

Artigo

Seriam as Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro um Legado da Grande Aceleração no Antropoceno?

Arêas, J. S.; Cunha, C. E. S. C. P.; Santelli, R. E.;* Machado, W.; Bielschowsky, C.; Rocha, R. T.; Soares, R.

Rev. Virtual Quim., 2020, 12 (3), 775-794. Data de publicação na Web: 29 de Maio de 2020

<http://rvq.s bq.org.br>

Would the Contaminated Areas of Rio de Janeiro State a Legacy of the Great Acceleration in the Anthropocene?

Abstract: The International Union of Geological Sciences ratified in 2018 the subdivision of the Holocene and the Meghalayan Age was officially recognized as the current geological time unit on Earth. However, the proposal for the formalization of the Anthropocene as a geological period is still under evaluation and has as one of the conceptual bases of epistemological support the post 1950 period known as “The Great Acceleration”, in which there was an exponential increase in the use of energy and in the global population growth. The vertiginous increase in urbanization, associated with the technological advance evidenced in the “Great Acceleration”, impelled the productive sector to innovate processes in the search for new materials and chemical products in large scale. However, the insufficient control mechanisms provided anthropic activities with the generation of significant negative impacts on a global scale, threatening the vital processes of the Earth System. Chemical pollution constituted one of the nine Planetary Limits that delimit an “operationally safe space for humanity”. Therefore, it is necessary to develop institutional measures to curb chemical pollution and remedy contaminated areas when they are identified. In this sense, this article aims to evaluate the evolution of the Registry of Contaminated Areas of the Rio de Janeiro State, observing that the fuel stations are the most polluting activities and are responsible for approximately 60 % of the contaminated areas of the state. In addition, metal pollution predominates over other types of contaminants and the cities with the most contaminated areas are: Rio de Janeiro, Duque de Caxias and Volta Redonda. Finally, brownfields and decommissioned factories account for more than 60 % of contaminated industrial areas. Contaminated areas in Rio de Janeiro State reflect the lifestyle and consumption pattern adopted by urban society and constitute a legacy of the “Great Acceleration” in the Anthropocene.

Keywords: Anthropocene; great acceleration; planetary boundary chemical pollution; contaminated areas cadastre; brownfields.

Resumo

A União Internacional de Ciências Geológicas ratificou em 2018 a subdivisão do Holoceno e a Idade Meghalayan foi reconhecida oficialmente como a atual unidade de tempo geológica da Terra. Contudo, a proposta para a formalização do Antropoceno como Época geológica ainda está em avaliação e possui como uma das bases conceituais de sustentação epistemológica o período post 1950 conhecido como “A Grande Aceleração”, no qual houve um aumento exponencial do uso de energia e no crescimento populacional global. O vertiginoso aumento da urbanização, associado ao avanço tecnológico evidenciado na “Grande Aceleração” impulsionaram o setor produtivo a inovar seus processos na busca por novos materiais e produtos químicos em larga escala. Porém, a inexistência de mecanismos de controle apropriados proporcionou às atividades antrópicas a geração de significativos impactos negativos em escala mundial, ameaçando os processos vitais do Sistema Terra. A poluição química se constituiu em um dos nove Limites Planetários que delimitam um “espaço operacionalmente seguro para a humanidade”. Logo, faz-se necessário o desenvolvimento de medidas institucionais que coibam a poluição química e que remediem as áreas contaminadas quando forem identificadas. Neste contexto, este artigo tem como objetivo avaliar a evolução do Cadastro de Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro, sendo observado que os postos de serviços/combustíveis são as atividades mais poluentes e responsáveis por aproximadamente 60 % das áreas contaminadas do estado. Além disso, a poluição por metais predomina sobre os demais tipos de contaminantes e as cidades que possuem mais áreas contaminadas são: Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Volta Redonda. Finalmente, os brownfields e fábricas desativadas são responsáveis por mais de 60 % das áreas industriais contaminadas. As áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro refletem o estilo de vida e padrão de consumo adotado pela sociedade urbana e constituem-se em um legado da “Grande Aceleração” no Antropoceno.

Palavras-chave: Antropoceno; grande aceleração; limite planetário poluição química; cadastro de áreas contaminadas; brownfields.

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Química Analítica, Centro de Tecnologia, Bloco A, Av. Athos da Silveira Ramos 149, CEP 21941-909, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

 resantelli@globocom

DOI: [10.21577/1984-6835.20200061](https://doi.org/10.21577/1984-6835.20200061)

Seriam as Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro um Legado da Grande Aceleração no Antropoceno?

Jennifer da Silva Arêas,^{a,b} Carlos Eduardo Soares Canejo Pinheiro,^b Ricardo E. Santelli,^{c,*} Wilson Machado,^d Cauê Bielschowsky,^e Rodrigo Tavares da Rocha,^e Ricardo Soares^{d,e}

^a Universidade Federal Fluminense, Departamento de Biologia Marinha, Campus do Valonguinho, Outeiro de São João Batista, s/n°, CEP 24020-140, Centro, Niterói-RJ, Brasil.

^b Universidade Veiga de Almeida, Campus Maracanã, R. Ibituruna, 108, CEP 20271-020, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^c Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Química Analítica, Centro de Tecnologia, Bloco A, Av. Athos da Silveira Ramos 149, CEP 21941-909, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

^d Universidade Federal Fluminense, Instituto de Química, Departamento de Geoquímica, Outeiro São João Batista s/n, CEP 24020-141, Centro, Niterói-RJ, Brasil.

^e Instituto Estadual do Ambiente, Avenida Venezuela 110, CEP 20081-312, Rio de Janeiro-RJ, Brasil.

*resantelli@globocom

Recebido em 5 de Junho de 2019. Aceito para publicação em 4 de Maio de 2020.

1. Introdução

- 1.1.** O antropoceno
- 1.2.** Limite Planetário Poluição Química (LPPQ)
- 1.3.** Geração de áreas contaminadas no antropoceno
- 1.4.** A Regulação do gerenciamento de áreas contaminadas

2. Material e Métodos

- 2.1.** Classificação das áreas contaminadas no estado do Rio de Janeiro
- 2.2.** Cadastro de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

3. Resultados e Discussão

- 3.1.** Evolução da classificação das atividades geradoras de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro
- 3.2.** Distribuição das áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro
- 3.3.** Distribuição dos contaminantes presentes nas áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro
- 3.4.** Distribuição geográfica das áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro
- 3.5.** Situação das áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

4. Conclusões

1. Introdução

1.1 O antropoceno

Em 2018, a União Internacional de Ciências Geológicas (*International Union of Geological Sciences - IUGS*) ratificou a subdivisão da Época Holoceno em três Idades: *Greenlandian* (11.700 anos antes de 2000 d.C.), *Northgrippian* (8.326 anos antes de 2000 d.C.), e *Meghalayan* (4.200 anos antes de 1950 d.C.), correspondentes às subséries Holoceno precoce, médio e tardio.¹⁻⁵ Contudo, desde 2009 o Grupo de Trabalho do Antropoceno (*Anthropocene Working Group – AWG*) avalia criticamente a formalização da proposta para que o Antropoceno (“A Época dos Humanos”) seja reconhecido como unidade de tempo geológica.⁴⁻⁸

O Antropoceno pode ser entendido como uma proposta epistemológica na qual a humanidade se converteu em uma força geológica sem precedentes, capaz de alterar profunda e irreversivelmente o destino do Sistema Terra.⁴⁻²⁰

1.2. Limite Planetário Poluição Química (LPPQ)

Em 2009, Rockstrom e colaboradores desenvolveram o conceito de Limites Planetários

(LP) que delimitam um “espaço operacionalmente seguro para a humanidade” (Figura 1).^{7,8,12,17,19-25} Este conceito reconhece que as atividades antrópicas podem proporcionar impactos negativos em escala planetária que podem ameaçar os processos vitais do Sistema Terra, impedindo que a humanidade se desenvolva como espécie.^{24,25} Estes processos vitais foram definidos como “processos biofísicos do Sistema Terra que determinam a capacidade de regulação do planeta”.²¹⁻²³ Os referidos autores consideram a poluição química como um dos nove Limites Planetários (Limite Planetário Poluição Química – LPPQ).

