



A7th Academic

INTERNATIONAL WORKSHOP
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Parâmetros para Avaliação de Áreas Contaminadas: Análise das Regulamentações Federais no Brasil e Colômbia e a Relevância do Monitoramento da Qualidade do Ar

BEZERRA, R. P. L. ^{a*}, SILVA, R. C. P. ^a, JUCÁ, J.F.T. ^a

a. Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco

**Doutoranda em Engenharia Civil, raisaprota@gmail.com*

Resumo

A gestão ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) permanece sendo um problema desafiador para países em desenvolvimento por questões políticas, econômicas e culturais. No presente trabalho serão estudadas as legislações ambientais do Brasil e da Colômbia, no que se refere à gestão de áreas contaminadas e comparados os aspectos abordados nas mesmas com foco nos parâmetros utilizados para diagnóstico, avaliação e monitoramento destas áreas. São apresentados três estudos de caso de monitoramento de biogás em áreas contaminadas com o objetivo enfatizar a relevância e o impacto causado no entorno das áreas contaminadas por antigos depósitos de RSU, pois a decomposição da matéria orgânica presente nos mesmos gera gases (biogás) que em determinadas concentrações podem causar riscos à saúde humana. Por fim, recomenda-se, que os marcos regulatórios em ambos países foquem não somente no controle da qualidade do solo e das águas subterrâneas, mas também no controle e monitoramento da qualidade do ar dentro do escopo de ações do gerenciamento de áreas contaminadas.

Palavras-chave: *gestão de áreas contaminadas, risco, biogás, legislação ambiental.*

1. Introdução

A gestão ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) permanece sendo um problema desafiador para países em desenvolvimento por questões políticas, econômicas e culturais. A destinação destes materiais em áreas não preparadas para esta finalidade gera passivos que contaminam o meio ambiente comprometendo também a saúde e segurança das pessoas.

Neste contexto, a contaminação de solos e subsolos vem ganhando evidência, à medida que o aumento da população demanda a ocupação de parcelas cada vez mais extensas, seja para extração de matérias primas, cultivo agrícola, habitação entre outros fins. Neste sentido, os antigos depósitos irregulares de RSU, os quais tradicionalmente eram situados às margens das cidades, atualmente se encontram dentro do perímetro urbano expondo a população inadvertidamente a riscos desconhecidos.

De maneira geral, as Legislações Ambientais, decretam que é um direito universal dos cidadãos gozarem de um Meio Ambiente sadio e equilibrado. Na América do Sul, estas constituem um ganho

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla - Colombia - June 21st and 22nd - 2018

bastante recente na regulamentação ambiental dos países que a compõe. o que, todavia, ainda não previne de modo eficaz a degradação do meio natural, deixando para a geração atual e futura desafios a serem enfrentados em busca do reequilíbrio do meio e sobrevivência da espécie.

No presente trabalho serão estudadas as legislações ambientais do Brasil e da Colômbia, no que se refere à gestão de áreas contaminadas e comparados os aspectos abordados nas mesmas com foco nos parâmetros utilizados para diagnóstico, avaliação e monitoramento destas áreas.

De acordo com a Política para a Gestão Sustentável do Solo Colombiana “o solo deve ser visto de forma integral, não só com todos os seus componentes e funções, mas em suas inter-relações com os outros elementos ou componentes do ambiente(incluindo o subsolo, plantas, água, ar, etc.), considerando as dimensões sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais, e isso deve ser traduzido, entre outras coisas, em políticas e normas, de acordo com o princípio da integralidade.” (MADS, 2016)

Neste sentido as regulamentações direcionadas para o gerenciamento de áreas contaminadas devem contemplar não somente a qualidade do solo e da água, mas também a qualidade do ar, que juntos permitem a circulação de todos os ciclos biogeoquímicos. Buscando colocar em evidência a necessidade de serem também elaborados parâmetros de para o gerenciamento da qualidade do ar em áreas próximas a terrenos contaminados, serão abordados também estudos de caso que chamam atenção para o impacto ambiental dos gases gerados pela decomposição da fração orgânica dos RSU.

