o maior destaque dado pelos TR's está associado, possivelmente, às diferentes atividades que estão sendo realizadas no solo, que neste caso, constitui-se como qualquer área da superfície terrestre. Nos demais termos relacionados ao solo, do tal de menções (n=13), 84,6% estão associadas a impactos e processos do solo e somente duas, relacionadas a características dele (Pedológicas). (Figura 2).

Figura 2: Quantificação das palavras associadas ao solo presentes nos TR's analisados.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Sendo assim, cabe explicitar a diferença entre solo, enquanto componente físico natural, e Uso e Ocupação do Solo. O solo propriamente dito, para a Pedologia, é:

“uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contêm matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas” (EMBRAPA, 2018, p.27).

Enquanto o Uso e Ocupação do Solo ou somente Uso do Solo, trata-se da forma que o ser humano se apropria do solo, através de atividades como: agricultura, construção de cidades, exploração minerária, entre outros, em conjunto com os componentes físico naturais (geologia, geomorfologia, vegetação, pedologia). Trata-se, portanto, de uma análise integrada, geralmente associada a um mapeamento dos atributos físicos e humanos de uma determinada área (Santos, 2004).

Com esta análise, é perceptível que o solo, como componente físico-natural, é pouco tratado ao longo dos Termos de Referência dos Estudos de Impactos Ambientais de

Atividades Minerárias. Tal fato pode levar a um levantamento limitado dos possíveis impactos, haja vista os diversos serviços ecossistêmicos providos pelos solos (e.g. Rodrigues et al., 2021). A desconsideração de aspectos pedológicos pode levar à degradação do solo através da destruição da sua estrutura (via compactação), maior exposição aos agentes intempéricos, entre outros, que por sua vez, irá se refletir em maximização dos impactos ambientais como diminuição da infiltração da água no solo, aumento da erosão, e até mesmo comprometimento dos empreendimentos através da diminuição da vida útil de barragens e comprometimento de estradas.

Cabe ressaltar que, de todos os impactos citados acima, somente o de processos erosivos é versado, e somente no Termo Geral. Os demais impactos não são mencionados ao longo dos TR's, o que confirma o quanto o solo, como componente físico-natural, não apresenta requisitos específicos de análise no processo de licenciamento ambiental das atividades minerárias, no estado de Minas Gerais.

Ainda cabe destacar que a presença de somente três Termos de Referência Específicos para elaboração de Estudos de Impactos Ambientais de atividades minerárias, contraria o que está disposto na Resolução Conama 01/86, Art. 5º, que dispõe, sobre os TR's, que:

Ao determinar a execução de estudo de impacto ambiental, o órgão estadual competente, ou o Ibama, ou quando couber, o Município, fixará as diretrizes adicionais que, pelas peculiaridades do projeto e características da área, forem julgadas necessárias, inclusive os prazos para conclusão e análise dos estudos (Brasil, 1986, Art. 5º, grifo nosso)

Afinal, das vinte três atividades minerárias citadas na DN COPAM 217, o estado de Minas Gerais fixa especificidades somente para aquelas situadas em áreas cársticas e nas que realizarão pesquisas minerais com supressão de vegetação em regeneração no Bioma Mata Atlântica.

Análise dos EIA's conforme os Termos de Referência

Destaca-se que um dos empreendimentos avaliados estava situado em área cárstica, mas não foi utilizado o TR Específico de Áreas Cársticas para elaboração do EIA,

demonstrando uma ineficiência ao atendimento de normativas estaduais pela SUPPRI, que deveria ter reprovado o estudo e solicitado que ele fosse escrito conforme o TR Específico.

Os itens, para avaliação dos EIA's, foram selecionados ao longo de todo o TR, e ao todo, encontrou-se, quatorze itens, Quadro 1, que versavam sobre o solo. Estes estavam dispostos ao longo de diferentes capítulos, sendo eles: 3.1 Alternativa Locacional; 7 Caracterização do empreendimento/atividade e aspectos ambientais; 9.1.5 Geomorfologia; 9.1.6 Suscetibilidade a processos erosivos; e 9.1.7 Pedologia e Aptidão Agrícola.