A ultrapassagem do LPPQ proporcionado por diferentes atividades antrópicas, em distintos compartimentos ambientais, pode acarretar em impactos negativos irreversíveis e representar riscos inaceitáveis para a saúde humana ou para o meio ambiente em escalas locais, regionais e globais. Logo, a sociedade precisa constantemente desenvolver mecanismos de prevenção, mitigação e controle para os riscos conhecidos e iminentes com a contínua evolução de diretrizes, normas e regulamentos ambientais nacionais e internacionais para o controle da poluição química e a manutenção do LPPQ em níveis aceitáveis.²⁴⁻³³

O significativo aumento da degradação ambiental no Antropoceno, devido ao incremento

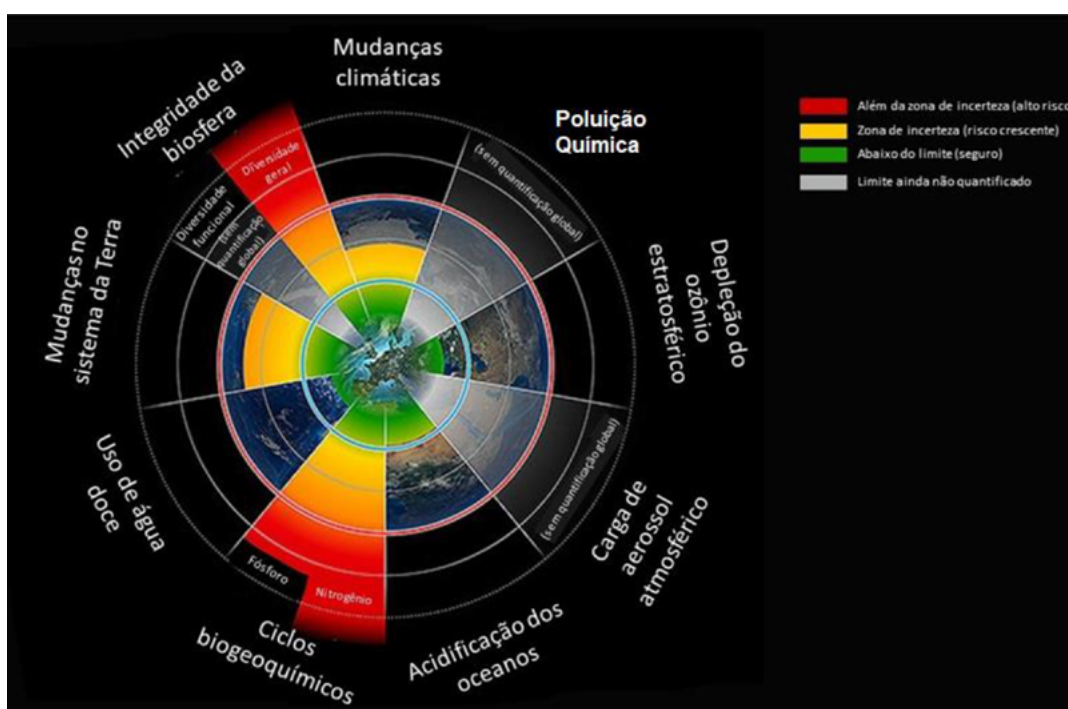


Figura 1. Limites Planetários (LP). Adaptado de Silva e Arbila⁸

das concentrações de contaminantes gerados e liberados descontroladamente no meio ambiente a partir de atividades antrópicas, como aquelas desenvolvidas nos processos industriais despertam a preocupação da sociedade e interesse por parte dos formuladores de políticas públicas devido aos severos efeitos tóxicos adversos à saúde humana.

1.3. Geração de Áreas Contaminadas no Antropoceno

A partir da década de 1950, período conhecido também como a “Grande Aceleração”,³⁴ o Estado Brasileiro aumentou a sua ingerência no planejamento econômico, o que resultou na intensificação do modelo de industrialização por substituição de importações, com isso proporcionou-se um crescimento urbano desenfreado (Figura 2).^{35,36} Este modelo de desenvolvimento econômico aliado a uma falta de organização do espaço refletem nas atuais questões envolvendo a poluição em áreas urbanas, sendo o assunto ainda recente no que diz respeito às políticas públicas que visam a minimização e gerenciamento dos impactos em tais áreas urbanas no país.^{28,31-33,37} Inevitavelmente, os estados mais industrializados do Brasil (Rio de Janeiro e São Paulo) tendem a apresentar um maior número de áreas contaminadas (AC), como herança recente do passado industrial sem adequadas políticas públicas de controle ambiental.^{28,32,33,38}

Conceitualmente, uma área contaminada pode ser considerada uma área comprovadamente poluída quimicamente em que houve o gerenciamento inadequado dos resíduos gerados; ou o manejo e armazenamento impróprios de substâncias químicas perigosas oriundas dos processos industriais; ou negligência na prevenção de acidentes/vazamentos; assim como a desativação de processos produtivos que possam ter contribuído no processo de contaminação que determina impactos negativos sobre os bens a proteger (Figura 3).^{26-31,39} Consequentemente, podem ser citados os dois principais fatores responsáveis pela contaminação do solo e da água subterrânea: o descarte ilegal de resíduos industriais e a desativação e, o subsequente, abandono de empreendimentos, sem o devido monitoramento e ações para recuperação da área para o uso futuro (Figura 3).^{26-31,40}

O deslocamento de atividades industriais para outras regiões geram espaços degradados, obsoletos ou abandonados (*Brownfields*), que somado à falta de planejamento urbano leva com frequência à reincorporação de imóveis degradados ao tecido urbano, de maneira imprudente e inadequada, sem considerar as possíveis áreas contaminadas deixadas pelas atividades anteriores.^{26,39,41-43} Uma das principais consequências de se ultrapassar o LPPQ no Antropoceno é que contaminantes introduzidos inadvertidamente no solo podem permanecer

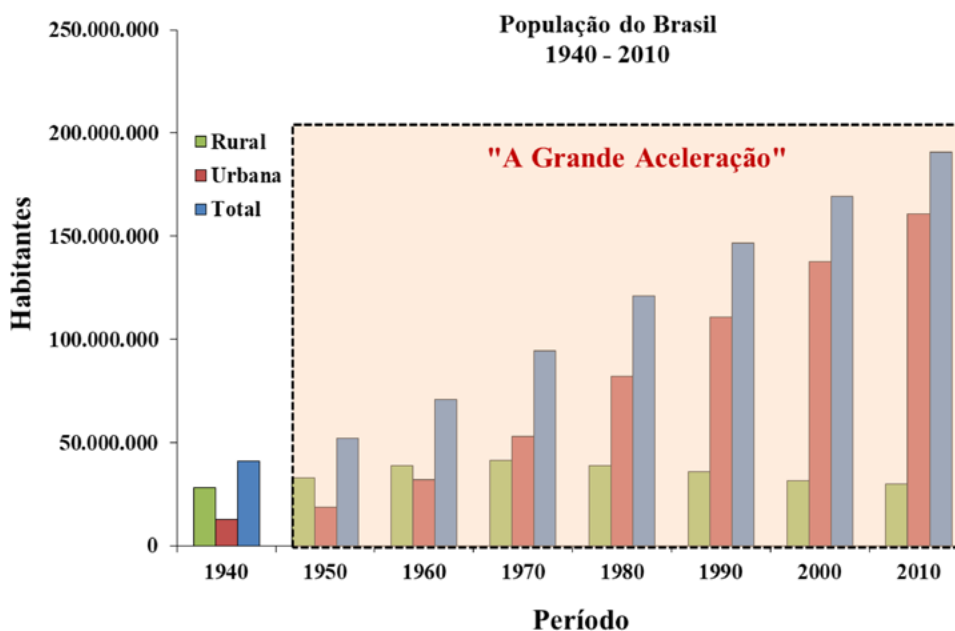


Figura 2. Evolução da população rural e urbana no período de 1940 a 2010, segundo o IBGE^{37,44}



Figura 3. Gestão inadequada de resíduos sólidos perigosos (Classe I) em uma fábrica desativada de tintas e lubrificantes no Município de Duque de Caxias – RJ. Os poluentes químicos podem ter impactado negativamente diferentes compartimentos ambientais (solo, atmosfera, água subterrânea etc.) desta área e/ou adjacentes

por um longo período de tempo e poderão agir futuramente como fonte secundária de contaminação; ao afetar a biota local e contaminar as fontes de águas subterrâneas e superficiais (Figura 3).^{26-33,39,42}

Os impactos oriundos de atividades industriais ou produtivas não estão confinados aos limites da propriedade a qual o processo de contaminação está relacionado, visto que o seu entorno também pode ser afetado em decorrência de uma série de fatores os quais contribuem para o grau de dispersão da contaminação, como: a quantidade e características físico-químicas das substâncias envolvidas; a configuração geológica do solo e o comportamento hidrogeoquímico das águas subterrâneas; o gerenciamento dos resíduos gerados, assim como o tempo de contato dos contaminantes com o meio.^{26-33,42,43} Além disso, podem ser elencados como principais problemas decorrentes das áreas contaminadas, os riscos à segurança ocupacional e patrimonial, riscos à saúde humana e aos ecossistemas, além de restrições ao desenvolvimento urbano e redução do valor imobiliário dos terrenos.⁴⁵

Muitas classes de contaminantes associados às atividades industriais acarretam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente por

apresentarem elevada toxicidade, persistência no ambiente, capacidade de bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia trófica, além de serem compostos carcinogênicos, teratogênicos, mutagênicos e atuarem como disruptores endócrinos.⁴⁵ Dentre tais classes destacam-se os metais, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), os compostos orgânicos aromáticos (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno - BTEX), os compostos organoclorados e as bifenilas poli-cloradas - PCB. Tais agravos à saúde humana potencializam-se em países menos industrializados, onde são identificadas condições sociais de pobreza, as quais estão associadas à moradia insalubre, à inexistência ou ineficiência do saneamento ambiental, à ocupação urbano-espacial e industrial desreguladas da intervenção do Estado e do controle social (Figura 4).⁴⁶

A contaminação ambiental e os subsequentes danos à saúde humana decorrentes do processo de expansão urbano-industrial raramente são considerados como parte das matrizes produtivas. Estes fatores externos, denominados de custos externalizados ou externalidades, são relegados a uma parte da população que arca involuntariamente com os custos do processo, e são apontados como um problema da intervenção



