

O meio físico na seleção de área para implantação de aterros sanitários: análise de sua importância e critérios comparados entre o Estado de São Paulo, Estados Unidos e União Europeia

The physical environment in the selection of landfill sites: analysis of its importance and comparative criteria between the State of São Paulo, the United States and the European Union

Maísa Comar Pinhotti¹

¹Universidade Estadual de Minas Gerais, Minas Gerais - Brasil, maisa3.geo@hotmail.com

Recebido:

10 de abril de 2024

Recebido no formato de revisão:

73 de maio de 2024

Aceito:

22 de junho de 2025

Disponível online:

11 de agosto de 2025

Seção:

Artigos

Palavras-chave:

Resíduos sólidos domiciliares.
Vulnerabilidade ambiental.
Condicionantes físicas.
Licenciamento ambiental.
Legislação comparada.

Keywords:

Environmental characterization.
Household solid waste disposal.
Environmental vulnerability.
Environmental licensing.

<https://doi.org/10.14295/ras.v39i2.30271>



RESUMO

O licenciamento ambiental de atividades e empreendimentos potencialmente poluidores, como os aterros sanitários, opera-se por um procedimento administrativo em que se concede ao empreendedor a licença para operar após análise da documentação pertinente que inclui os estudos ambientais como EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente) e o RAP (Relatório Ambiental Preliminar). Nesses estudos são caracterizados os meios físico, biótico e antrópico em seu estado inicial e as potenciais alterações que podem decorrer da implantação do aterro sanitário. Este artigo analisou estudos ambientais de seis aterros sanitários particulares no Estado de São Paulo a fim de verificar a relevância atribuída ao meio físico na seleção de áreas para sua implantação. Adicionalmente, foi feita a comparação dos valores limites sugeridos pela NBR 13896/1997 em relação aos critérios: topografia, zona insaturada, coeficiente de permeabilidade e distância do aterro a corpos de água superficiais, considerados na análise da CETESB com os utilizados pela Agência Ambiental Americana e pela Comunidade Europeia. A análise conduzida identificou que, apesar da sua importância como elemento condicionante para a implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, o meio físico não foi determinante para a escolha da área de implantação dos aterros sanitários considerados e que esta se deu principalmente em função de fatores econômicos e financeiros. Em relação a comparação dos valores-limites constantes na NBR 13896/1997 para os critérios indicados com os valores utilizados na Europa e Estados Unidos com os utilizados no licenciamento estadual, mostrou que, diferentemente da norma brasileira, os valores estabelecidos não admitem flexibilização e são, em geral, mais restritivos. Essa flexibilização inclusive, contribui, para uma proteção menos efetiva do meio ambiente resultando em alterações como a contaminação da água subterrânea observada em alguns aterros estudados.

ABSTRACT

The environmental licensing of potentially polluting activities and undertakings such as landfills is carried out through an administrative procedure in which the entrepreneur is granted a license to operate after analysis of the relevant documentation, which includes environmental studies such as the EIA/RIMA (Environmental Impact Study and Environmental Impact Report) and the RAP (Preliminary Environmental Report). These studies characterize the physical, biotic, social and economic environments in their initial state and the potential changes that may result from the implementation of the landfill. This paper analyzed the environmental studies of six private landfills in the state of São Paulo, to verify the importance attributed to the physical environment when selecting areas for the implementation of these landfills. In addition, a comparison was made of the limit values for the criteria: topography, unsaturated zone, permeability coefficient and distance from the landfill to surface water bodies used by CETESB in the state of São Paulo with those used by the US Environmental Agency and the European Community. The studies indicate that the physical environment was not a determining factor in the choice of landfill site, and that the choice was mainly based on economic and financial factors. A comparison of the limit values in NBR 13896/1997 for the criteria indicated with those used in Europe and the United States showed that the values are generally more restrictive and do not allow for flexibility, unlike the Brazilian standard for some situations, such as permeability. This flexibility also contributes to less effective protection of the environment, resulting in alterations such as the contamination of groundwater observed in some of the landfills studied.

1. INTRODUÇÃO

O intenso consumo de bens pela sociedade moderna gera diariamente grande quantidade de resíduos, cuja destinação final ambientalmente correta deve ser feita em aterro sanitário, conforme a Lei 12305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos- PNRS (Brasil, 2010). Conforme a norma NBR 8419/1992 (ABNT, 1992), o aterro sanitário é uma obra construída com a observação das normas operacionais específicas para evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e minimizar os impactos ambientais adversos decorrentes de sua implantação, pois a destinação inadequada pode contaminar o solo e os recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

Para implantação, operação e ampliação de aterros sanitários é necessário realizar o licenciamento ambiental da atividade, um procedimento administrativo no qual o Poder Público, licencia a localização, a instalação, a ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou que possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis a cada caso (Brasil, 1997).

No Brasil, o licenciamento ambiental de atividades ou empreendimentos potencialmente poluidores é regido pela Política Nacional de Meio Ambiente- Lei nº 6.938/1981 (Brasil, 1981), pela Resolução Conama Nº 1/1986 (Brasil, 1986) e pela Resolução Conama nº 237/1997 (Brasil, 1997), sendo a competência dos entes federados nos licenciamentos ambientais disciplinado na Lei Complementar 140/2011 (Brasil, 2011).

O licenciamento ambiental estabelece mecanismos de controle ambiental para evitar o comprometimento do meio e promover a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental e um de seus instrumentos fundamentais é a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), de acordo com Brasil (1981).

A avaliação prévia de impactos de um determinado empreendimento obedece, segundo Steinmetz e Melo (2019), ao princípio da precaução do Direito Ambiental, pois: na sua formulação original, o princípio estabelecia que a "precaução era desenvolver em todos os setores da economia processos que reduzissem as cargas ambientais, principalmente aquelas originadas por substâncias perigosas".

Para Hartman e Souza (2017), esse princípio aplicado na proteção ambiental pretende evitar a ocorrência de danos irreversíveis ou irreparáveis, advindos de uma situação de incerteza científica acerca da possibilidade de riscos na produção de danos ambientais e devem ser evitados, através de um controle adequado do risco à vida, à qualidade de vida e ao meio ambiente; ou seja, riscos que representam perigo aos "valores constitucionais protegidos" na esfera ecológica.

Assim, é fundamental que os métodos de análise do processo de estudos de impacto ambiental (EIA) alcancem o desenvolvimento sustentável e cumpram sua natureza preventiva, destacam Loomis e Dziedzic (2018), Almeida e Montañó (2015) ressaltam que os estudos apresentados no processo de licenciamento ambiental de aterros sanitários devem avaliar adequadamente os potenciais impactos ambientais do aterro no meio biótico, abiótico (físico), social e econômico, considerando o potencial poluidor do empreendimento e a resiliência do meio em que ele será inserido.