Quadro 1: Itens do Termo de Referência Geral que versam sobre o solo

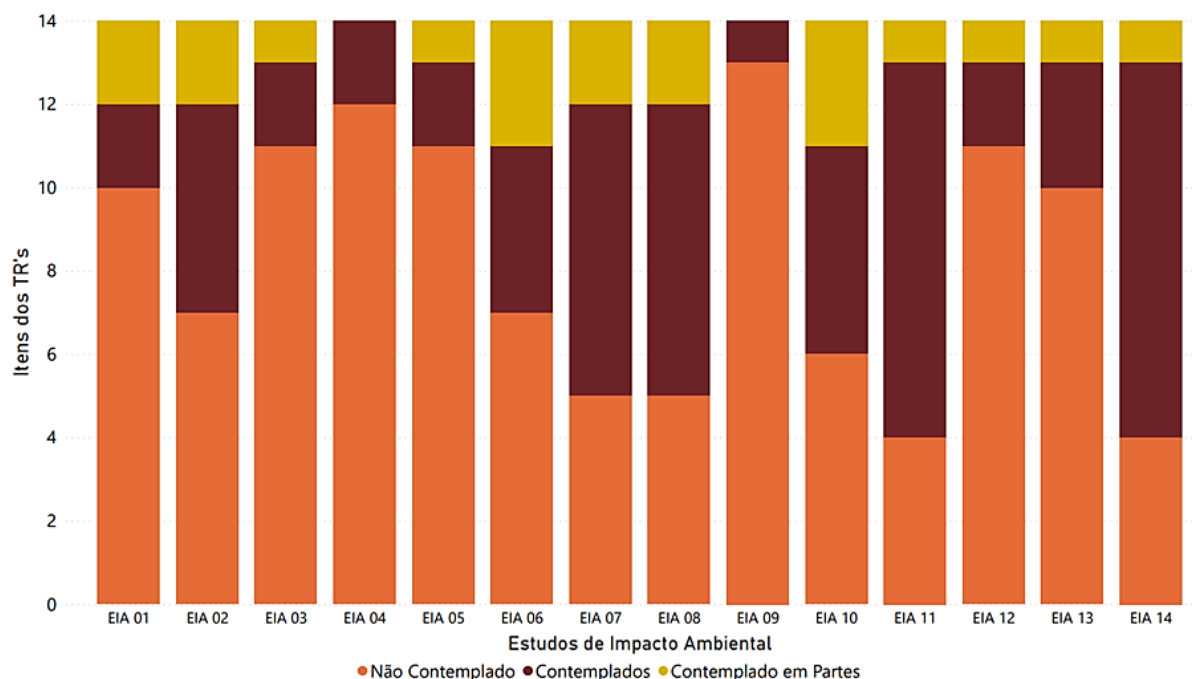
Item	Descrição	% de contemplação dos itens nos EIA's
01	Para cada Alternativa Locacional apresentar o Volume de solo e rocha movimentados em atividades de terraplanagem, aterro hidráulico, dragagem, derrocamento e enrocamento.	7,1
02	Apresentar disposições do solo orgânico, para futuro emprego na recuperação da área minerada, pilhas de estéril, e demais estruturas de apoio.	14,3
03	Indicar a susceptibilidade erosiva.	35,7
04	Caracterizar de forma geral área de estudo quanto à susceptibilidade erosiva e a processos de dinâmica superficial do relevo.	50,0
05	Para a área sujeita aos impactos diretos do empreendimento, elaborar mapa com classes de fragilidade ambiental do terreno, com base nas informações geológicas, pedológicas e de declividade, além de trabalhos de campo e análise de fotografias aéreas recentes.	14,3
06	Descrever e mapear as feições eventualmente existentes, como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de escorregamentos, tombamentos, matacões e blocos sujeitos a queda e rolamento, assoreamento, áreas inundáveis, subsidência, colapsos, recalques e rastejos.	0,0
07	Descrever os processos de dinâmica superficial atuantes nessa área, como o tipo de escoamento superficial (difuso ou concentrado), erosão, inundação, assoreamento das drenagens e escorregamento.	14,3