Figura 4. Estocagem inadequada de resíduos industriais perigosos (Classe I) no Centro Tecnológico de Resíduos S/A (CENTRES) no município de Queimados – RJ.^{28,32,33} A incidência de câncer nos habitantes do Bairro Santo Expedito, adjacente ao CENTRES, era aproximadamente cinco vezes acima a dos habitantes da capital do Rio de Janeiro³²

política sobre seu controle (Figura 4).^{26-33,46} Portanto, além dos problemas vinculados à saúde pública, a contaminação ambiental contribui para problemas de cunho político-social (Figura 4).^{38,42,41,46}

1.4. A regulação do gerenciamento de áreas contaminadas

Rockström e colaboradores conceberam os LPs para sistemas ou processos que afetam a Terra numa escala global. Contudo, é reconhecido que muitos dos LPs apresentam limiares significativamente mais sensíveis nas escalas locais ou regionais onde qualquer perturbação de natureza antrópica é mais evidenciada e/ou o ecossistema afetado é mais sensível.^{7,21,22} Todavia, desde o início da Grande Aceleração a fabricação e o uso industrial dos produtos químicos migrou rapidamente dos países ocidentais industrializados rumo aos países em desenvolvimento com economias em transição, incluindo os países do BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul).²⁴ Consequentemente, a crescente extração de insumos e fabricação de produtos químicos, uso e disposição inadequada de resíduos

acarretaram em um aumento da poluição química nestes países, os quais possuem instrumentos de controle mais frágeis em comparação aos dos países desenvolvidos.²⁴

Um dos marcos para o gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil foi a promulgação da Resolução CONAMA nº 420 em 2009, que possibilitou a participação mais efetiva dos órgãos estaduais de meio ambiente (OEMA),⁴⁸ os quais criaram suas legislações específicas para o gerenciamento de áreas contaminadas (GAC). No estado do Rio de Janeiro, a resolução CONEMA nº 44 de 14 de dezembro de 2012 estabelece como parte obrigatória dos requerimentos de licenciamento ambiental do estado a elaboração de um relatório de identificação de eventual contaminação ambiental do solo e das águas subterrâneas por agentes químicos.⁴⁹

O GAC é constituído principalmente por dois processos: a identificação e a recuperação de áreas contaminadas. O processo de identificação de áreas suspeitas de contaminação tem base em uma avaliação preliminar (AP), a qual compreende uma avaliação inicial baseada nas informações históricas existentes e na inspeção

do local. Caso haja indícios de contaminação, uma investigação confirmatória (IC) deve ser realizada com objetivo de confirmar ou não as suspeitas de contaminação do solo ou das águas subterrâneas em concentrações acima dos valores de investigação.^{32,33,48} A etapa seguinte compreende o diagnóstico da área e deve contemplar a investigação detalhada (ID) e a avaliação de risco à saúde humana (AR), os quais subsidiarão a etapa de intervenção após a investigação confirmatória. A investigação detalhada tem como objetivo compreender a dinâmica da contaminação nos meios físicos afetados e, também, a identificação dos cenários específicos de uso e ocupação do solo, dos receptores de risco, das vias de exposição e de ingresso, por meio da aquisição e interpretação de dados. Após o diagnóstico faz-se necessária uma etapa de intervenção (EI) na qual são executadas ações de controle a fim de eliminar o perigo ou reduzi-lo a níveis toleráveis. Esta etapa propõe, também, o monitoramento (EM) das ações de controle executadas, considerando tanto o uso atual da área atingida pela contaminação, quanto o uso futuro da mesma.⁴⁷

Embora o Brasil possua grandes centros urbanos com uma extensa malha industrial, o GAC ainda é um assunto recente e pouco tratado quando comparado aos países desenvolvidos. Os estados de São Paulo e Rio de Janeiro representam as Unidades da Federação (UF) mais urbanizadas e com maior número de indústrias do país. Consequentemente, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) realiza desde 2001 o GAC do estado, sendo o mais avançado no assunto.³⁷ O Instituto Estadual do Ambiente (INEA), no intuito de contribuir na investigação das áreas contaminadas e auxiliar no gerenciamento das mesmas, publicou de 2013 a 2015 as três edições do Cadastro de Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro (CAC-RJ).⁵⁰⁻⁵² Este cadastro possibilita a criação de um inventário de áreas contaminadas e suspeitas de contaminação, contribuindo para a divulgação desses sítios à sociedade, além de propiciar a definição do gerenciamento para cada área analisada, onde são estabelecidas prioridades para a fiscalização das áreas suspeitas, assim como o monitoramento das ações de investigação e reabilitação destas áreas.^{42,43,53}

Mediante o exposto anteriormente e tendo em vista a importância da geração de informações sobre áreas contaminadas no estado

do Rio de Janeiro, a fim de eliminar ou reduzir riscos à saúde humana ou impactos ambientais negativos aos ecossistemas e ao meio ambiente no âmbito do Limite Planetário Poluição Química no Antropoceno, o presente estudo tem como objetivo geral avaliar a evolução do Cadastro de Áreas Contaminadas do estado do Rio de Janeiro divulgado entre os anos de 2013 e 2015. Além disso, possui como objetivos específicos: (i) identificar as variações quantitativas das diferentes tipologias de atividades mais poluidoras do estado do Rio de Janeiro, assim como as classes de contaminantes mais associadas às atividades em questão; (ii) identificar e avaliar o padrão de distribuição geográfica das áreas contaminadas no estado desde a criação do Cadastro Estadual de Áreas Contaminadas.

2. Material e Métodos

2.1. Classificação das áreas contaminadas no estado do Rio de Janeiro

A Resolução CONAMA 420 define como áreas potencialmente contaminadas (AP) aquelas onde ocorreram ou ocorrem atividades potencialmente poluidoras.⁴⁸ Por outro lado, uma área suspeita de contaminação (AS) seria aquela em que se verificou, após uma avaliação preliminar, indícios de contaminação ou condições que possam representar perigo e nas quais foram identificadas falhas no projeto, erros construtivos, inadequada manutenção ou operação do empreendimento, indícios de contaminação das diferentes matrizes ambientais. Já uma área contaminada (AC) é aquela em que foi comprovada a contaminação por meio de análises, que podem determinar riscos aos bens a proteger, tanto na própria área, quanto em seus arredores.^{48,50} Por sua vez, área contaminada sob investigação (AI) é uma área onde é constatada a contaminação acima dos valores de investigação,^{32,33} mediante a investigação confirmatória. Ainda, esta mesma resolução considera a área contaminada sob intervenção (ACI) como aquela em que foi constatada a presença de substâncias químicas em fase livre ou foi comprovada a existência de riscos à saúde humana mediante a investigação detalhada e avaliação de risco.^{32,33} Finalmente, a área em processo de monitoramento para

reabilitação (AMR) é assim declarada, quando o risco for considerado tolerável, após a execução de avaliação de risco à saúde humana. Após estas etapas as áreas avaliadas podem ser classificadas com base nas informações obtidas correspondentes às mesmas.^{48,49}

2.2. Cadastro de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

Foi realizado o levantamento das áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro consultando-se o “Cadastro de Áreas Contaminadas” (CAC-RJ) publicado pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) no período entre 2013 e 2015.⁵¹⁻⁵³ Para tal, o presente estudo propõe realizar uma abordagem quantitativa dos dados utilizando análises estatísticas, visto o universo amostral ultrapassar a centenas de empreendimentos. Além disso, para verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre os resultados dos diferentes anos, foram realizadas análises de variâncias (ANOVA) e o teste Tukey de comparação entre médias, ambos a um intervalo de confiança de 95 %, assim como o teste t de *Student* a um nível de confiança de 95 %. As análises foram realizadas com auxílio dos *softwares* Microsoft Excel® e Statística 7.0®. Vale ressaltar que as análises foram realizadas dividindo-se em duas categorias devido ao maior número de dados relativos aos postos de combustíveis/serviços (Tabela 1).