Uma vez identificados os impactos, faz-se a proposição de ações de mitigação, monitoramento e controle desses efeitos pelo Poder Público e pela sociedade (Sánchez, 2008; Brasil, 2016, Menin *et al.*, 2017).

Nesse sentido, o meio físico, representado pelo ar, solo e substrato rochoso, água (superficial e subterrânea) e topografia, constituem importantes restrições físicas à implantação de empreendimentos potencialmente poluidores, sendo, portanto, essenciais na seleção de áreas para implantação de aterros sanitários por autores como Pfeiffer (2001), Kontos *et al.* (2005), Javaheri *et al.* (2006), Josimovic e Maric (2017), Costa *et al.* (2018), Xiang *et al.* (2019), Arjwech *et al.* (2020), Almeida *et al.* (2024), entre outros. Cumpre ressaltar que esses fatores não podem sofrer modificações em sua natureza, ao contrário de aspectos como vegetação, distância a centros urbanos entre outros, sendo imperativo que a sua análise seja criteriosa e executada de modo a integrar esses dados e avaliar os impactos neles causados.

Tendo em vista a importância do meio físico para a implantação dos aterros sanitários, este trabalho realizou a análise de estudos ambientais (EIA/RIMA) de seis aterros sanitários licenciados no Estado de São Paulo entre 2005 e 2018 sob vigência das Resoluções SMA 49/2014 e 54/2004 (São Paulo, 2004, 2014).

A análise teve como objetivo verificar se os componentes do meio físico (solo, topografia, substrato rochoso e água subterrânea) foram ou não determinantes na seleção da área para implantação dos aterros sanitários estudados, a partir da análise dos relatórios de impacto ambiental e estudos de impacto ambiental, assim como comparar os valores norteadores considerados pela CETESB com a referência de órgãos licenciadores internacionais como a EPA e a União Europeia.

2. METODOLOGIA

2.1. Levantamento bibliográfico e identificação de fatores a serem analisados

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico em sites de pesquisa como Scielo, Science direct, Redalyc, consulta aos manuais da Secretaria de Meio Ambiente (São Paulo, 1989, 1991) e normas técnicas utilizadas pela CETESB, vigentes à época dos licenciamentos dos aterros sanitários estudados, a fim de identificar os fatores do meio físico considerados na locação de áreas para a implantação de aterros sanitários licenciados por meio de estudos ambientais EIA/RIMA ou Relatório Ambiental Preliminar (RAP). Os fatores identificados foram:

- Profundidade do nível de água em relação à base do aterro (zona insaturada);
- Coeficiente de permeabilidade do solo;
- Distância do aterro a corpos de água superficiais;
- Topografia.

A análise foi realizada a partir dos capítulos “Diagnóstico do meio físico” e “Alternativas locais” dos relatórios ambientais apresentados.

2.2. Seleção e análise dos aterros sanitários

A seleção dos aterros sanitários foi baseada no universo de aterros particulares elencados no Inventário de Resíduos Sólidos Urbanos (CETESB, 2018). A opção por particulares ocorreu porque, ao contrário dos municipais, que precisam limitar a escolha à área do município, sua locação segue critérios ambientais, de infraestrutura ou comerciais.

Considerando-se que a vulnerabilidade do meio deve condicionar a escolha de áreas para implantação de empreendimentos e atividades potencialmente poluidoras, e que existia no Estado de São Paulo um mapeamento de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas elaborado em 1997 pelo IG/CETESB/DAEE, empregou-se esse mapa como base cartográfica para a seleção dos aterros sanitários em áreas de diferentes vulnerabilidades à contaminação.

A escolha da vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas, como critério para seleção inicial dos aterros sanitários, ocorreu em função da importância que as águas subterrâneas tem para o homem e o meio ambiente.

As coordenadas UTM dos aterros foram lançadas no mapa de vulnerabilidade à contaminação de águas subterrâneas (IG/CETESB/DAEE, 1997), possibilitando a identificação da localização do aterro em áreas de alta, média ou baixa vulnerabilidade, como ilustrado na Figura 1.

Constatada a ocorrência de dois ou mais aterros sanitários de mesma classe de vulnerabilidade, utilizou-se como critério o porte do aterro, assim entendido como quantidade de resíduos recebida diariamente e conforme os critérios descritos, foram selecionados os seguintes aterros sanitários:

- Cachoeira Paulista (alta vulnerabilidade);
- Onda Verde e Piratininga (média vulnerabilidade);
- Sítio das Neves (em Santos), Jambeiro e Palmeiras (baixa vulnerabilidade).

Dentre os vários aterros situados em áreas de média vulnerabilidade (cores rosadas no mapa), como Catanduva, Quatá, Meridiano, Onda Verde e Piratininga, selecionou-se os dois que recebiam maior quantidade de resíduos diariamente (critério porte); o mesmo critério foi aplicado para seleção daqueles situados na área de baixa vulnerabilidade à contaminação da água subterrânea.