Este artigo se alinha com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável estabelecido pela Organizações das Nações Unidas, 11 “Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” e 13” Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos”, a medida em que considera a qualidade de vida das populações nos centros urbanos expostas à contaminação ambiental e a emissão de gases do efeito estufa para a atmosfera.

2. Métodos

Brasil e Colômbia são países vizinhos onde a fronteira se encontra dentro da Floresta Amazônica. Ambos diferem entre estre vários aspectos como qualquer nação que possui sua própria identidade A Tabela 1 expõe de modo resumido as características geográficas básicas de cada um destes países.

Tabela 1: Características gerais do Brasil e da Colômbia.

| | Brasil | Colômbia |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Extensão Territorial | 8.515.767 km ² | 1.141.748km ² |
| População | 208.895.210 | 49.728.029 |
| Capital | Brasília | Bogotá |
| PIB | US\$1.843,23bi | \$712,5 bi |
| IDH | 0,754 | 0,727 |
| Idioma Oficial | Português | Espanhol |

Fontes: Central Intelligence Agency (CIA), Instituto Brasileiro de geografia e Estatística (IBGE); Departamento Administrativo Nacional de Estadística(DANE); United Nations Development Programme (UNDP).

2.1. Estudo da legislação federal para avaliação, diagnóstico e/ou monitoramento de áreas contaminadas

Nesta etapa a metodologia adotada é bastante simples e concisa. Foram estudadas as legislações federais no que tange avaliação, diagnóstico e/ou monitoramento de áreas contaminadas do Brasil e da Colômbia , bem como os parâmetros utilizados para estas atividades e estudos ambientais.

Buscou-se levantar por meio de relatórios institucionais o registro e o mapeamento das áreas contaminadas em ambos os países. Vale ressaltar que ainda há uma considerável limitação em relação aos dados coletados e disponíveis, em especial no Brasil.

2.2. Estudos de caso

O presente trabalho vem expor três estudos de caso em diferentes países: Brasil (BEZERRA, 2014), Colômbia e Itália (GANDOLLA; ACAIA; FISCHER, 2002) onde foram avaliados os impactos causados nas redondezas pela exposição aos gases oriundos destes antigos depósitos de RSU. O objetivo da apresentação destes estudos de caso é enfatizar a relevância do monitoramento e o impacto causado no entorno das áreas contaminadas por antigos depósitos de RSU, pois a decomposição da matéria orgânica presente nos mesmos gera gases (biogás) que em determinadas concentrações podem causar riscos à saúde humana. Conclui-se que, apesar dos recentes avanços nos marcos legais e regulatórios, tanto o Brasil quanto a Colômbia encontram-se em estágio inicial no gerenciamento das áreas contaminadas em seus territórios.

3. Resultados

Os resultados alcançados por meio da metodologia descrita são apresentados nos itens a seguir.

3.1. Estudo da legislação federal para avaliação, diagnóstico e/ou monitoramento de áreas contaminadas

Colômbia

Nas últimas duas décadas a Colômbia tem avançado em termos de estrutura governamental e elaboração de políticas voltadas para a conservação e o desenvolvimento sustentável. Todavia, a questão do gerenciamento de solos contaminados é bem recente.

Entre 2011 e 2010 o Ministério do Ambiente e desenvolvimento Sustentável (*Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, MESD), instituído pela Lei Nº 99 de 1993 estabeleceu um convênio de associação O Instituto de Hidrologia, Meteorologia e Estudos Ambientais (IDEAM) para a elaboração de diversos estudos e diagnósticos tais como: Diagnóstico nacional do estado do recurso do solo, Estruturação de diretrizes estratégicas para o desenho da política para a gestão ambiental integral do recurso do solo na Colômbia, entre outros.

Em 2010 o MESD publicou a Política de Prevenção e Controle da contaminação do Ar. Poucos anos mais tarde, em 2016, lançou a Política para a Gestão Sustentável do Solo (*Política Para la Gestión Sostenible del Suelo*), a qual faz menção a primeira enfatizando que estas se relacionam diretamente para gestão sustentável do solo no sentido de controlar a emissão de contaminantes. Toda via ambas políticas apresentam a fragilidade de não determinarem parâmetros para guiar os estudos baseados nos procedimentos de investigação propostos.