3. Resultados e Discussão

3.1. Evolução da classificação das atividades geradoras de áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro

Como pode ser observado na Tabela 2, o número de áreas contaminadas identificadas pelo CAC-RJ foram estatisticamente diferentes ($p < 0,05$)

e apresentou um acréscimo de aproximadamente 120 % quando se comparou o ano de 2015 com o ano base 2013, sendo que mais da metade destas áreas são ocupadas por postos de combustíveis e serviços. Esta variação no CAC-RJ pode ser devido a uma ação de fiscalização mais atuante por parte do poder público do Estado do Rio de Janeiro em conjunto com adoção de ações mais rigorosas nas diferentes etapas do licenciamento ambiental. Como dito anteriormente, as resoluções Conema 44 e Conama 420 são os principais instrumentos que subsidiam o GAC, mas deve se destacar também a resolução Conama 273 que determina as diretrizes para o licenciamento ambiental de postos de combustíveis e serviços e dispõe sobre a prevenção e controle da poluição.⁴⁸⁻⁵⁰ Estas resoluções foram determinantes no que diz respeito ao GAC no Brasil e motivaram a criação de CAC nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Embora sejam numericamente expressivos, os valores totais de AC no Rio de Janeiro indicam que a ação de classificação ainda se encontra em sua fase inicial. Como exemplo, a CETESB no Estado de São Paulo constatou no primeiro triênio de divulgação de seu CAC um total de 255 AC em 2002; 727 AC em 2003 e 1.336 AC em 2004, respectivamente. Além disso, os valores apresentados por este estudo estão bem abaixo do total de 5.376 AC registradas no cadastro realizado pela CETESB em 2015.⁵⁴ Tendo em vista a evolução no número de AC no estado de São Paulo no período de treze anos, poderia ser esperado um padrão evolutivo na identificação de AC semelhante no Rio de Janeiro, o qual corresponde ao segundo maior PIB do Brasil e conta com grandes adensamentos urbanos e um elevado número de indústrias.^{55,56}

Como previamente mencionado, os postos de combustíveis constituem a atividade que mais geram AC no estado do Rio de Janeiro e apresentaram diferenças estatísticas significativas entre os três anos avaliados ($p < 0,05$), representando 53 % das AC em 2013, 51 % em 2014 e 59 % em 2015, respectivamente (Tabela 2). Uma

Tabela 1. Tipologia das atividades presentes no CAC-RJ

Tipologia das Atividades	
Categoria 1	Categoria 2
Indústrias	Postos de combustíveis
Aterros de resíduos	Postos de serviços
Viações	

Tabela 2. Atividades desenvolvidas nas áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013-2015

Categoria	Atividade	Período		
		2013	2014	2015
1	Indústrias	60	96	111
	Aterro de resíduos	4	10	10
	Viação	3	12	15
2	Postos de combustíveis/serviços	84	122	192
Total		151	240	328

tendência semelhante pode ser observada no CAC do estado de São Paulo, onde foram quantificadas 3.979 áreas contaminadas relacionadas a postos de combustíveis em 2015, o que corresponderia a 74 % das atividades geradoras de AC do estado.

O setor petrolífero desperta grande preocupação ambiental, pois constitui a principal matriz energética mundial,⁵⁷ sendo os derivados do petróleo utilizados como matéria-prima para fins diversos. A crescente demanda por combustíveis fósseis exigiu a partir da Grande Aceleração, a estruturação da cadeia produtiva,

desde a exploração de novos campos de petróleo até o aumento das redes de distribuição.³⁴ Além disso, os BTEX presentes na gasolina e no óleo diesel são os constituintes com maior potencial em poluir as águas subterrâneas devido à suas altas toxicidades, e a exposição crônica a estes produtos pode causar severos riscos à saúde humana, tais como: leucopenia, câncer, vertigens, tremores e danos ao sistema nervoso central.^{53,57,58}

A Figura 5 apresenta uma amostra típica de água subterrânea contaminada com combustível em um posto de gasolina.

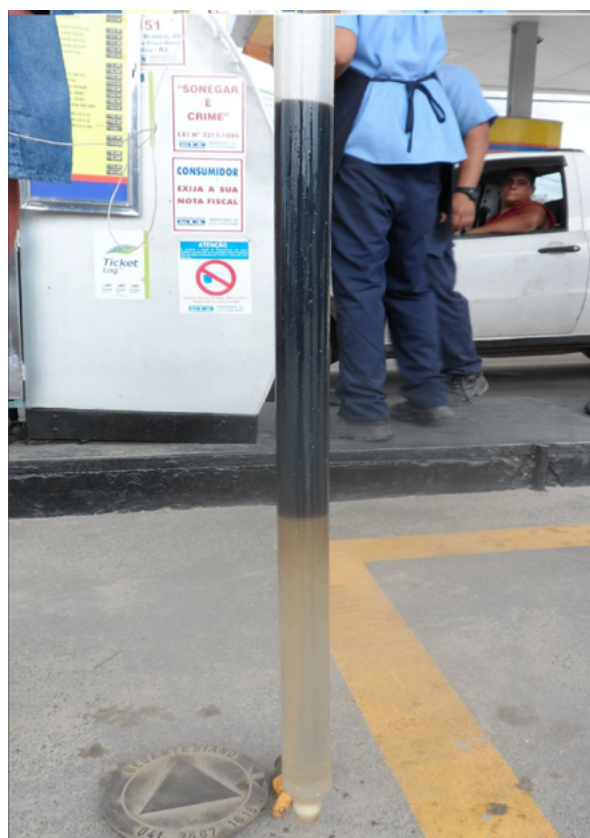


Figura 5. Determinação da fase livre (imiscível) de poluentes (óleo Diesel e/ou gasolina na fase sobrenadante), sobre a camada aquosa em uma amostra de um poço de monitoramento de águas subterrâneas de um posto de combustíveis cadastrado como área contaminada sob intervenção (ACI), na Cidade do Rio de Janeiro – RJ

As atividades industriais representam o segundo grupo de atividades no que diz respeito à quantidade de ACs (Tabela 2). Entre 2013 e 2015 houve um aumento de quase 100 % destas áreas indicando-as como estatisticamente diferentes ($p < 0,05$). Além disso, as indústrias representaram 39 % das atividades em 2013, 40% em 2014 e 34% em 2015, respectivamente. Por outro lado, os aterros de resíduos e as viações são as atividades que apresentam os menores números de AC e representaram conjuntamente 5% das atividades poluentes em 2013, 9 % em 2014 e 8% em 2015, respectivamente. Esses resultados estão aquém do esperado, pois desde que foi instituída a política nacional de resíduos sólidos em 2010, quase 90% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do estado do Rio de Janeiro passaram a ser encaminhados a aterros sanitários devidamente licenciados. Contudo, os antigos vazadouros embora tenham sido interditados e encerrado suas atividades de disposição inadequada de RSU encontram-se como *brownfields*, constituindo-se como passivos ambientais à espera de inclusão no CAC-RJ e providências posteriores para remediação (Figura 6).

3.2. Distribuição das Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro

A evolução da classificação das áreas contaminadas da categoria 1 (indústrias, aterros de resíduos e viação) indica que houve diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) com um aumento de 143 % nas áreas contaminadas sob investigação (AI), 58 % nas áreas contaminadas sob intervenção (ACI), 22 % nas áreas em processo de monitoramento para reabilitação (AMR) e 50% nas áreas reabilitadas para uso declarado (AR) (Figura 7).

Na categoria 2 (postos de combustíveis e de serviços) foi observado um comportamento variável para as áreas contaminadas sob investigação (AI) (Figura 8). Inicialmente, houve um acréscimo de 59% no ano 2014 em relação ao ano base (2013) do CAC-RJ, mas em seguida houve uma redução de 20 % no ano 2015 em relação ao ano 2014, o que acarretou em um aumento global de 27 % para o triênio avaliado. A queda no número de AI em 2015 pode ser parcialmente explicada pela migração de algumas áreas classe AI para a classe ACI. Além disso, houve um aumento estatisticamente significativo



Figura 6. Vazadouro (lixão) de Saquarema localizado entre um fragmento florestal de Mata Atlântica e a Rodovia RJ-106. A fumaça identificada na foto é proveniente da combustão espontânea de RSU e é carreada pela ação dos ventos ao centro da cidade e, também, dificulta a condução de veículos na rodovia

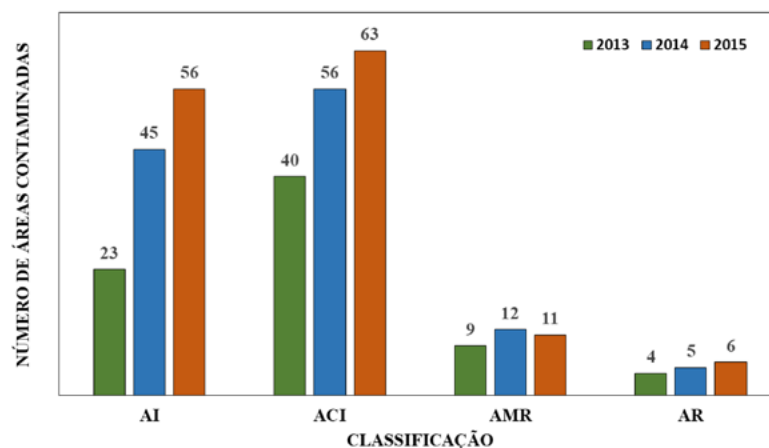


Figura 7. Classificação das áreas contaminadas (categoria 1) no estado do RJ durante o triênio 2013-2015. AI: áreas contaminadas sob investigação. ACI: áreas contaminadas sob intervenção. AMR: áreas em processo de monitoramento para reabilitação

($p < 0,05$) de 163 % nas áreas contaminadas sob intervenção (ACI), diminuição de 27 % nas áreas em processo de monitoramento para reabilitação (AMR) e aumento de 200 % nas áreas reabilitadas para uso declarado (AR) (Figura 8). De forma semelhante à observada na categoria 1, os postos de combustíveis apresentaram menos AMR e AR em relação à AI e ACI. Logo, pode-se inferir que poucas áreas classificadas como AI e ACI evoluíram quanto a sua classificação e, portanto, apenas 17 áreas estão em processo de monitoramento para reabilitação ou já foram reabilitadas. Tal fato reforça o entendimento de um processo de GAC ainda em fase inicial.