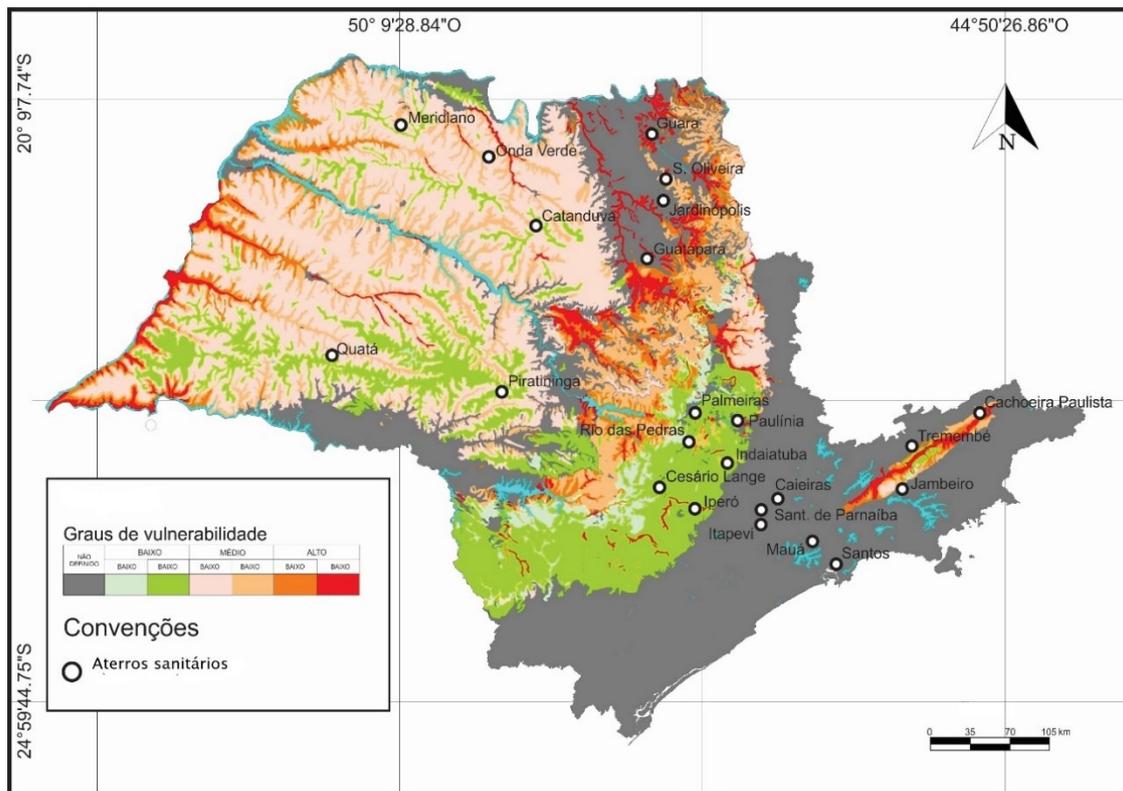


Figura 1. Aterros sanitários estudados e sua localização no Mapa de Vulnerabilidade à Contaminação de Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Fonte: Elaborado pela autora a partir de IG/CETESB/DAEE (1997).

Tendo em vista que um dos objetivos do trabalho era a análise das alternativas locais, foram selecionados, de um universo de vinte e quatro aterros sanitários particulares listados no Inventário (CETESB, 2017), apenas os licenciados como novos empreendimentos, dado que nesta condição seria possível verificar quais teriam sido os fatores determinantes para seleção da área em que o aterro foi implantado.

Após a seleção dos aterros, foi realizada a análise dos estudos de impacto ambiental e seus respectivos (EIA/RIMA) bem como Relatórios de Análise (RAP) disponibilizados pela CETESB de forma impressa, não tendo sido realizadas visitas locais.

A análise das alternativas locais foi efetuada considerando-se as propostas indicadas no capítulo denominado Alternativas Locais, verificando-se a partir das características indicadas para cada área, os fatores considerados pelo empreendedor para a seleção da área final e qual a relevância atribuída do meio físico (solo, água e topografia) na escolha desta.

2.3. Comparação de critérios do meio físico no licenciamento

Considerando os objetivos do trabalho, foi realizada ainda uma comparação dos valores-limites para os fatores físicos: coeficiente de permeabilidade, distância do aterro sanitário a corpos de água superficial, zona insaturada e topografia considerados no licenciamento pela CETESB, pela Agência Ambiental Americana e pela União Europeia, para verificar se o licenciamento de aterros sanitários era mais restritivo em alguma dessas agências em relação às outras. A Figura 2 sumariza as etapas desenvolvidas para execução do estudo realizado.

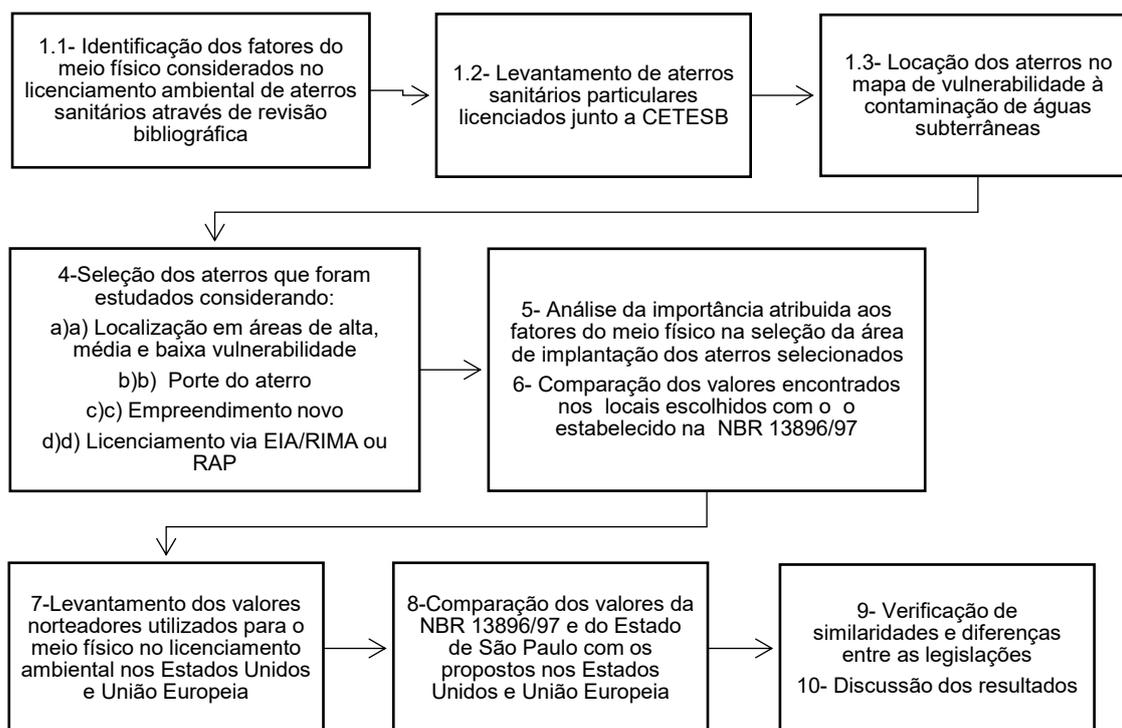


Figura 2. Etapas para seleção dos aterros e análises realizadas. Fonte: Autora (2019).

3. APRESENTAÇÃO DOS DADOS E RESULTADOS

Realizada a seleção dos aterros sanitários de acordo com os critérios descritos, passou-se à análise dos relatórios ambientais apresentados no licenciamento ambiental dos mesmos junto à CETESB analisando-se a importância atribuída aos critérios do meio físico na seleção de áreas através do estudo do capítulo “Alternativa Locacional”.

A Alternativa Locacional deve representar a busca de alternativas ambientalmente mais viáveis, sendo considerada um dos princípios de boas práticas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA). Cruz e Almeida (2020) destacam o fato de o estudo de alternativas constitui um importante questionamento dentro do projeto e que a crescente demanda de áreas para instalação dos mais diferentes empreendimentos faz com que ele seja cada vez mais necessário.

Nesse contexto, deve o empreendedor apresentar uma descrição das alternativas razoáveis estudadas, que são relevantes para o projeto e suas características, garantindo-se que uma série de opções estejam efetivamente disponíveis e incluídas na avaliação ambiental (Fernandes *et al.*, 2017; Irlanda, 2017).

No capítulo de alternativas locais deve-se realizar a indicação das principais razões para a opção escolhida, com o objetivo de assegurar que a área escolhida representa a melhor alternativa para o projeto, evitando-se lugares que não atendam aos requisitos de proteção ambiental e favorecendo a escolha de locais com poucas restrições e maior capacidade de assimilar o projeto de forma sustentável (Irlanda, 2017).