Ainda, Um estudo conduzido pelo MESD identificou um total de 1843 áreas contaminadas em toda Colômbia sendo o setor de mineração é responsável pela maior parcela (42%) e o setor de gestão de resíduos responsável por 14% do total. (EPANA, PINILLA, BARDOS, NAIDU, 2018). Estes autores apontam para uma grande fragilidade do sistema do país para enfrentar o problema propondo um plano de ação para a Colômbia com bases nas práticas desenvolvidas nos Estados Unidos e no Reino Unido.

Brasil

O estudo de áreas contaminadas no Brasil é um tema com regulamentações e normativas recentes. Até pouco tempo, as ações eram orientadas pela legislação de resíduos sólidos, poluição das águas, planos diretores de uso e ocupação do solo e de recursos hídricos, e de licenciamento em geral. A legislação federal específica na área foi instituída a Resolução N°420/2009 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e a Resolução N° 460/2013 que faz pequenas alterações a essa.

Neste mesmo ano, foi instituído o Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC) com a finalidade de publicar informações nacionais de áreas contaminadas a partir de dados disponibilizados pelos órgãos e entidades estaduais de meio ambiente. Atualmente estão foram identificadas 6925 áreas em todo o Brasil. No entanto, das 27 unidades federativas brasileiras, apenas 3 (três) compõe o BDNAC e possuem legislações estaduais sobre o tema, a saber: Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. A Tabela2 abaixo apresenta estes quantitativos:

Tabela 2: Registro de áreas contaminadas .(BDNAC)

| Classificação/Estado | Minas Gerais | São Paulo | Rio de Janeiro |
|---|--------------|-----------|----------------|
| Áreas sob investigação | 113 | 632 | 151 |
| Área contaminada sob intervenção | 184 | 901 | 126 |
| Área em monitoramento para reabilitação | 184 | 1525 | 40 |
| Área Reabilitada | 174 | 2884 | 11 |
| Total | 655 | 5942 | 328 |

Fontes: Fundação Estadual o Meio AmbientE (FEAM), Governo Estadual do Rio de Janeiro, CETESB (2017).

2.2. Estudos de caso

Os resumos dos estudos de caso utilizados para o embasamento da argumentação do proposto neste artigo são apresentados a seguir.

Brasil

Este trabalho apresenta o diagnóstico ambiental de uma área anteriormente utilizada como depósito irregular de RSU, onde era considerada a possibilidade de implantação de um conjunto habitacional popular. A identificação do problema foi realizada a partir de um levantamento do histórico da região baseado nas informações de relatórios de investigação de solo realizados anteriormente por outras empresas.

Foi realizada a investigação geoambiental do terreno, composta de análises de campo e laboratório para conhecer o subsolo da área e identificar os possíveis riscos que representam à construção de um habitacional no local. Em campo foram realizados seis furos de sondagem a percussão (SPT), seguidos da instalação de drenos de gás para o monitoramento do biogás gerado pelos resíduos no subsolo. Também foram coletadas amostras deformadas de solos, até a profundidade de 10 metros, para os ensaios de caracterização em laboratório através de umidade, teor de sólidos voláteis, potencial bioquímico de metano (BMP), pH e condutividade.

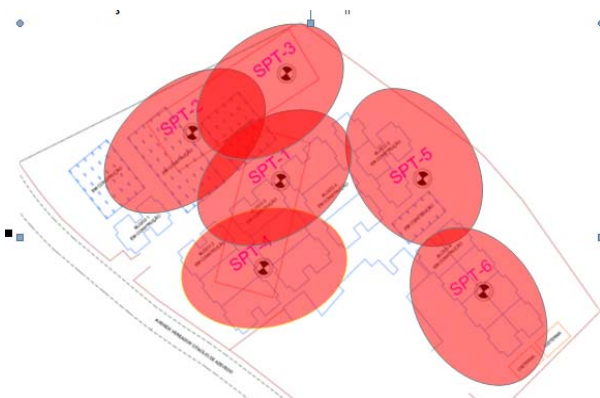
O furo de sondagem SP4 foi o que apresentou maior concentração do gás metano (CH₄), 7,6%, durante o período de monitoramento em campo, o que já caracteriza risco de inflamabilidade. Por outro lado, todos os demais drenos monitorados apresentaram concentrações de dióxido de carbono (CO₂) acima de 20%, caracterizando um estágio, não inicial, mas, final do processo de decomposição da matéria orgânica. As concentrações estão representadas na Tabela 1