3.3. Distribuição dos contaminantes presentes nas Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro

A avaliação do CAC-RJ permitiu identificar variações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) ao longo do triênio avaliado para as nove principais classes de contaminantes presentes nos solos e águas subterrâneas destas áreas: aumento de 68 % para Metais (M); 95 % para Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA); 116 % para Hidrocarbonetos Totais de Petróleo (HTP); 142 % para Compostos Orgânicos Voláteis (COV); 53 % para Compostos Orgânicos Semi-

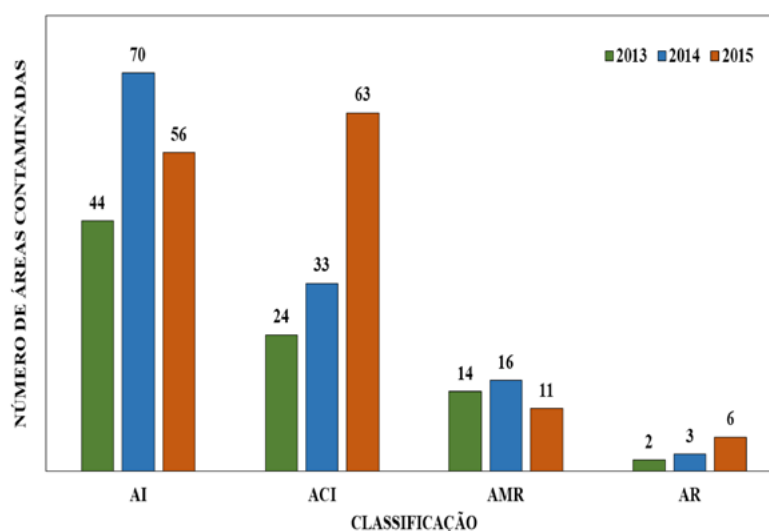


Figura 8. Classificação das áreas contaminadas (categoria 2) no estado do RJ, durante o triênio 2013-2015. AI: áreas contaminadas sob investigação. ACI: áreas contaminadas sob intervenção. AMR: áreas em processo de monitoramento para reabilitação

Voláteis (COSV); 116 % para Bifenilas Policloradas (PCB); constante para Organoclorados (OC); 67% para Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno (BTEX) e 100 % para Fenóis (Figura 9).

De acordo com as Figuras 9 e 10, pode ser reconhecida uma maior relevância estatística ($p < 0,05$) dos metais nas áreas contaminadas do estado do Rio de Janeiro entre 2013 e 2015, seguidos dos hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA). Os metais presentes nas matrizes ambientais são originários tanto de processos naturais, quanto de atividades antrópicas potencializadas após a Grande Aceleração, incluindo a mineração, fundição, queima de combustíveis fósseis e diversas atividades fabris. As áreas com intensa atividade industrial estão relacionadas a aumentos significativos de concentrações de metais no solo, podendo ser substancialmente mais elevadas do que aquelas encontradas em áreas não contaminadas.^{26-33,59} Os metais têm sido utilizados largamente como matéria-prima ao longo da história da produção industrial, como o Fe, Pb, Cr, Cd, Cu, Ni e o Zn utilizados na produção de aços e ligas na montagem de veículos; fios e aparelhos elétricos; baterias e uma infinidade de produtos.⁹ A indústria do cimento, por exemplo, libera Pb, Cd e Zn para o ambiente, enquanto a indústria do couro durante o processo de curtimento libera diferentes espécies de cromo (Cr^{3+} e Cr^{6+}) e Na.²⁶⁻³³ Além disso, as indústrias envolvidas na produção de polímeros, borrachas, tintas e pigmentos,

fábricas de incineração de resíduos e de fundição liberam uma quantidade significativa de metais para o meio ambiente.⁶⁰

Os HTP, HPA, COV e COSV são tipicamente encontrados em áreas de postos de serviços/abastecimento por serem compostos derivados do petróleo e, são considerados poluentes ambientais que apresentam efeitos adversos à biota das regiões afetadas, resultando em sua absorção e acumulação ao longo da cadeia trófica. Tais compostos podem, ainda, apresentar elevados riscos à saúde humana devido à sua estabilidade química, alta toxicidade e por serem potencialmente carcinogênicos.^{25,61,62}

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) estima que existam 13.408 pontos de abastecimento regulamentados no país.⁶³ No presente estudo, os postos de combustíveis representaram 59 % das atividades contaminantes no estado do Rio de Janeiro em 2015 (Tabela 2). Estes números reforçam o potencial destes estabelecimentos em contaminar o solo e as águas subterrâneas (Figura 5), levando prejuízos não somente ao meio físico, como à saúde pública, visto que tais instalações além de estarem presentes em grandes quantidades estão situadas em áreas urbanizadas e densamente povoadas. Além disso, o risco de vazamentos é elevado, em virtude de muitos tanques de combustíveis possuírem mais de 25 anos de uso e serem constituídos de aço carbono, que proporciona o surgimento de rachaduras ou

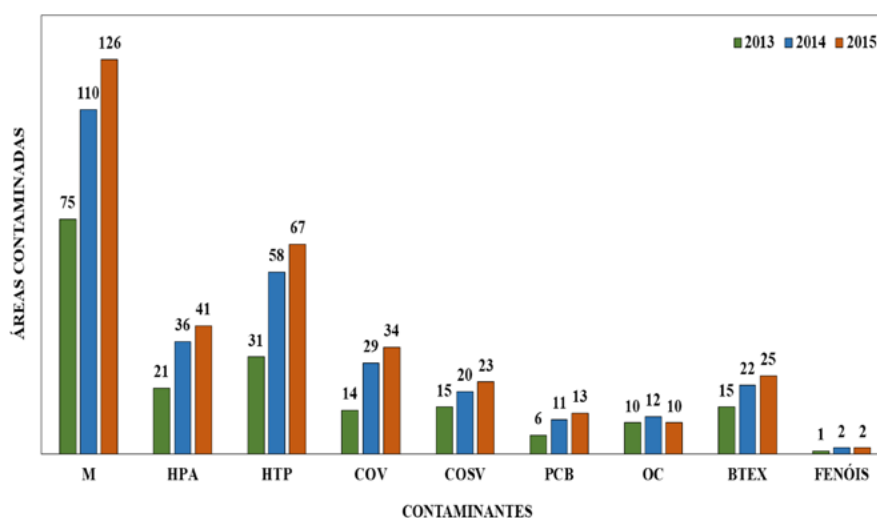


Figura 9. Principais classes de contaminantes encontrados nas AC do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013-2015. M: Metais. HPA: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. HTP: Hidrocarbonetos Totais de Petróleo. COV: Compostos Orgânicos Voláteis. COSV: Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (COSV). PCB: Bifenilas Policloradas (PCB). OC: Organoclorados (OC)

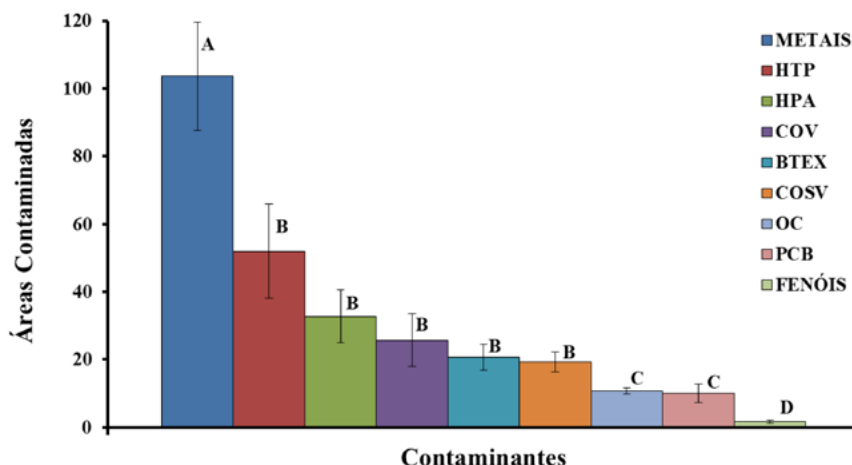


Figura 10. Classes de contaminante encontradas no estado do Rio de Janeiro no triênio 2013-2015. Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística significativa ($P < 0,05$) pelo teste Tukey. M: Metais. HPA: Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos. HTP: Hidrocarbonetos Totais de Petróleo. COV: Compostos Orgânicos Voláteis. COSV: Compostos Orgânicos Semi-Voláteis (COSV). PCB: Bifenilas Policloradas (PCB). OC: Organoclorados (OC)

pontos de corrosão podendo atingir o solo, os rios, as galerias pluviais e as águas subterrâneas (Figura 5).⁶⁴

As bifenilas policloradas (PCB) e os compostos organoclorados (OC) foram identificados em poucas áreas ($p < 0,05$) (Figuras 9 e 10). Embora tais resultados sejam relativamente mais baixos estes compostos possuem particularidades importantes, como a grande persistência no ambiente e alta toxicidade, compondo o grupo dos Poluentes Orgânicos Persistentes (POP), os quais provocam grande risco à saúde humana.⁶⁵ Com a expansão e modernização da agricultura nacional após a Grande Aceleração, os pesticidas organoclorados, substituíram predadores naturais e métodos mecânicos no controle de pragas, evento que culminou no óbito de inúmeros trabalhadores rurais nas décadas de 1960 e 1970.⁶⁶ Já os PCB foram utilizados nas últimas décadas para diversos fins, como em fluidos isolantes em transformadores e capacitores, sistemas de refrigeração, lubrificantes, plásticos, tintas e vernizes. No entanto, estes compostos apresentam a capacidade de se bioacumularem nos tecidos lipídicos dos organismos e podem manifestar efeitos carcinogênicos, neurotóxicos, além de atuarem como disruptores endócrinos.⁴⁵ Ademais, a legislação brasileira não obriga a substituição de equipamentos contendo “Ascarel” (mistura comercial de PCB), o qual pode estar presente em muitos transformadores e outros equipamentos obsoletos ou ainda em atividade.