Enriquez-de-Salamanca (2018) ressalta que em muitos EIA/RIMA as propostas alternativas são reconhecidamente desfavoráveis e comparadas com a alternativa pretendida. Nesse processo, as áreas desfavoráveis são descartadas em um processo aparentemente objetivo de seleção e que o foco em aspectos econômicos ou de infraestrutura na escolha da área, em detrimento do aspecto ambiental, é muito comum.

Desse modo, considerando-se a importância da alternativa locacional na escolha de áreas ambientalmente mais adequadas, a análise dos fatores que foram considerados pelo empreendedor e pela CETESB reveste-se de grande importância para a preservação da qualidade ambiental local.

No entanto, o que foi constatado nos estudos realizados, é que os fatores admitidos na escolha entre as áreas indicadas como alternativas locais foram os econômicos e financeiros. O meio físico foi citado de forma superficial e qualificado de forma genérica através de termos como "relevo favorável", "topografia plana", "relevo pouco acidentado", como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Critérios utilizados para seleção de áreas para implantação do aterro sanitário de acordo com os estudos EIA/RIMA e RAP

Aterro sanitário	Fatores considerados na escolha da área	Observações
Cachoeira Paulista (RAP, 2002)	<i>Área escolhida de 23,7 ha situada no município de Cachoeira Paulista não apresentava restrições, com exceção daquelas associadas a proximidade do Córrego Bela Vista no norte da área, apresentava relevo favorável, bem como era próxima dos demais municípios que fariam a disposição no aterro.</i>	Visava atender municípios do Vale do Paraíba e proximidades. Não houve comparação com outras áreas e critérios de seleção apontados são genéricos.
Onda Verde (EIA, 2004)	A indicação da escolha foi efetuada a partir de uma comparação de parâmetros como geologia/permeabilidade do solo, geomorfologia/relevo, cobertura vegetal, clima, ventos predominantes, adequação à legislação, proximidade de habitações, compatibilidade com uso da área, odor/poeira, infraestrutura, titularidade da área, distância ao centro gerador, entre outros <i>A área escolhida foi a denominada Área 2, que apresentou como única alteração em relação às outras, a titularidade do terreno, que era da empresa operadora do empreendimento.</i>	Foram comparadas sete (07) áreas situadas em São José do Rio Preto, Onda Verde e Ipiguá, além da área vizinha ao Aterro já existente na cidade de São José do Rio Preto (SP).
Piratininga (EIA, 2008)	O RIMA apontou cinco áreas para avaliação: - Área 01 em Pederneiras (SP) com 600.00 m ² - relevo de colinas amplas, com amplitude altimétrica da ordem de 65 metros, ocupação por cana de açúcar e latossolos vermelho escuro, próxima a área residencial e como restrição presença de uma estação ecológica no limite sul da gleba; - Área 02 situada em Pederneiras (SP) com 2.600.000 m ² - relevo suave, não apresenta núcleos habitacionais próximos, mas é seccionada por linha de transmissão e há litígio sobre a área; - Área 03 situada em Piratininga (SP) com 750.000 m ² - relevo suave e com algumas residências e estruturas industriais no limite norte, além de acesso feito por vias não pavimentadas; - Área 4 situada em Piratininga (SP) com 175.000 m ² - topografia desfavorável, ocupada por pastagens e limita-se com várias sedes de propriedades rurais no entorno e unidades agroindustriais, área pequena para aterro; - Área 05 de 75 hectares situada em Piratininga (SP) tem acesso pela SP 225, apresenta ocupação por pastagens e relevo suave. <i>A Área 5 foi escolhida em função da proximidade com rodovia e ocupação por pastagem.</i>	Critérios para escolha o entre as áreas indicadas são critérios de ordem econômica (preço, disponibilidade para compra e facilidade de acesso) e uso e ocupação do solo (pastagens). Foram analisadas cinco (05) áreas alternativas situadas nos municípios de Pederneiras e Piratininga.
Jambeiro (EIA, 2009)	Aspectos positivos - Áreas 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentavam acesso a partir da Rodovia dos Tamoios; - Área 8 era utilizada para o plantio de eucalipto há décadas, apresentava como vantagem a barreira visual das obras de implantação e operação oferecida pelo eucalipto. - Área 6- topografia favorável e ocupação por pastagens Aspectos negativos: - Áreas 1 e 2 situam-se próximas à área de expansão industrial do município; - Área 3- o acesso ao aterro passaria por muitas residências rurais, gerando incômodo - Área 4 apresentava problemas com a documentação da propriedade (litígio); - Áreas 5 e 7 possuíam muitas nascentes e áreas úmidas; - Área 6- negociações para compra resultaram infrutíferas; - Áreas 9 e 10 localizavam-se muito longe da Rodovia dos Tamoios, o que tornaria os custos de manutenção e pavimentação da estrada muito altos, além de possuírem chácaras habitadas no entorno. <i>A Área 8 foi selecionada pelo empreendedor em função da existência de barreira vegetal (eucalipto) e topografia plana.</i>	Aterro implantado para atender cidades do litoral e Vale do Paraíba. Foram analisadas 10 áreas. Fatores econômicos (baixo valor de compra), uso e ocupação, densidade de drenagem e tamanho da área
Sítio das Neves (EIA, 2012)	- Na alternativa locacional foram apontadas duas (02) áreas, mas opção foi pela área 1, contígua ao aterro sanitário existente. - Não foram apresentados dados de permeabilidade. apenas há citação de materiais com baixa permeabilidade - N.A menor que 1,5 m da base do aterro.	Aterro implantado para atender cidades da Baixada Santista
Palmeiras (EIA, 2013)	Não apresentou alternativa locacional O RIMA apontou como aspectos favoráveis da área escolhida: - Localização em área rural e distante de áreas populosas, facilidade de logística com via de acesso em boas condições de tráfego, ausência de conflito com leis de zoneamento, características físicas adequadas, com condições de solo e nível freático favoráveis, não havia conflito com comunidade vizinha pois o entorno é formado por plantação de cana.	

A análise da Tabela 1, que apresentou os critérios considerados determinantes na seleção de áreas nos diversos aterros sanitários, evidencia o fato de que muitas alternativas locais apresentadas nos relatórios ambientais não configuravam, de fato, alternativas viáveis, pois apresentavam, por exemplo, restrições legais, proximidade com núcleos habitacionais, ou ainda problemas com a documentação (propriedade ou litígio entre herdeiros), sendo que muitas delas apenas foram apresentadas para servir de contraponto à área já previamente escolhida pelo empreendedor, de modo a preencher mera formalidade do licenciamento.

A análise realizada nos estudos ambientais apresentados, especialmente no capítulo de Alternativas Locacionais, mostrou que, predominaram na escolha da área de implantação, fatores como infraestrutura ou econômicos, e que os fatores do meio físico como tipo de solo, permeabilidade, espessura da zona insaturada não foram considerados determinantes na escolha das áreas, apesar da sua importância capital do ponto de vista de proteção ambiental.