Item	Descrição	% de contemplação dos itens nos EIA's
08	Apresentar o mapeamento dos tipos de solos e capacidade de uso na área suscetível aos impactos diretos do empreendimento.	21,4
09	Descrever os solos com informações sobre suas características físicas, químicas e morfológicas.	35,7
10	Descrever as classes do solo, conforme o SiBCS.	100,0
11	Apresentar mapa temático das classes do solo em escala compatível.	64,3
12	Caracterizar e mapear as unidades pedológicas, as diferentes classes de uso e aptidão agrícola e a capacidade de uso agropecuário das áreas que sofrerão intervenção direta e que deixarão de produzir.	35,7
13	Apresentar e avaliar os coeficientes de permeabilidade do solo de superfície e de subsuperfície, para as atividades com potencial de contaminação/poluição.	7,1
14	Apresentar também as características físico-químicas dos solos que deverão sofrer intervenção do empreendimento que possam subsidiar os processos de reabilitação das áreas impactadas.	28,6

Fonte: Elaborado pelos autores por meio da seleção de Itens do TR Geral.

A seleção dos Itens do Termo de Referência Geral que versam sobre o solo possibilitou a criação de uma Lista de Avaliação de Conformidades, para cada um dos quatorze EIA's, compostas pelos Itens dos TR's, com os campos: Contemplado, Contemplado em Partes, Não Contemplado; e a Justificativa, que foi utilizada nos itens que eram considerados Contemplados em Partes. A síntese da avaliação está disposta na Figura 3 abaixo.

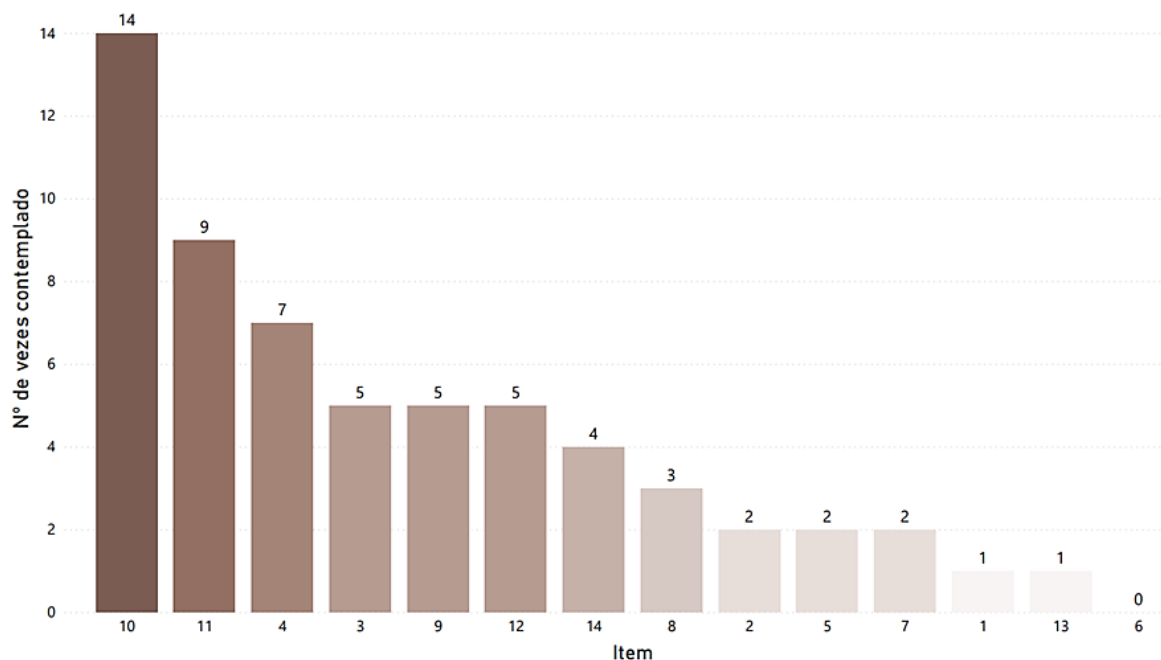
Figura 3: Quantificação, por EIA, dos itens Contemplados, Não Contemplados e Contemplados em Partes