Tendo em vista os riscos e consequências inerentes às referidas classes de contaminantes, as informações sobre as emissões das mesmas tornam-se imprescindíveis para a tomada de decisões e formulação de políticas públicas pelos OEMA como tentativa de assegurar a qualidade ambiental e mitigação de riscos à saúde humana para que com isso, também, não seja ultrapassado o LPPQ.

3.4. Distribuição geográfica das Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro

O CAC-RJ permitiu avaliar, também, o padrão da distribuição geográfica das áreas contaminadas do estado (Tabela 3 e Figuras 11 e 12). Dos 33 municípios verificados, 23 apresentaram um aumento estatístico significativo ($p < 0,05$) no número de ACs ao longo do triênio, ou seja, 70 % aproximadamente. Dentre os municípios com maior número de ACs estão o Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Volta Redonda, totalizando, respectivamente, 42, 25 e 10 áreas contaminadas em 2015. Em 2015, os municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias e Volta Redonda representaram, respectivamente, 31 %, 18 % e 7 % das AC de todo o estado. Conseqüentemente, pode-se afirmar que 56 % das AC do estado do Rio de Janeiro se concentram em apenas três cidades.

Assim como ocorrido na capital de São Paulo, as atividades econômicas do estado do Rio de Janeiro não se caracterizam pela homogeneidade, sendo

Tabela 3. Distribuição geográfica das ACs do estado do Rio de Janeiro no triênio 2013-2015 (Categoria 1)

Município	Período			Município	Período		
	2013	2014	2015		2013	2014	2015
Angra dos Reis	1	1	1	Niterói	0	1	1
Barra do Pirai	1	1	1	Nova Friburgo	0	3	3
Barra Mansa	3	4	4	Nova Iguaçu	2	2	2
Belford Roxo	2	3	4	Paty do Alferes	0	1	1
Cachoeiras de Macacu	0	1	1	Petrópolis	0	0	1
Cantagalo	1	2	2	Pirai	1	1	1
Duque de Caxias	14	21	25	Porto Real	1	1	1
Guapirim	0	0	1	Queimados	3	5	6
Itaboraí	0	1	1	Resende	2	3	4
Itaguaí	2	4	4	Rio Bonito	1	1	1
Itaperuna	0	0	1	Rio de Janeiro	22	37	42
Itatiaia	2	2	2	São Gonçalo	2	4	6
Magé	1	2	2	São João de Meriti	1	1	1
Maricá	0	1	1	Tanguá	0	0	1
Mesquita	1	1	1	Teresópolis	0	1	1
Miguel Pereira	1	1	1	Volta Redonda	3	10	10
Nilópolis	0	2	2				

a localização destas áreas o reflexo da dinâmica da ocupação territorial no estado.^{44,45} A ocupação do território e a distribuição espacial das indústrias da cidade do Rio de Janeiro são um reflexo da proximidade das rotas marítimas e ao seu principal

porto (Porto do Rio de Janeiro), o que viabilizou o acesso às matérias-primas e combustíveis provenientes de outras regiões.⁶⁷ Como resultado deste intenso desenvolvimento urbano e industrial ocorrido na capital do estado, principalmente após o

Evolução das Áreas Contaminadas no Estado do Rio de Janeiro (2013 - 2015)

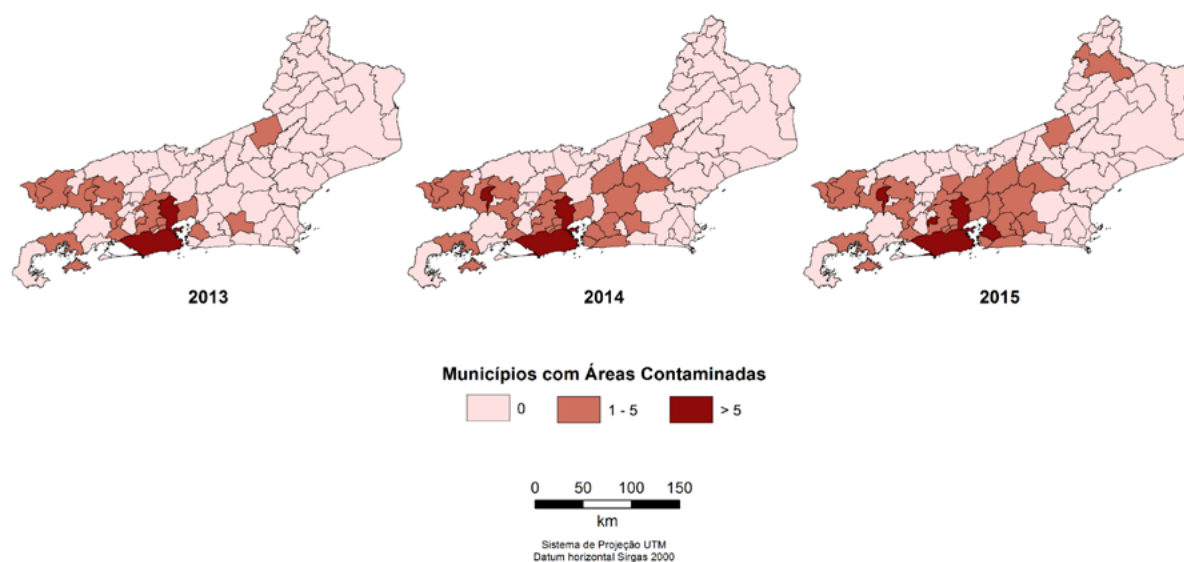


Figura 11. Evolução das áreas contaminadas no Estado do Rio de Janeiro no triênio 2013-2015

início da Grande Aceleração, as áreas contaminadas da Cidade do Rio de Janeiro quantificadas pelo CAC-RJ corresponderam a, aproximadamente, 31% das ACs do estado em 2015 (Tabela 3 e Figura 12). Além disso, o município do Rio de Janeiro possui a quarta maior área relativa do estado (1.200,179 km²) e apresenta a maior população, correspondendo a 6.320.446 de habitantes.^{55,56} Portanto, tais especificidades da capital do Rio de Janeiro - elevado adensamento urbano e área relativamente grande – possibilitaram que um maior número de estabelecimentos se instalasse na região, o que contribuiu para a maior quantidade de áreas contaminadas em todos os anos avaliados neste estudo.

A segunda metade do século XX, marcada pelo fim da segunda guerra mundial e pela Grande Aceleração,³⁴ trouxe intensas transformações econômicas, sociais e culturais. No Brasil, a consolidação da atividade industrial nos grandes centros urbanos conduziu a uma expressiva migração das regiões econômicas periféricas do país aos epicentros mais desenvolvidos como Rio de Janeiro e São Paulo. No entanto, este fluxo migratório de novos habitantes não garantiu à população prontamente estabelecida o acesso a

iguais oportunidades de emprego, os quais foram insuficientes para absorvê-los. À medida que se elevou o adensamento da capital do estado, em virtude tanto das migrações Norte-Sul, quanto dos processos intra-regionais, os quais se caracterizavam pela expulsão (gentrificação) de parte da população carente das áreas nobres do estado, conduzia-se um fluxo migratório em direção à periferia, como a Baixada Fluminense e ao Vale do Paraíba Fluminense (Figura 12).

A adoção de novos modelos econômicos ditou uma reestruturação produtiva da indústria nas últimas décadas após a Grande Aceleração,³⁴ o que proporcionou uma maior mobilidade dos empreendimentos, antes concentrados em áreas mais restritas. Desta forma, a implantação destes empreendimentos provocou um processo de dispersão urbana e a formação de novas centralidades.^{42,43} A partir da década de 1940 deu-se início a um processo de desenvolvimento econômico na Baixada Fluminense, impulsionado pela ampliação das redes ferroviárias e rodoviárias, especialmente com a construção da Avenida Brasil em 1946 e, posteriormente da Rodovia Presidente Dutra, que possibilitaram maior acesso à região,