Essa lacuna representa uma fraqueza em qualquer EIA, pois constitui um aspecto controlado pelo empreendedor que, quando o EIA é preparado, já rejeitou algumas áreas e projetos alternativos, restringindo a opção à sua prévia seleção, como corroboram Benson (2003), Steinemann (2001), Ministério (2004) entre outros trabalhos já citados.

Em relação aos valores utilizados os parâmetros coeficiente de permeabilidade, espessura da zona insaturada (profundidade do nível de água), distância do aterro a corpo de água superficial e topografia indicados na NBR 13896/1997 (Brasil, 1997) utilizada pela CETESB como balizadora para a avaliação do meio físico, são indicados na Tabela 2.

Tabela 2 – Critérios do meio físico a serem observados para implantação de aterros sanitários conforme NBR 13896/1997

Critério	Valor/situação sugerida
Coeficiente de permeabilidade (k- cm/s)	-Desejável a existência de depósito natural extenso e homogêneo de materiais com $K < 10^{-6}$ cm/s - Aterro deve ser executado em áreas onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s; A critério do órgão ambiental- admissível k de 10^{-4} cm/s *
Topografia	1 a 30%
Distância do aterro a corpos de água superficiais	200 m (mínimo)*
Espessura da zona insaturada	<i>Desejável</i> - Zona não saturada com espessura superior a 3,0 m; <i>Condição mínima</i> - entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,50 m de solo insaturado.

* órgão ambiental pode admitir distâncias menores

Fonte: NBR 13896/1997 adaptado

A observação da Tabela 2 mostra que alguns parâmetros são passíveis de flexibilização pelo órgão ambiental licenciador como é o caso do coeficiente de permeabilidade e a distância do aterro a corpos de água superficiais.

Para analisar se os valores-referência utilizados pela CETESB eram mais restritivos que os empregados nas normas americanas e europeia, os critérios indicados na Tabela 2 foram pesquisados nos sites da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA) e Agência Ambiental Europeia (EEA), sendo os valores expressos na Tabela 3.

É possível ponderar a partir da observação da Tabela 3 que o coeficiente de permeabilidade é o parâmetro que apresenta maior diferença dentre os valores-referência das normas pesquisadas. A Tabela 4 apresenta os valores de permeabilidade do solo indicados para cada aterro estudado.

Os valores de permeabilidade 10^{-5} cm/s e 10^{-4} cm/s da NBR 13896/1997 referem-se a solos classificados como permeáveis, enquanto os valores das normas americana e europeia (10^{-5} cm/s a 10^{-7} cm/s) são mais restritivos, sendo que a partir de 10^{-6} cm/s o solo é classificado como de drenagem insuficiente (pouco permeável), conforme Therzaghi, Peck e Mesri (1996).

Em relação à permeabilidade apontada na Tabela 4, ela foi atendida em três dos seis aterros estudados.

Tabela 3 – Critérios do meio físico a serem observados para implantação de aterros sanitários conforme EPA e União Europeia

Critério	EPA - Code of Federal Regulations n.º 40, parte 258/2003	União Europeia - Directiva 31/1999
Coeficiente de permeabilidade (k)	Valor sugerido mínimo: $<10^{-5}$ cm/s; $<10^{-7}$ cm/s (após compactação).	Valor mínimo sugerido: 10^{-7} cm/s.
Topografia	Não estabelece restrições em relação à declividade.	Implantação deve observar legislação do país-membro.
Distância do aterro a corpos de água superficiais	Não indica valor, mas estabelece para o empreendedor a obrigação de demonstrar que não haverá degradação, erosão, migração de poluentes e violação do Código de Águas ou outros instrumentos legais.	Não aponta valor específico, mas prevê que a proteção dos recursos superficiais deve ser feita através de barreira geológica, recobrimento dos resíduos e sistema de coleta de chuva.
Espessura da zona insaturada	Não estabelece um valor para zona insaturada. A norma destaca a importância do <i>liner</i> e permeabilidade do solo.	Zona insaturada com espessura mínima de 1,0 m. Proteção adicional é feita por barreira geológica impermeável (camada de solo) que não podem ter espessura inferior a 0,5 m.

Tabela 4 – Dados de permeabilidade do solo indicados nos estudos de impacto ambiental

Aterro estudado	K natural	Observações
Cachoeira Paulista	$1,4 \times 10^{-5}$ cm/s a $1,7 \times 10^{-6}$ cm/s	Atende NBR 13896/97
Onda Verde	$1,0 \times 10^{-4}$ cm/s	Não atende NBR 13896/97
Piratininga	10^{-4} cm/s a 10^{-3} cm/s	Não atende NBR 13896/97
Jambeiro	10^{-5} cm/s a 10^{-6} cm/s	Atende NBR 13896/97
Sítio das Neves (Santos)	Não indicada	Nível água-0,15m a 2,69m
Palmeira	10^{-6} cm/s a 10^{-7} cm/s	Atende NBR 13896/97

Para os critérios topografia e distância do aterro a corpos de água superficiais, EPA e União Europeia não apresentam valores pré-determinados, mas atribuem, desde já, ao empreendedor a responsabilidade pela comprovação de eficiência da proteção adotada.

De acordo com Feitosa *et al.* (2008), a zona insaturada, representada pela região entre a superfície e o nível da água subterrânea, com ocorrência da franja capilar (região onde a saturação é de pelo menos 75%. A sua espessura é variável e o tempo de residência nela afeta a capacidade do aquífero em questão de se proteger contra a poluição, conforme Schmol *et al.* (2006).

Nesse sentido, Dahan (2020) destaca que as fontes de poluição do aquífero são implantadas na superfície do terreno ou próximo a ela e que o movimento na zona insaturada é predominantemente vertical, o que reforça a importância do conhecimento de sua espessura e dos processos de transporte de contaminantes que nela atuam.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos estudos de impacto ambiental revelou que as alternativas locais apresentadas, em geral, não representavam, efetivamente, alternativas viáveis, comparáveis entre si para escolha da melhor área. Constatou-se, portanto, para todos os aterros estudados, que as alternativas apontadas serviram, de modo geral, para consolidar a indicação da área pretendida pelo empreendedor, indicação essa que decorre especialmente do fator econômico e não das vulnerabilidades do meio ambiente.

A ausência de alternativas locais ou a apresentação de alternativas que não constituem efetivamente uma opção para instalação do aterro sanitário também foi observada em estudos feitos por autores como Steinemann (2001), Benson (2003), Furlanetto (2012), Montañó *et al.* (2012), Marinho *et al.* (2012), Almeida *et al.* (2016), Fernandes *et al.* (2017), Veronez e Montañó (2017), entre outros.

Desse modo, no Aterro Sanitário de Cachoeira Paulista, situado em área de alta vulnerabilidade à contaminação do aquífero, não houve o apontamento de alternativas e a escolha da área se deu em função da ausência de restrições legais e presença de relevo favorável, sem particularizar o atributo topografia, isto é, a topografia foi descrita de forma genérica, sem correlação com outros fatores do meio físico.