Tabela 3. Resumo das condições de biogás em campo.

| Amostras Solo | CH ₄ (%) | CO ₂ (%) | CO (ppm) | O ₂ (%) | H ₂ S (ppm) |
|---------------|---------------------|---------------------|----------|--------------------|------------------------|
| SP1 | 1,1 | 20,0 | 4,0 | 6,4 | 0,0 |
| SP2 | 0,2 | 23,0 | 3,0 | 3,8 | 0,0 |
| SP3 | 0,6 | 25,0 | 4,0 | 2,2 | 0,0 |
| SP4 | 7,6 | 26,0 | 4,0 | 0,9 | 0,0 |
| SP5 | - | - | - | - | - |
| SP6 | - | - | - | - | - |

As medições do biogás em campo sofreram variações durante os dias de monitoramento, conforme a atmosfera do solo permeava os drenos. No sétimo dia, os gases apresentaram resultados semelhantes aos dois dias anteriores. Os resultados referentes ao último dia de medição estão apresentados na Tabela 1.

Marinho (2009) elaborou um sistema para classificação do risco de áreas com presença de biogás baseado nas concentrações de dióxido de carbono (Fig1) e metano (Fig.2) no ambiente. De acordo com este sistema de classificação, o subsolo da área estudada apresenta elevado risco de afixia para seres humanos.



| Cor | Risco | Concentração |
|--------|----------|--------------|
| Red | Elevado | >6% |
| Yellow | Moderado | 3 - 6% |
| Green | Baixo | 1 - 3% |
| Grey | Nulo | <1 % |

Fig1. Classificação de risco asfixia das áreas em relação à concentração de CO₂.

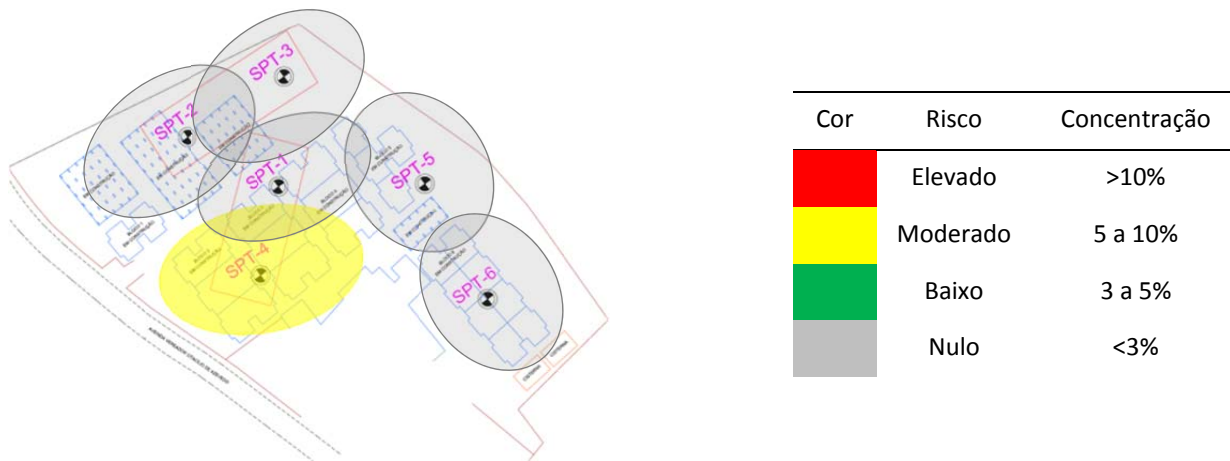


Fig.3. Mapa de risco de explosividade em relação à concentração de CH₄ no subsolo.

O estudo concluiu que a concentração de gases encontrada no subsolo pode oferecer riscos à população em caso de construção de um conjunto habitacional, caso não sejam tomadas medidas de controle e de monitoramento destes gases tais como instalação de drenos nos locais onde apresentaram concentrações mais elevadas dos gases avaliados.