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A partir da interpretação da Figura 03, infere-se que nenhum dos quatorze Estudos de Impactos Ambientais atende totalmente aos itens relacionados a solos. Os EIA's 11 e 14, são os que apresentaram maior atendimento, com nove itens contemplados (64,28%), seguidos pelos EIA's 7 e 8, que atenderam sete itens (50%). O EIA 9 foi o que apresentou pior desempenho dentre todos avaliados, contemplando um único item (7,14%), seguido pelos EIA's 1,3,4,5 e 12 que atenderam somente dois itens (14,28%).

Dos quatorze EIA's analisados, somente quatro apresentaram atendimento aos itens do TR igual ou superior a 50% (EIA's 7, 8, 11 e 14) e todos eles foram aprovados pela SUPPRI, demonstrando que o órgão não direciona grande importância para o solo. Cabe também analisar, o número de vezes, em que cada um dos quatorze itens, foi atendido nos EIA's (Figura 4).

Figura 4: Gráfico com o número de atendimento por Item do TR.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

A observação dos dados graficamente demonstra que somente três itens, dos quatorze, são atendidos em 50% ou mais dos EIA's analisados, sendo eles: item 10 (100% atendido), 11 (64,29% atendido) e 4 (50% atendido). O item 10, se refere a "Descrever as classes do solo, conforme o SiBCS"; enquanto o 11 diz respeito a "Apresentar mapa temático das classes do solo em escala compatível" e o 4 "Caracterizar de forma geral área de estudo quanto à susceptibilidade erosiva e a processos de dinâmica superficial do relevo." Tais itens, podem ser considerados de fácil atendimento, visto que tratam de caracterizações gerais relacionadas ao solo.

Ainda que o item 13, sobre o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, seja abordado em todos os EIA's avaliados, tal menção é genérica, utilizando-se a conceituação geral das classes do solo, sem realizar um aprofundamento específico dos solos das áreas em que os empreendimentos e atividades são instalados e realizadas.

O item 11 é consequência direta do 13, visto que ao se classificar os solos de uma área, a realização do mapeamento é facilitada. A problemática em relação a este item está relacionada à escala de mapeamento que deveria ser utilizada. O TR de referência faz menção a uma "escala compatível", mas não discute, nem fornece referências do que é considerado compatível para os estudos do solo. Desta forma, vários mapas apresentados

utilizam da escala de 1:650.000, proveniente de um levantamento de solos feito pelo Estado em conjunto com Universidades e Centro de Pesquisa (FEAM, 2011), escala cujas informações são muito generalizadas e não devem, conseqüentemente, serem aceitas como “compatíveis” com a área associada aos empreendimentos.

Esta escala abarca toda a extensão do território mineiro, desconsiderando as especificidades das localidades. Acredita-se que o mapa deve servir como um subsídio para o aprofundamento do levantamento de classes do solo, com escalas menos genéricas, que contemplem especificamente a área de instalação dos empreendimentos minerários e suas imediações afetadas diretamente e indiretamente, levantadas em campo.

Sobre a escala adequada de mapeamento dos solos, destaca-se que a EMBRAPA, em 1995, no documento intitulado de “Procedimentos Normativos e Levantamentos Pedológicos” apresenta uma síntese de diferenciação de mapas e tipos de levantamento pedológicos. Nesta síntese, é informado o Nível de Levantamento, Objetivos, Métodos de Prospecção, Material Cartográfico, Unidades de Mapeamento e Escala/Área Mínima Mapeável/Amostragem para realização de estudos do solo. Acredita-se que as atividades minerárias podem ser associadas aos Objetivos “Planejamento e implantação de projetos agrícolas e de engenharia civil” e “Execução de projetos de uso intensivo do solo”, para os quais é sugerido a realização de um mapeamento na escala de 1:20.000 até 1.100.000.