Dessa forma, no Aterro Sanitário de Onda Verde onde foram apontadas sete áreas como potenciais alternativas e a escolha foi feita com base no fator econômico, pois o maior peso foi atribuído a titularidade da área, que era do empreendedor. Importa destacar que as áreas indicadas apresentavam características físicas e bióticas bastante semelhantes e dessa forma, os fatores físicos como solo, topografia e recursos hídricos superficiais e subterrâneos não foram determinantes para a escolha.

No Aterro Sanitário de Piratininga igualmente se faz referência genérica ao meio físico (relevo suave, colinas amplas) e os solos ou profundidade da água subterrânea não foram avaliados, tendo a escolha recaído sobre a questão de infraestrutura e logística bem como sobre o uso e ocupação da área- proximidade com rodovia pavimentada e ocupação com pastagens.

Situação semelhante ocorre no Aterro Sanitário de Jambuí, onde os fatores que determinaram a escolha da área foram a proximidade com a rodovia (infraestrutura) e no Aterro Sítio das Neves onde, apesar das duas alternativas apresentadas, a escolha se deu pela proximidade do aterro em operação.

Ressalta-se que os fatores apontados como determinantes na escolha da área dos aterros estudados (proximidade com rodovias, uso e ocupação da área, infraestrutura existente, entre outros) são importantes, mas são passíveis de ajustes e modificações, enquanto os fatores do meio físico não podem ser alterados ou substituídos por meios mais favoráveis.

Levando em consideração que a avaliação de alternativas locais viáveis é um pressuposto do licenciamento ambiental, de modo que, no processo de avaliação, seja escolhida a área mais apta do ponto de vista ambiental, econômico e social, o mero apontamento de áreas que efetivamente não representam efetivamente alternativas àquela escolhida, fere princípios do direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, conforme previsão do artigo 225 da Constituição Federal.

Destaca-se que os manuais da Secretaria de Meio Ambiente (São Paulo, 1989; 1991) e da CETESB (2014) para elaboração de estudos de impactos ambientais para aterros sanitários não estabelecem quantas alternativas devem ser comparadas entre si e nem expressam quais os parâmetros a serem analisados nessa avaliação. Nesse sentido, apenas em CETESB (2014) são colocadas questões e parâmetros que poderiam ser considerados nessa avaliação como o volume de aterro e corte, a quantidade de drenagens e nascentes a serem afetadas, as áreas de várzea a sofrer intervenção, quais áreas urbanas, atividades econômicas e moradias seriam desapropriadas e reassentadas, a supressão de vegetação nativa; tamanho médio dos maciços a sofrerem fragmentação, a presença de áreas produtivas impactadas entre outras, nenhum diretamente ligado ao meio físico.

Desse modo, a mera comparação de áreas com a já previamente escolhida pelo empreendedor, enfraquece o poder de decisão no processo de licenciamento, como destacado por Geneletti (2014).

Em relação ao parâmetro coeficiente de permeabilidade, quando se comparam os critérios e valores estabelecidos na NBR 13896/1997, observada pela CETESB no licenciamento ambiental e implantação de aterros sanitários, em relação aos estabelecidos pela EPA (10^{-5} cm/s) e pela União Europeia (10^{-7} cm/s) nota-se que os valores do coeficiente de permeabilidade ponderados por esses são mais restritivos que os da CETESB (10^{-4} cm/s). Há que se levar em conta que as normas americana e europeia não indicam a possibilidade de flexibilização desse critério, ao contrário do que ocorre na norma brasileira. Desse modo, os valores de coeficiente de permeabilidade considerados pela EPA e pela Comunidade Europeia correspondem a solos pouco permeáveis, onde a migração do percolato e de outros potenciais contaminantes oriundos do aterro é mais lenta, o que contribui para uma maior proteção dos recursos hídricos subterrâneos.

Outro critério de grande importância para a proteção ambiental é a espessura da zona insaturada e nesse aspecto a União Europeia estabelece uma espessura mínima de 1,0 m, compatível com o valor mínimo de 1,5 m utilizado no Estado de São Paulo.

No entanto, essa espessura mínima da zona insaturada não se mostrou satisfatória para manutenção da qualidade ambiental local e proteção ambiental, uma vez que, apesar da instalação de mecanismos de mecanismos de controle ambiental como drenagem de percolato, *liners* e outros, três dos seis aterros estudados- Cachoeira Paulista,

Sítio das Neves e Piratininga apresentaram alterações na qualidade da água subterrânea, de acordo com os relatórios apresentados no processo de licenciamento.

O aterro sanitário de Cachoeira Paulista registrou concentrações de chumbo e ferro acima dos valores de intervenção (CETESB, 2005) em campanhas realizadas em dezembro/2010 e março e maio 2011, apesar de neste aterro a permeabilidade natural atender o valor proposto pela norma brasileira.

O aterro sanitário de Piratininga, em campanha realizada em maio/2009, apresentou concentrações de alumínio, ferro, chumbo bário acima do valor de intervenção, enquanto o de Sítio das Neves, situado na Baixada Santista, registrou alterações em parâmetros como alumínio, ferro, manganês além do pH e condutividade.

No aterro de Santos a alteração da qualidade da água subterrânea decorre, em grande medida, da ocorrência de uma zona insaturada de espessura reduzida (menores que 2,0 m em alguns locais), a ocorrência de material, inconsolidado, aliado à ocorrência de uma fonte de contaminação pontual e persistente que é a disposição de resíduos sólidos.

No presente trabalho não foram analisados os projetos de impermeabilização apresentados no licenciamento ambiental, uma vez que o objetivo do trabalho era a análise da importância do meio físico na seleção de área para locação dos aterros mas, considerando-se que todos os aterros analisados são aterros sanitários licenciados e em operação, esses mecanismos de proteção tiveram seu projeto e implantação aprovados pelo órgão licenciador.

Em relação ao critério distância do aterro sanitário a corpos de água superficiais, a legislação americana e europeia não estabelece valores como na NBR 13896/1997. Entretanto, elas instituem para o empreendedor a obrigação de demonstrar que as medidas de proteção dos recursos hídricos superficiais propostas serão efetivas. Essa obrigação do empreendedor ocorre também na questão da topografia, pois embora essas normas não estabeleçam valores máximos e mínimos de declividade, a estabilidade do maciço deve ser assegurada em toda implantação e operação do aterro.

5. CONCLUSÕES

Na análise dos estudos ambientais dos seis aterros estudados, constatou-se que, apesar da importância que os fatores do meio físico têm na proteção ambiental por meio da diminuição da vulnerabilidade de um local a contaminação de solo e água subterrânea, estes não foram efetivamente considerados na escolha do local para implantação de aterros sanitários, sendo determinantes nessa seleção, os fatores econômicos e financeiros.