Colômbia

Este estudo de caso é intitulado "Descrição da qualidade do ar na área de influência do 'Botadero' de Navarro, Cali, Colômbia". O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das emissões do aterro sanitário final sólidos em Cali, o "Botadero" de Navarro (BN), na qualidade do ar de uma área definida como exposta (<3 km de distância e na direção predominante do vento) em comparação com outro selecionado como controle (> 3 km e na direção oposta ao vento predominante).

O processo de amostragem foi realizado com equipamento semiautomático e os procedimentos adotados obedeciam à diretrizes internacionais aceitas pela legislação ambiental colombiana. O monitoramento foi realizado simultaneamente na área exposta e na área de controle durante três diferentes períodos climatológicos: um no verão, outono inverno e em um período intermediário entre os dois anteriores. As amostras foram coletadas por 10 dias em cada período em ambas as zonas. Foram medidos materiais particulados menores que 10 microns (PM10), dióxido de enxofre, metano e compostos orgânicos voláteis: benzeno, tolueno e xileno.

Os resultados indicaram que o metano e o benzeno têm o BN como principal fonte de emissão e são dispersos pela ação do vento na direção predominante em direção à área denominada exposta. Há evidências de um gradiente em concentração de benzeno de BN ($p < 0,01$). As concentrações encontradas na área exposta (mediana = 2,92 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) excedeu 48% do tempo o nível máximo permitido para prevenir o comprometimento da saúde e maior que na área de controle (mediana = 1,54 $\mu\text{g} / \text{m}^3$) onde apenas 22% do tempo a norma foi excedida. Metano apresentou também um gradiente com maiores concentrações na área exposta do que na zona de controle, e há evidências de maior concentração de material particulado inferior a 5 microns na área exposta

Por fim, o artigo conclui que são evidentes os efeitos ambientais em áreas nas proximidades de até 3 km do BN. Esta distância deve ser considerada ao definir o perímetro de áreas desabitadas em torno de áreas selecionadas para a disposição de resíduos. (GÓMEZ, FILIGRANA, ANDREA & MÉNDEZ, 2008) adaptado.

Itália

Este aterro (não identificado) operou durante os anos de 1982 e 1994, sendo as informações deste relato do ano de 1993, quando os efeitos da migração do biogás se tornaram evidentes fora do aterro.

A parte mais antiga do aterro (nordeste) foi preenchida antes de sancionar a primeira lei italiana sobre do aterro sanitário, esta não conta com sistema de impermeabilização, drenagem lixiviados e sistema de extração de biogás. Contudo, a maior parte do aterro foi provida de uma rede de coleta de chorume. O revestimento inferior consistiu de 1 m de argila compactada e um revestimento de membrana flexível. Nas encostas muito inclinadas, foram colocadas duas geomembranas separados por uma manta geotêxtil.

Apesar deste sistema de impermeabilização e drenagem nenhum sistema de drenagem de biogás foi inicialmente implantado, o que era um procedimento comum na Itália, o perfuramento de poços de drenagem após o preenchimento completo de cada porção do aterro.

Fig.1 (a) refere-se ao ano antes do encerramento do aterro após receber 2.700.000 toneladas de RSU durante 12 anos de operação. Neste período o sistema de drenagem de biogás havia sido implantado apenas na parte mais antiga do aterro. Assim, teve início um processo de migração de biogás, especialmente a partir da parte mais recente do aterro (sudoeste).

Uma explosão ocorreu durante a amostragem de água subterrânea de um poço de monitoramento de 300 m ao sul do aterro (a termografia da Fig.2 (b) delimita o local do poço a oeste da estrada de ferro apresentando uma clara anomalia térmica). Biogás em concentrações acima dos limites de segurança foram também detectadas em alguns edifícios ao nível do solo, a cerca de 100 m oeste do aterro, e na rede de energia elétrica e de telefone nesta mesma área.