O item 4 trata-se de uma caracterização geral associada a interface entre Pedologia e Geomorfologia, ao apontar que devem ser estudadas a suscetibilidade erosiva e a dinâmica superficial do relevo. Apesar de estar atendido em 50% dos EIA's, observa-se que esta caracterização é realizada de forma genérica, o que não contribui, significativamente, para o entendimento da localidade e dos possíveis impactos que o solo poderá sofrer.

Em relação aos itens que possuíram baixo atendimento ou não foram atendidos, destaca-se o item 06, não atendido em nenhum dos EIA's, que demanda “Descrever e mapear as feições eventualmente existentes, como sulcos, ravinas, voçorocas, cicatrizes de escorregamentos, tombamentos, matações e blocos sujeitos a queda e rolamento, assoreamento, áreas inundáveis, subsidência, colapsos, recalques e rastejo”. O não atendimento ao referido item, pode contribuir para que a degradação física do solo seja intensificada pela ação das atividades minerárias, visto que, se não há a caracterização e o mapeamento das feições já existentes na localidade de instalação e operação dos

empreendimentos minerários, não é possível realizar uma previsão de aumento destas, bem como a proposição de medidas mitigadoras.

O item 13 foi atendido somente uma vez, e é relacionado a “Apresentar e avaliar os coeficientes de permeabilidade do solo de superfície e de subsuperfície, para as atividades com potencial de contaminação/poluição”. Tais informações são essenciais, especialmente em áreas sob influência atividades minerárias, haja vista a presença inerente de contaminantes potenciais, como hidrocarbonetos, liberados ao longo do processo produtivo e pelo aumento da concentração de metais nos solos (Tavares, 2013; Bomfim, 2017;), bem como para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas por (Manoel Filho, 2008; Magalhães Júnior; Lopes, 2022).

No caso da exploração minerária que envolva minérios de sulfetos, predominantemente Chumbo, Cobre e Zinco, há geração de rejeitos com elevadas concentrações de pirita (FeS_2) e Calcopirita (CuFeS_2) (Silva et al., 2016). A associação destes rejeitos com a água, contribui para a formação de águas de elevada acidez, podendo, em alguns casos, gerar Drenagem Ácida de Minas (DAM) (Chile, 2015). Este item também apresenta crucial importância para os estudos relacionados às águas superficiais e subterrâneas.

O item 2 foi atendido somente duas vezes, e diz respeito a “Apresentar disposições do solo orgânico, para futuro emprego na recuperação da área minerada, pilhas de estéril, e demais estruturas de apoio”, O não atendimento levanta uma preocupação quanto aos respectivos Planos/Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), não serem realizados de forma eficiente. O não armazenamento do solo orgânico, e sua posterior disposição sobre uma área a ser recuperada, poderá dificultar na recuperação do solo, tendo em vista que o desenvolvimento de um solo envolve a combinação de distintos fatores.

O item 5 também foi atendido somente duas vezes e dispõe que “Para a área sujeita aos impactos diretos do empreendimento, elaborar mapa com classes de fragilidade ambiental do terreno, com base nas informações geológicas, pedológicas e de declividade, além de trabalhos de campo e análise de fotografias aéreas recentes.” Este item vai de acordo com a proposição preconizada por Ross (1993, p.65), em que “As fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando pretende-se aplicá-las ao planejamento territorial ambiental”. Desta forma, infere-se que para a implantação de uma mineração, os componentes físico-naturais, incluindo o solo, devem ser estudados previamente.

A elaboração deste mapa, concebido como um estudo integrado, é de bastante importância para o planejamento das atividades minerárias que serão realizadas nas áreas de interesse. Segundo Ross (1993, p.63), “os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas”.

Neste contexto, os impactos ambientais associados aos solos podem ser ter sua magnitude e/ou importância influenciados em função das suas características naturais e especificidades de manejo locais, tais como: as tipologias do solo, bem como com a erosividade, erodibilidade, comprimento da encosta, gradiente ou inclinação da encosta, cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas (Brady; Weil, 2013). Deste modo, o diagnóstico ambiental realizado sem o conhecimento aprofundado do objeto de análise (o solo), compromete, conseqüentemente os fundamentos da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), ao limitar o subsídio à tomada de decisões nos órgãos competentes.