Em relação ao critério coeficiente de permeabilidade natural, constatou-se que a permeabilidade natural de alguns locais se situou próximo a 10^{-4} cm/s, não atendendo a recomendação normativa (desejável - $k = 10^{-6}$ cm/s). A recomendação brasileira, inclusive, é mais restritiva que a europeia ou americana, que consideram uma permeabilidade natural de 10^{-5} cm/s. Observa-se que, no entanto, não basta garantir que o coeficiente de permeabilidade estabelecido em normal seja atendido, medidas de proteção ambiental robustas devem ser adotadas para evitar a alteração da qualidade ambiental local.

Em relação ao critério da espessura da zona insaturada, os valores ponderados pelos três órgãos licenciadores são próximos, uma vez que no Estado de São Paulo ela deve ter espessura mínima de 1,5m e na União Europeia, pelo menos um metro (1,0m).

A distância entre o aterro e corpos de água encontra previsão apenas na NBR 13896/97 (mínimo de 200 metros) e essa distância do pode ser flexibilizada a critério do órgão ambiental, enquanto nos Estados Unidos e União Europeia não há indicação de distância mínimas, mas determina-se que o empreendedor demonstre que as medidas de proteção dos recursos hídricos superficiais são suficientes para prevenir a contaminação pelo aterro.

Em relação à topografia, a orientação normativa é de que a área tenha entre 1 e 30%, enquanto as normas americanas e europeias não indicam limites de declividade para o terreno.

Uma discordância importante a ser apontada na comparação entre a NBR 13896/1997 e as normas americana e europeia, é o fato de a norma brasileira permitir a flexibilização do critério da zona insaturada, o que não ocorre nas normas internacionais aqui estudadas.

Ressalta-se que o licenciamento ambiental é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 1981) e constitui um procedimento administrativo conduzido pelo órgão ambiental, baseado em princípios do direito ambiental.

De acordo com Sirvinskas (2017), por meio do licenciamento ambiental, a Administração Pública exerce o controle sobre as atividades humanas que interferem nas condições ambientais, de forma a compatibilizar o desenvolvimento econômico com a preservação do equilíbrio ecológico e visando preservar, em última instância, a manutenção do meio ambiente saudável e equilibrado para todos.

Assim, apesar da discricionariedade por parte do órgão ambiental no processo de licenciamento, a aceitação de valores mínimos para zona instaurada ou mesmo permeabilidade maiores que as estabelecidas na NBR 13896/1997, em locais indicados pelo próprio empreendedor, deveria ser precedida por estudos complementares, que demonstrassem a efetividade das medidas de proteção indicadas. Cumpre ressaltar que, a partir do momento da indicação da alternativa locacional pelo empreendedor, as investigações são conduzidas somente nessa área, o que impede a observação e mesmo efetiva comparação quanto ao atendimento às exigências normativas nas outras áreas.

Uma lacuna observada é a falta de análise de impactos sinérgicos, isto é, os que se acumulam ao longo da vida útil do empreendimento, aqueles cujo aparecimento decorre da soma ou interação de outros impactos e que não abordados no licenciamento como geralmente verificado, conforme Schoen *et al.* (2016).

Desse modo, diante da contaminação da água subterrânea detectada nos estudos apresentados nos processos de licenciamento ambiental e dos fatores que contribuíram para essa ocorrência, verifica-se que a adoção de valores mais restritivos já previstos na norma brasileira como zona insaturada com três (03) metros e coeficientes de permeabilidade de 10^{-6} cm/s (e não 10^{-4} cm/s), contribuiriam para redução da vulnerabilidade do ambiente aos impactos causados pelo aterro sanitário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Alexandre Nascimento de *et al.* Principais deficiências dos Estudos de Impacto Ambiental. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, João Pessoa, v. 3, n. 4, p. 3-14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21438/rbgas.030401>

ALMEIDA, Maria Rita Raimundo; MONTAÑO, Marcelo. Benchmarking na avaliação de impacto ambiental: o sistema mineiro frente às melhores práticas internacionais. *Sociedade & Natureza*, Urbelândia, v. 27, n. 1, p. 81-96, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1982-451320150106>

ARJWECH, Rungroj *et al.* Assessment of Geological, Hydrogeological and Geotechnical Characteristics of a Proposed Waste Disposal Site: a case study in Khon Kaen, Thailand. *Geosciences*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 109, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/geosciences10030109>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13.896*: aterros de resíduos não perigosos – critérios de projeto, implantação e operação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 8.419*: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro ABNT, 1992.

BENSON, John. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. *Impact Assessment and Project Appraisal*, Routledge, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.3152/147154603781766185>

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2010*. DOI: <https://doi.org/10.11606/d.6.2014.tde-14102014-122039>

BRASIL. Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011. Fixa normas para a cooperação entre os entes federativos nas ações administrativas relativas à proteção ambiental. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 dez. 2011*. DOI: <https://doi.org/10.36592/9786554600026-11>

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010*. DOI: <https://doi.org/10.5380/dma.v46i0.53722>

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 ago. 1981*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 24 dez. 2016

BRASIL. Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para o uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 17 fev. 1986*. DOI: <https://doi.org/10.7867/1983-1501.2022v24n2p17-35>

BRASIL. Resolução nº 237, de 22 de dezembro de 1997. Dispõe sobre o licenciamento ambiental e a competência da União, Estados e Municípios. *Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997*. DOI: https://doi.org/10.1590/198053149301_en

ALMEIDA, Bruna de *et al.* Seleção de áreas adequadas para implantação de aterro sanitário intermunicipal no Sudeste Paraense-Brasil, utilizando SIG vinculado ao Método AHP. *Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, João Pessoa, p. 53-80, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2024.17.1.84084>

CARNEIRO, Ricardo de Sousa *et al.* Legislação aplicada ao licenciamento ambiental de aterros sanitários. In: SBEA – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9., *Anais [...]*, Belo Horizonte, MG, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5151/xveneeamb-163>

CETESB. Decisão de Diretoria nº 195, de 23 nov. 2005. *Dispõe sobre os valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2005. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587391472>

CETESB. *Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares*. São Paulo: SMA/CETESB, 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/d.6.2005.tde-10012023-191355>

COSTA, C. W. *et al.* Análise multicritério aplicada à seleção de áreas para implantação de aterros sanitários na Bacia do Ribeirão do Meio (Leme, SP), em escala 1:50.000. *Sociedade e Natureza*, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 205-227, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n1-2018-9-X>

CRUZ, Guilherme Henrique Santos; ALMEIDA, Maria Rita Raimundo. Estudos de alternativas locais para aterros sanitários nos processos de licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais. *Holos Environment*, Rio Claro e Araraquara, v. 20, n. 2, p. 231-250, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v20i2.12371>

DAHAN, Ofer. Vadose Zone Monitoring as a Key to Groundwater Protection. In: MA, Huilian (org.). *Advances in Pollutant Transport in Critical Zone Environments*. Lausanne, Suíça: Frontiers In Water, 2020. p. 1. DOI: <https://doi.org/10.3389/frwa.2020.599569>

ENRÍQUEZ-DE-SALAMANCA, Álvaro. Stakeholders' manipulation of Environmental Impact Assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, Reino Unido, v. 68, n. 1, p. 10-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.003>

EPA. *Code of Federal Regulations – Title 40: Protection of Environment Part 258: Criteria for municipal solid waste landfills*. 2003. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2003-title40-vol22/pdf/CFR-2003-title40-vol22-part258.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2017.