Pontos de elevadas concentrações de gases foram revelados mais ao sul do que se esperava, e sucessivas análises no local confirmaram a presença de biogás e danos a vegetação quase 1 km de distância dos limites do aterro. (GANDOLLA; ACAIA; FISCHER, 2002)*adaptado*

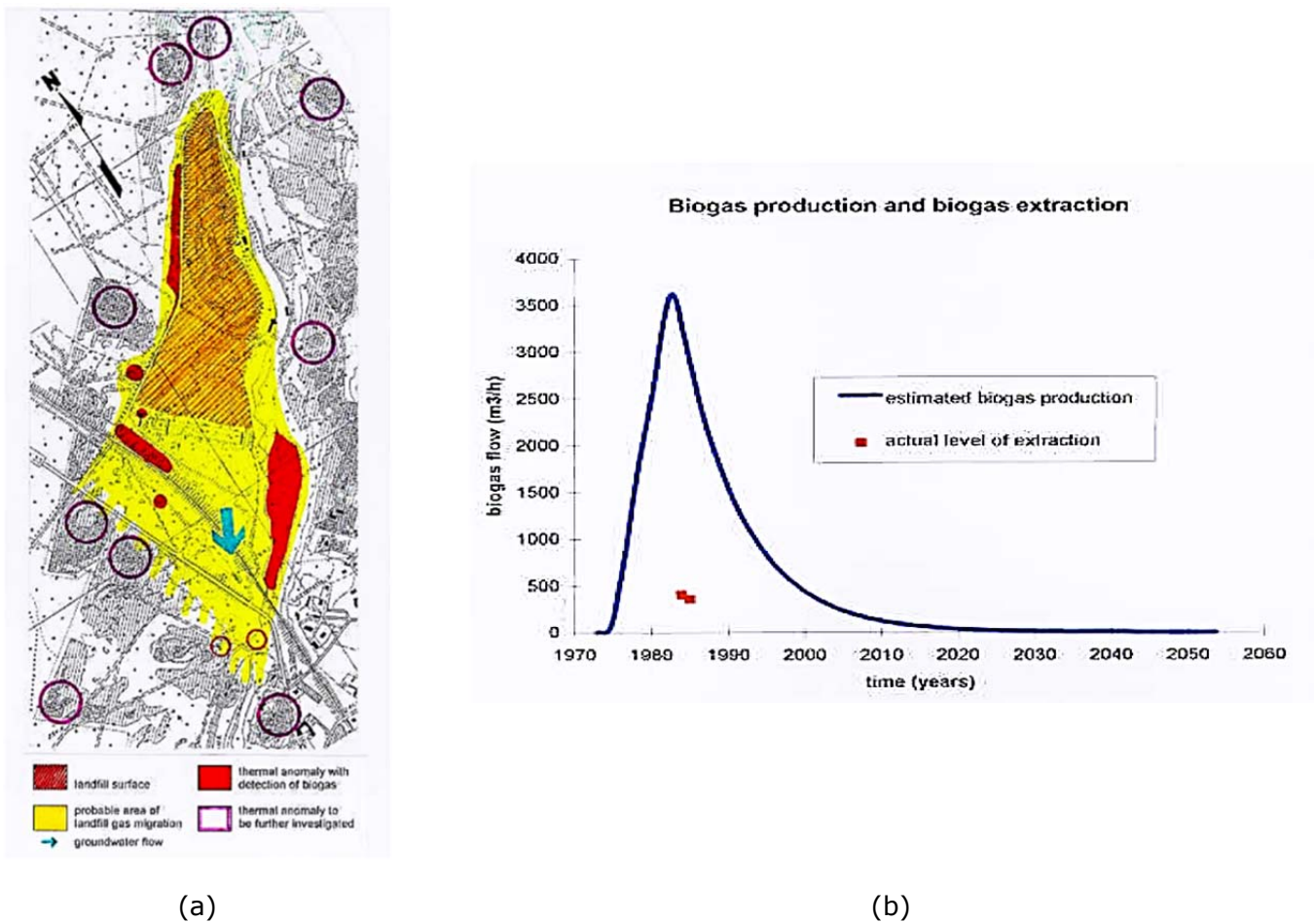


Fig.2: (a) Resultados da termografia aérea realizada em 1993 sobre o Aterro e da detecção do biogás ao nível do solo, fora dos limites do aterro. (b) Curva da produção de biogás esperada para o Aterro. O ponto indicado corresponde à vazão de biogás que foi extraído no momento em que o termografia aérea foi realizada. (GANDOLLA; ACAIA; FISCHER, 2002)