Por conseguinte, as propostas de medidas mitigadoras, não atingirão seus objetivos na redução de impactos ambientais sobre o solo. Torna-se, portanto, prudente retomar a discussão da importância que os Termos de Referência têm frente ao processo de licenciamento ambiental, visto que eles são utilizados para o julgamento da qualidade dos estudos ambientais elaborados, por meio da comparação do que era esperado e do que de fato está presente no documento (Almeida; Malvesito; Bernarndi, 2019).

Considerações Finais

A análise dos Termos de Referência (TRs) e dos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) evidenciou a subvalorização do solo enquanto componente físico-natural nos estudos ambientais, especialmente no contexto da mineração no estado de Minas Gerais. A abordagem restrita, com ênfase quase exclusiva na descrição pedológica e nos processos erosivos, limita a identificação de impactos relevantes e compromete a eficácia das medidas mitigadoras.

Diante desse cenário, torna-se necessário o fortalecimento da abordagem do solo nos instrumentos de avaliação ambiental, mediante a análise integrada de outros componentes físico-naturais, como geologia, geomorfologia, climatologia, vegetação e recursos hídricos e sua articulação nos TRs. Além disso, a revisão e atualização dos TRs

com a participação de pedólogos e especialistas, visando ampliar a abrangência e a profundidade das exigências relacionadas ao meio edáfico.

As falhas observadas também se refletem em outros itens dos TRs que apresentaram baixo nível de atendimento nos EIAs analisados, o que aponta para deficiências estruturais no processo de elaboração e cumprimento dos estudos ambientais. A degradação do solo, frequentemente subestimada, compromete serviços ecossistêmicos essenciais e pode acarretar impactos cumulativos e sinérgicos não identificados adequadamente nos estudos atuais.

Assim, recomenda-se a continuidade de investigações voltadas à avaliação crítica dos TRs e EIAs, com ênfase na compreensão sistêmica do solo como recurso natural estratégico. A incorporação de diretrizes mais robustas no licenciamento ambiental poderá aprimorar a identificação de impactos, fortalecer a gestão territorial e promover maior efetividade na conservação dos recursos edáficos.

Referências Bibliográficas

ABREU, E. L. A.; MARCHEZI, F. S. Legislação ambiental em nuvem: uma experiência com nuvens de palavras no estudo do Direito Ambiental. In: **CONGRESSO DE INOVAÇÃO E METODOLOGIAS NO ENSINO SUPERIOR – CIM**, 3., 2017, Belo Horizonte. **Anais do III Congresso de Inovação e Metodologias no Ensino Superior – CIM: I Encontro de Licenciaturas**. Belo Horizonte: UFMG, 2017. Disponível em: <https://congressos.ufmg.br/index.php/congressogiz/CIM/schedConf/presentations>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ALMEIDA, M. R. R.; MALVESTIO, A. C.; BERNARDI, Y. R. Modificações do licenciamento ambiental em Minas Gerais: avanço ou retrocesso? **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 52, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/dma.v52i0.66068>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ALVES, F. X. X. et al. Physical and chemical indicators of soil quality in gully environments, State of Rio de Janeiro (Southeast Brazil). **Revista Ambiente & Água**, Campinas, v. 19, e3015, p. 1–19, 2024. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambiagua.3015>. Acesso em: 25 jul. 2025.

BARROS-PLATIAU, A. F. et al. Meio ambiente e relações internacionais: perspectivas teóricas, respostas institucionais e novas dimensões de debate. In: **Revista Brasileira de Política Internacional**, Brasília, cap. 1, p. 100–130.

BOMFIM, M. R. **Avaliação de Impactos Ambientais da Atividade Minerária**. UFRB, 2017. Disponível em: <
<https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/175229/1/avaliacao.pdf>.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Define o conceito de impacto ambiental e estabelece as normas referentes à elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 out. 1991.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. dos. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, Fortaleza, v. 19, e19002, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19002>. Acesso em: 25 jul. 2025.

CHILE. Ministério de Minería. **Guía Metodológica para la Estabilidad Química de Faenas e Instalaciones Mineras**. Santiago: Gobierno de Chile, 2015.