FEITOSA, Fernando A. Carneiro; MANOEL FILHO, João; FEITOSA, Edilton Carneiro; DEMÉTRIO, José Geilson A. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 812 p. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v13i1.11292>

- FERNANDES, Ana Heloisa Vilela *et al.* Alternativas locais em Avaliação de Impacto Ambiental de rodovias mineiras. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 43, p. 73-90, 2017. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v43i0.54056>.
- FURLANETTO, Tiago. Estudo de alternativas locais para a viabilidade ambiental de empreendimentos: o caso do aeroporto de Ribeirão Preto – SP. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Florestal) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-14122012-082939/publico/DissertacaoTiagoFurlanetto.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2025.
- GENELETTI, Davide. Integration of impact assessment types improves consideration of alternatives. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 32, n. 1, p. 17-18, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/14615517.2013.872846>
- HARTMAN, Débora; SOUZA, Leonardo da Rocha de. O princípio da precaução e a avaliação prévia de impacto ambiental: a posição do Superior Tribunal de Justiça. *Revista de Direito Brasileira*, São Paulo, v. 16, n. 7, p. 151-168, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5585/rdb.v16i7.482>
- CETESP. *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo: IG/CETESB/DAEE, 1997. v. 1, 144 p. DOI: <https://doi.org/10.11606/d.3.1981.tde-07042025-143117>
- IRLANDA. Environmental Protection Agency. *Guidelines on the information to be contained in environmental impacts assessment reports*. 2017.
- JAVAHERI, H. *et al.* Site Selection of Municipal Solid Waste Landfill Using Analytical Hierarchy Process Method in a Geographical Information Technology Environment in Giroft, Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, v. 3, n. 3, p. 177-184, 2006. Disponível em: <https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/61994/1/se06025.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2019.
- JOSIMOVIC, Bosco; MARIC, Igor. *Methodology for the Regional Landfill Site Selection*. Rijeka: IntechOpen, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5772/45926>
- KONTOS, Themistoklis D.; KOMILIS, Dimitrios; HALVADAKIS, Constantinos. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, [S.l.], v. 25, n. 8, p. 818-832, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2005.04.002>
- LOOMIS, John J.; DZIEDZIC, Maurício. Evaluating EIA systems' effectiveness: a state of the art. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 68, p. 29-37, jan. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.005>
- MARINHO, Márcia Mara de Oliveira *et al.* Avaliação de impacto ambiental como instrumento de estímulo à produção limpa: desafios e oportunidades no estado da Bahia. *Revista de Gestão Social e Ambiental – RGSA*, São Paulo, v. 6, n. 3, p. 129-141, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5773/RGSA.V6i3.497>
- MENIN, Fernanda Assef *et al.* Critérios de delimitação de áreas de influência em Estudos de Impacto Ambiental de rodovias: abordagem de processos de dinâmica superficial. *Geologia USP: Série Científica*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 209-224, 2017. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9095.v17-129123>
- MILARÉ, Édís. *Direito do ambiente*. 9 ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2014.
- MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. *Deficiências em estudos de impacto ambiental: síntese de uma experiência*. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2004. 48 p.
- MONTAÑO, Marcelo *et al.* Integração de critérios técnicos, ambientais e sociais em estudos de alternativas locais para implantação de aterro sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 61-70, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522012000100010>
- PFEIFFER, Simone Costa. Subsídios para ponderação de fatores ambientais na localização de aterros de resíduos sólidos utilizando o Sistema de Informações Geográficas. 2001. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.18.2017.tde-31012017-103900>
- SÁNCHEZ, L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. *Critérios de exigência de EIA/RIMA e roteiros para elaboração em relação a usinas de reciclagem e/ou compostagem, aterros de resíduos sólidos e industriais e incineradores*: manual de orientação. São Paulo: SMA, 1991. 35 p. (Série Manual). DOI: <https://doi.org/10.11606/t.18.2009.tde-23032010-083609>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. *Estudo de Impacto Ambiental – EIA, Relatório de Impacto Ambiental – RIMA*: manual de orientação. São Paulo: SMA, 1989. 45 p. (Série Manuais). DOI: <https://doi.org/10.11606/d.91.2018.tde-14032018-114413>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA 49, de 28 de maio de 2014. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: SMA, 2014. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587773704>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA 54, de 30 de novembro de 2004. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental no âmbito da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: SMA, 2004. DOI: <https://doi.org/10.11606/9786587773704>

SCHOEN, C. *et al.* Environmental impact assessment: potentials, deficiencies and prospects from developers and evaluators. *Sustentabilidade em Debate*, Brasília, v. 7, n. 2, p. 257-270, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v7n2.2016.17644>

SCHMOLL, Oliver *et al.* *Protecting groundwater for health: managing the quality of drinking-water sources*. London: World Health Organization (WHO), 2006. 677 p. DOI: <https://doi.org/10.2166/9781780405810>

SIRVINSKAS, Luis Paulo. *Manual de Direito Ambiental*. 16 ed. São Paulo: Saraiva, 2017. 1016 p.

STEINEMANN, Anne. Improving alternatives for environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, Reino Unido, v. 21, n. 1, p. 3-21, 2001. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0195-9255\(00\)00075-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0195-9255(00)00075-5)

STEINMETZ, W.; MERLO, Suzane Girondi Culau. Os princípios da precaução e da prevenção como fundamento para concessão de tutela de urgência em processos judicial-ambientais. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, Caxias do Sul, v. 9, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.18226/22370021.v9.n1.01>

TERZAGHI, Karl V.; PECK, Ralph; MESRI, Gholamreza. *Soil mechanics in engineering practice*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

UNIÃO EUROPEIA. *Diretiva 1999/31*. Disponível em: <http://eurlex.europa.eu/search.html?qid=1509041138021&text=landfill&scope=EURLEX&type=quick&lang=en>. Acesso em: 5 out. 2017.

VERONEZ, Fernanda; MONTAÑO, Marcelo. Análise da qualidade dos estudos de impacto ambiental no estado do Espírito Santo (2007-2013). *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 43, ed. esp., 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v43i0.54180>

XIANG, Rui *et al.* Isolation distance between municipal solid waste landfills and drinking water wells for bacteria attenuation and safe drinking. *Scientific Reports*, v. 9, p. 17881, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54506-2>