5. Conclusões e Recomendações

A Legislação federal Brasileira (Resolução CONAMA Nº420/2009) apresenta um avanço no sentido de determinar valores orientadores para a qualidade do ar e do solo, além do procedimento para o estabelecimento de valores de referência de qualidade do solo para cada estado. Já a Colômbia associa em sua Política para a Gestão Sustentável do Solo à Política de Prevenção e Controle da contaminação do Ar, todavia apresentar valores orientadores. Logo, conclui-se que, apesar dos recentes avanços nos marcos legais e regulatórios, tanto o Brasil quanto a Colômbia encontram-se em estágio inicial no gerenciamento das áreas contaminadas em seus territórios.

Os estudos de caso apresentados neste artigo evidenciam a importância da associação dos estudos da qualidade do ar ao gerenciamento de solos contaminados devido aos ao potencial de riscos aos quais são expostos na atmosfera devido a decomposição da matéria orgânica e dissipação do biogás.

Recomenda-se, desta forma, que os marcos regulatórios em ambos países foquem não somente no controle da qualidade do solo e das águas subterrâneas, mas também no controle e monitoramento da qualidade do ar dentro do escopo de ações do gerenciamento de áreas contaminadas.

Referências

- Central Intelligence Agency (CIA). The World Fact Book. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/co.html> Acesso em Abril/2018
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Áreas Contaminadas e Reabilitadas. 2018. <http://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2018/01/Totaliza%C3%A7%C3%A3o-por-Aq%C3%A2ncia.pdf> Acessado em Abril/2018
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 420, de 28 de dezembro de 2009. <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res09/res42009.pdf> Acessado em Fevereiro/2018
- Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução Nº 460, de 30 de dezembro de 2013 <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=702> Acessado em Fevereiro/2018
- Fundação Estadual o Meio Ambiente – FEAM. Inventário De Áreas Contaminadas Estado de Minas Gerais: 2017 http://www.feam.br/images/stories/2017/AREAS_CONTAMINADAS/DADOS_2017/Invent%C3%A1rio_de_%C3%A1reas_contaminadas_-_2017.pdf. Acessado em Fevereiro/2018
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018 <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=destaques> Acessado em Abril/2018
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018 <https://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio/dados-geograficos.html> Acessado em Abril/2018
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Banco de Dados Nacional sobre Áreas Contaminadas (BDNAC). <http://www.ibama.gov.br/residuos/areas-contaminadas/banco-de-dados-nacional-sobre-areas-contaminadas-bdnac>. Acessado em Fevereiro/2018
- Gandola, M. 2012. Landfill gas migration in the subsoil: experiences of control and remediation. http://www.econs.ch/file/2002_11_30_landfill_gas_migration_en.pdf. Acessado em Abril/2018
- Gómez, Rosa María, Filigrana, Paola Andrea, Méndez, Fabián, Descripción de la calidad del aire en el área de influencia del Botadero de Navarro, Cali, Colombia. Colombia Médica [en línea] 2008, 39 (julio-septiembre) : Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28339306>> ISSN 0120-8322. Acessado em Abril/2018.
- Governo do Rio de Janeiro – Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA). Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas - Indústria e outros - 3ª edição, 2015 . http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dilam/documents/document/zwew/mte0/~edisp/inea0114618.pdf. Acessado em Fevereiro/2018.
- Governo do Rio de Janeiro – Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) – Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas - Posto de Combustível - 3ª edição. 2015. http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/@inter_dilam/documents/document/zwew/mte0/~edisp/inea0114619.pdf. Acessado em Fevereiro/2018.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política para la gestión sostenible del suelo. Bogotá, D.C.: Colombia. 2016. http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/suelo/Pol%C3%ADtica_para_la_gesti%C3%B3n_sostenible_del_suelo_FINAL.pdf Acessado em Abril/2018

United Nations Development Programme (UNDP). Human Development Report 2016.
<http://www.br.undp.org/content/dam/brazil/docs/RelatoriosDesenvolvimento/undp-br-HDR16%20Report.pdf>
Acessado em Abril/2018