COTA, G. E. M.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Tensões e compatibilidades de uso da água entre barragens de rejeito de minério e mananciais de abastecimento público na região metropolitana de Belo Horizonte, MG. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 47, 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356 p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. **Mapa de Solos**. Belo Horizonte, 2022. Disponível em: http://www.feam.br/-qualidade-do-solo-e-areas-contaminadas/mapa-de-solos_ Acesso em: 25 jul. 2025.

GOUDIE, A. S. **The human impact on the natural environment: past, present and future**. 7. ed. [S.l.]: Wiley-Blackwell, 2013. 410 p.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; Lopes, F. W. de A. (org.). **Recursos hídricos: as águas na interface sociedade-natureza**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

MANOEL FILHO, J. Contaminação de águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. E. (Org.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3 ed. Rio de Janeiro, CPRM: LABHID, 2008. p. 381- 402

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa nº 217, de 6 de dezembro de 2017. **Diário Oficial de Minas Gerais**, Poder Executivo, Belo Horizonte, 8 dez. 2017. Acesso em: 25 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. **Licenciamento ambiental**. 2021. Disponível em: <https://meioambiente.mg.gov.br/w/licenciamento>. Acesso em: 30 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. **Sistema de decisões dos processos de licenciamento ambiental**. 2023.

Disponível em: <https://semad.mg.gov.br/w/sistema-de-decisoes-dos-processos-de-licenciamento-ambiental>. Acesso em: 30 jul. 2025.

LOBATO, L. M; COSTA, M. A. Recursos minerais no cenário geológico de Minas Gerais. In: **Recursos minerais de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CODEMGE, 2018. Disponível em: <http://recursomineralmg.codemge.com.br/>. Acesso em: 2 maio 2026.

MILANEZ, B. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. In: **Boletim regional, urbano e ambiental** / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada –IPEA, 16 – jan.-jun, 2017, 101p.

MORAIS, L. A.; SIQUEIRA, E. S. Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável: **Concepções de Conselheiros Ambientais do Município de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil**. Rio Grande do Norte, 2015. Disponível em: <https://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2763>. Acesso em: 25 jul. 2025.

NUNES, M. S.; CRUZ, J. P. M.; BORGES, P. E. A. S. O ensino de solos na Base Nacional Comum Curricular. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA – ENANPEGE, 14., 2021**. Disponível em: <https://ns1.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/78441>. Acesso em: 25 jul. 2025.

OLIVEIRA, G. S.; PEREIRA, A. A. Efeitos da implantação e operação do complexo minerário do sistema Minas-Rio na qualidade das águas superficiais. *, Rio Claro, v. 19, n. 1, p. 22–41, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14295/holos.v19i1.12306>. Acesso em: 2 maio 2026.

REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 28, n. 3, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sn/a/t88hDp8F66Rpt5FjQBDQFdn/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 20 abr.2026.

RODRIGUES, A. et al. Systematic review of soil ecosystem services in tropical regions. **Royal Society Open Science**, v. 8, p. 201584, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsos.201584>.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Laboratório de Geomorfologia – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Paulo**, 1993. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/mercator/article/view/19002>. Acesso em: 25 jul. 2025.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impactos ambientais: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 583 p.

SANTOS, R. F dos. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SILVA, A. C. da; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. Rem: **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 133–136, abr./jun. 2001. Acesso em: 25 jul. 2025.

STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, 1259855, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.

TAVARES, S. R. L. **Remediação de solos e águas contaminadas por metais pesados: conceitos básicos e fundamentos**. Rio de Janeiro, RJ, 2013. 147 p

VASCONCELLOS-SILVA, P. R.; ARAÚJO-JORGE, T. C. Análise de conteúdo por meio de nuvem de palavras em comunidades virtuais: novas perspectivas e resultados preliminares. In: **Atas - Investigação Qualitativa em Saúde**, v. 2, p. 41–48, 2019. Portugal.

VEZZANI, F. M. Solos e serviços ecossistêmicos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 8, p. 673–684, 2015.