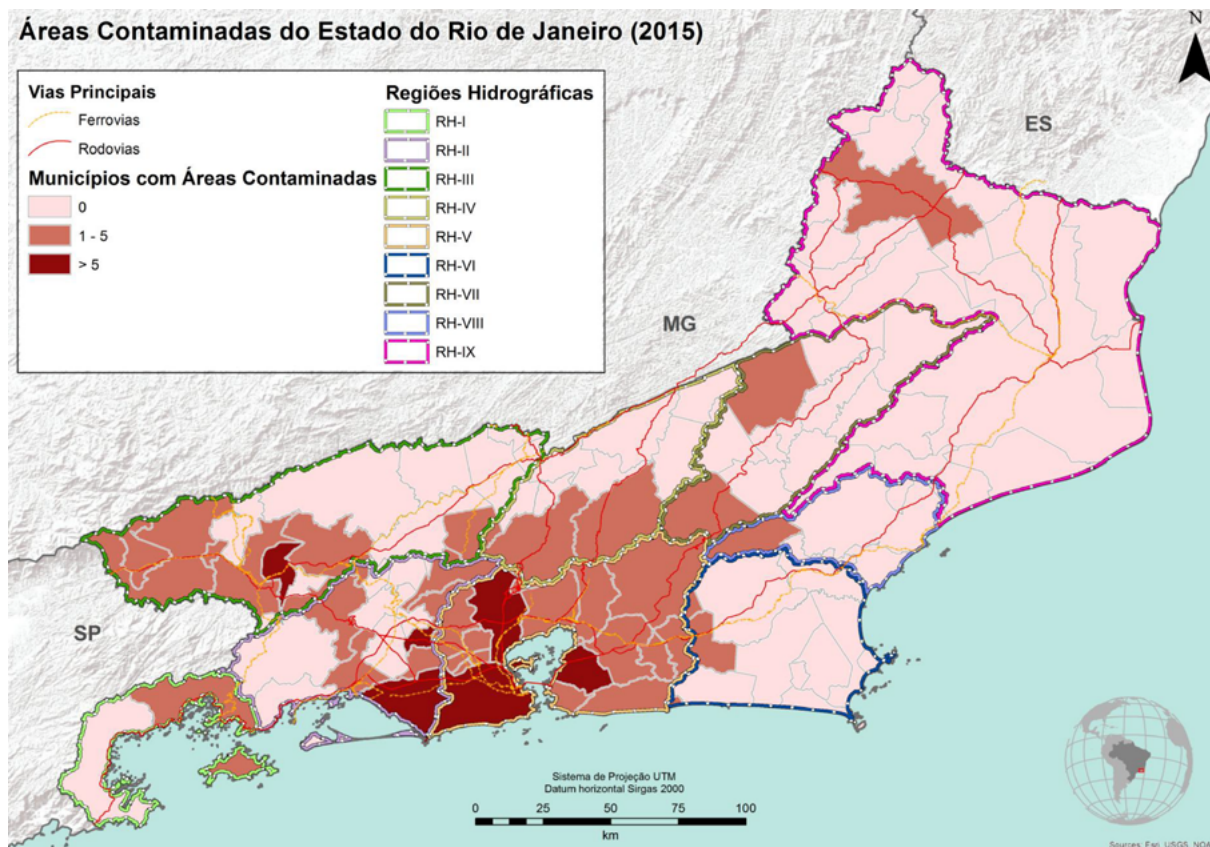


Figura 12. Distribuição das Áreas Contaminadas no Estado do Rio de Janeiro por Regiões Hidrográficas (2015)

assim como realização de obras de saneamento com disponibilidade de água potável. O município de Duque de Caxias destaca-se como núcleo central da Baixada Fluminense, ao lado da cidade de Nova Iguaçu, em virtude da implantação da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC) em 1961. Sendo assim, sua economia está intimamente relacionada ao complexo químico/petroquímico, o qual vem influenciando o desenvolvimento de outros segmentos da atividade industrial. Tais considerações podem explicar o motivo pelo qual esta cidade é a segunda colocada em maior número de ACs do estado.

Finalmente, o município de Volta Redonda integra a Região do Médio Paraíba fluminense, a qual está situada no terço médio da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, entre as capitais mais importantes do país - Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte – que correspondem a grandes centros acumuladores de capital e consumidores consideráveis. Este município se destacou economicamente com a construção da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em 1941 pelo Estado brasileiro. Posteriormente, a construção de outras indústrias na região foi incentivada pela comercialização do aço produzido pela CSN, que consiste em um insumo básico de muitos produtos industriais duráveis.^{34,68} Tais fatos somados à proximidade de fontes hídricas, como o Rio Paraíba do Sul e facilidade de acesso à região, justificam o intenso processo de industrialização e, conseqüentemente, os passivos ambientais resultantes deste processo, visto que o município de Volta Redonda conta com um número considerável de ACs, registradas pelo CAC-RJ (Tabela 4).

3.5. Situação das Áreas Contaminadas do Estado do Rio de Janeiro

A modernização da economia e a liberação do comércio mundial têm alterado radicalmente os mercados de produtos industriais, o que vem estimulando a realocação de inúmeras empresas

rumo aos países em desenvolvimento para a extração de *commodities*, como é o caso do Brasil. Paralelamente à emergência de novos setores industriais dinâmicos ocorre o declínio de outros, o que suscita um processo de obsolescência acelerada de indústrias de todos os setores.³⁴ Desta forma, a quantidade de estabelecimentos industriais fechados ou desativados aumenta vertiginosamente.⁴¹⁻⁴³ Considerando-se apenas a categoria 1 o CAC-RJ apresentou em 2013, 42 áreas desativadas e apenas 25 ativas, ou seja, os estabelecimentos desativados compreenderam aproximadamente 63 % das ACs. Em 2014, 31 % das áreas contaminadas correspondiam a indústrias desativadas e, em 2015, 32 % das ACs (Tabela 4).

A obsolescência, o fechamento e a realocação de empreendimentos podem afetar regiões inteiras de forma drástica, levando-as ao declínio econômico, à perda radical de empregos e à diminuição da arrecadação de impostos pelos poderes públicos, o que causa uma desestruturação dos investimentos governamentais e da manutenção de infraestrutura e serviços públicos.⁴¹ Os *brownfields* e as indústrias desativadas constituem as fontes de poluição mais críticas da região metropolitana de São Paulo, visto que nenhuma forma de controle ambiental é exercida sobre as mesmas.⁴¹ Em tais áreas, ao contrário de áreas industriais em atividade, se desconhecem as substâncias utilizadas nos processos produtivos, a forma de armazenamento e o manuseio destas. Sendo assim, o estudo das áreas industriais desativadas exige o desenvolvimento de uma série de atividades que viabilizem a identificação das substâncias envolvidas na contaminação, bem como outras informações importantes para o gerenciamento destas áreas.^{42,43,67}

Em 1997, a CETESB estimou 4.238 áreas desativadas na Região Metropolitana de São Paulo, sendo 2.076 áreas decorrentes de atividades com elevados potenciais poluidores. Em virtude do elevado número de indústrias desativadas,

Tabela 4. Situação das Áreas Contaminadas do estado do Rio de Janeiro durante o triênio 2013-2015 (Categoria 1)

Situação	Período		
	2013	2014	2015
Ativas	25	81	92
Desativadas	42	37	44
Total	67	118	136

somado à natureza das atividades exercidas nelas, a avaliação cautelosa destas áreas buscando a mitigação dos potenciais danos inerentes às mesmas, torna-se extremamente necessária.⁶⁹

Nos Estados Unidos e no Canadá, mesmo após a sociedade tomar conhecimento da problemática dos sítios contaminados e da posterior adoção de leis que restringiam seu uso, esta questão continuou trazendo restrições ao desenvolvimento urbano.⁴¹ A presença das ACs deteriora a qualidade ambiental urbana duplamente, visto que: por um lado, dificulta a reutilização de terrenos e a revitalização desses setores e, por outro, contribui para a dispersão urbana, fenômeno que demanda a extensão da infra-estrutura e dos serviços para novas áreas urbanizadas e frequentemente se faz em detrimento de áreas agrícolas ou florestais, os *greenfields*.⁴¹ Neste contexto, a reabilitação de áreas contaminadas ociosas deve representar uma das prioridades no que concerne as políticas de ordenamento, planejamento territorial e de uso e ocupação do solo. O termo “reabilitação” tem sido utilizado para designar um modo de intervenção urbana destinado à superação de passivos ambientais e econômicos decorrentes de um histórico de industrialização que não prevê suas externalidades negativas. Desta forma, o processo de reabilitação tem como objetivo a devolução das áreas afetadas pela contaminação ao ciclo econômico da cidade e o desenvolvimento urbano sustentado.⁴¹⁻⁴³

No presente estudo foi observado que para as duas categorias avaliadas, em 2015, apenas seis áreas contaminadas foram consideradas áreas reabilitadas para uso declarado (AR). Caso o CAC-RJ venha a ser retomado, à medida que forem identificadas novas áreas contaminadas e se tomem as devidas medidas institucionais de intervenção, mais áreas poderão ser reinseridas ao tecido urbano, auxiliando na gestão do uso e ocupação do solo das cidades. Desta forma, o CAC-RJ voltará a ser um importante instrumento para a remediação e controle ambiental, reduzindo os riscos à saúde humana os quais estão expostos a população, além de subsidiar a gestão racional dos municípios, impedindo que os impactos, inicialmente locais, migrem para uma escala regional ou global e com isso intensifiquem de maneira sinérgica as ameaças ao LPPQ no Antropoceno.

4. Conclusões

O estado do Rio de Janeiro apresentou um aumento significativo (>120 %) das áreas contaminadas

cadastradas no triênio 2013-2015, sendo os postos de combustíveis e de serviços os responsáveis pelas atividades mais poluentes do estado. O Cadastro de Áreas Contaminadas indica um processo de gestão de áreas contaminadas ainda em fase inicial, pois a grande maioria das áreas avaliadas eram áreas contaminadas sob investigação, ou intervenção.

Os metais predominaram como a classe de contaminante mais significativa, seguidos dos hidrocarbonetos totais de petróleo e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Em decorrência do potencial poluidor destas classes e seu risco à saúde pública, as informações sobre a presença e as concentrações presentes no ambiente urbano são essenciais para a tomada de decisões no que concerne à identificação, ao monitoramento e às ações corretivas adequadas a serem executadas em uma área contaminada.

Acidade do Rio de Janeiro é aquela que apresenta o maior número de áreas contaminadas, o que reflete o histórico de uso e ocupação do território e a consequente distribuição das indústrias, as quais num primeiro momento se concentraram na capital do estado. No entanto, uma profunda transformação na economia trouxe uma nova dinâmica nas indústrias cariocas, favorecendo um processo de dispersão urbana e a formação de novas centralidades, como as regiões da Baixada Fluminense e do Vale do Paraíba Fluminense. Nestas duas regiões encontram-se municípios importantes para a economia do estado, Duque de Caxias e Volta Redonda, os quais contêm elevadas quantidades de áreas contaminadas.

As indústrias desativadas e os *brownfields* constituem um fator importante no que tange a poluição das áreas urbanas do estado do Rio de Janeiro, haja vista que não há informações sobre as substâncias que foram envolvidas nos processos produtivos, a forma de armazenamento e manuseio destas e, portanto, não são executadas ações corretivas adequadas visando mitigar os riscos inerentes a esta contaminação. Sendo assim, o processo de reabilitação das áreas contaminadas torna-se fundamental para superar os passivos ambientais gerados como legado da “Grande Aceleração” no Antropoceno.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte financeiro da Capes.

Referências Bibliográficas

- ¹Silva, C. M.; Arbilla, G.; Machado, W.; Soares, R. Radionuclídeos como marcadores de um novo tempo: o Antropoceno. *Química Nova* 2020, 43, 4, 506. [\[CrossRef\]](#)
- ²Silva, C. M.; Arbilla, G.; Soares, R.; Machado, W. A Nova Idade *Meghalayan*: O que isso Significa para a Época do Antropoceno? *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1648. [\[CrossRef\]](#)
- ³Walker, M.; Gibbard, P.; Head, M. J.; Berkelhammer, M.; Björck, S.; Cheng, H.; Cwynar, L. C.; Fisher, D.; Gkinis, V.; Long, A.; Lowe, J.; Newham, R.; Rasmussen, S. O.; Weiss, H. *Journal Geological Society of India* 2019, 93, 135. [\[CrossRef\]](#)
- ⁴Soares, R.; Maddock, J. E. L.; Campos, D. V. B.; Madari, B. E.; Machado, P. L. O. A.; Santelli, R. E. O Papel das Terras Pretas de Índio no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1659. [\[CrossRef\]](#)
- ⁵Soares, R.; Maddock, J. E. L.; Campos, D. V. B.; Madari, B. E.; Machado, P. L. O. A.; Santelli, R. E. Avaliação da Estabilidade de Agregados em Marcadores Ambientais Terrestres do Antropoceno Submetidos a Diferentes Períodos de Pousio. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1693. [\[CrossRef\]](#)
- ⁶Zalasiewicz, J.; Waters, C. N.; Summerhayes, C. P.; Wolfe, A. P.; Barnosky, A. D.; Cearreta, A.; Crutzen, P.; Ellis, E.; Fairchild, I. J.; Galuszka, A.; Haff, P.; Hajdas, I.; Head, M. J.; Ivar do Sul, J. A.; Jeandel, C.; Leinfelder, R.; McNeill, J. R.; Neal, C.; Odada, E.; Oreskes, N.; Steffen, W.; Syvitski, J.; Vidas, D.; Wagemann, M.; Williams, M. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene* 2017, 19, 55. [\[CrossRef\]](#)
- ⁷Arbilla, G. A.; Silva, C. M.; Machado, W. T. V.; Soares, R. Química no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1618. [\[CrossRef\]](#)
- ⁸Silva, C. M.; Arbilla, G. A. Antropoceno: Os Desafios de um Novo Mundo. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1619. [\[CrossRef\]](#)
- ⁹Afonso, J. C. Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: O Antropoceno Bate à Nossa Porta. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1849. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁰Martins, J. R. S.; Montagner, C. C. Dos Predadores Pré-Históricos aos Contaminantes Emergentes Atuais: Uma História de Ameaças à Humanidade. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1719. [\[CrossRef\]](#)
- ¹¹Godoy, J. M. Datação de Sedimentos com ²¹⁰Pb: Resgate do Histórico da Poluição Ambiental no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1733. [\[CrossRef\]](#)
- ¹²Arbilla, G. A.; Silva, C. M. Floresta da Tijuca: Uma Floresta Urbana no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1758. [\[CrossRef\]](#)
- ¹³Silva, J. J. N.; de Mello, W. Z.; Rodrigues, R. A. R.; Alves, B. J. R.; de Souza, P. A.; da Conceição, C. G. Ciclagem de Nitrogênio em Florestas Tropicais e Plantações de Eucalipto no Brasil no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1792. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁴Pinheiro, E. F. M.; Santos, C. A.; Silva, S. N.; Alves, B. J. R.; Campos, D. V. B.; Ceddia, M. B. Emissões de Óxido Nitroso sob Cobertura de Pastagem numa Topossequência em Seropédica, RJ. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1809. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁵Silva, C. M.; Tsuruta, F.; Rodrigues, J. C.; Vieira, F.; Arbilla, G. Simulação das Trajetórias de Poluentes em Eventos Naturais e Antropogênicos. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1828. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁶Silva, C. M.; Arbilla, G. Urbanização e os Desafios na Caracterização da Qualidade do Ar. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1898. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁷Hatje, V.; da Cunha, L. C.; Costa, M. F. Mudanças Globais, Impactos Antrópicos e o Futuro dos Oceanos. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1947. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁸Miranda, J. L.; Moura, L. C.; de Ferreira, H. B. P.; Abreu, T. P. O Antropoceno e o CO₂: Processos de Captura e Conversão. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1915. [\[CrossRef\]](#)
- ¹⁹Miranda, J. L.; Gomes, F.; de Almeida, C. D.; Gerpe, R. O Antropoceno, a Educação Ambiental e o Ensino de Química. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1990. [\[CrossRef\]](#)
- ²⁰Olivatto, G. P.; Carreira, R.; Tornisiello, V. L.; Montagner, C. C. Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno. *Revista Virtual de Química* 2018, 10, 1968. [\[CrossRef\]](#)
- ²¹Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, Å., Chapin, III, F. S.; Lambin, E.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H.; Nykvist, B.; De Wit, C. A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P. K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R. W.; Fabry, V. J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* 2009, 14, 32. [\[Link\]](#)

- ²²Rockström, J.; Steffen, W.; Noone, K.; Persson, A.; Chapin III, F. S.; Lambin, E. F.; Lenton, T. M.; Scheffer, M.; Folke, C.; Schellnhuber, H. J.; Nykvist, B.; de Wit, C. A.; Hughes, T.; van der Leeuw, S.; Rodhe, H.; Sörlin, S.; Snyder, P. K.; Costanza, R.; Svedin, U.; Falkenmark, M.; Karlberg, L.; Corell, R. W.; Fabry, V. J.; Hansen, J.; Walker, B.; Liverman, D.; Richardson, K.; Crutzen, P.; Foley, J. A. A safe operating space for humanity. *Nature* **2009**, *461*, 472. [[CrossRef](#)]
- ²³Steffen, W.; Richardson, K.; Rockstrom, J.; Cornell, S. E.; Fetzer, I.; Bennett, E. M.; Biggs, R.; Carpenter, S. R.; de Vries, W.; de Wit, C. A.; Folke, C.; Gerten, D.; Heinke, J.; Mace, G. M.; Persson, L. M.; Ramanathan, V.; Reyers, B.; Sorlin, S. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* **2015**, *347*, 1259855. [[CrossRef](#)]
- ²⁴MacLeod, M.; Breitholtz, M.; Cousins, I. T.; Wit, C. A.; Persson, L. M.; Rudén, C.; McLachlan, M. S. Identifying Chemicals That Are Planetary Boundary Threats. *Environmental Science & Technology* **2014**, *48*, 11057. [[CrossRef](#)]
- ²⁵Diamond, M. L.; Wit, C. A.; Molander, S.; Scheringer, M.; Backhaus, T.; Lohman, R.; Arvidsson, R.; Bergman, A.; Hauschild, M.; Holoubek, I.; Persson, L.; Suzuki, N.; Vighi, M.; Zetzsch, C. Exploring the planetary boundary for chemical pollution. *Environment International* **2015**, *78*, 8. [[CrossRef](#)]
- ²⁶Soares, R.; Carneiro, M. C.; Monteiro, M. I. C.; Henrique JR., S. S.; Pontes, F. V. M.; Silva, L. I. D.; Alcover Neto, A.; Santelli, R. E. Simultaneous speciation of chromium by spectrophotometry and multicomponent analysis. *Chemical Speciation & Bioavailability* **2009**, *21*, 152. [[CrossRef](#)]
- ²⁷Gomes, V. M.; Magdalena, A. G.; Ramos, D. D.; Santos, A.; Zara, L. F.; Santos, F. A. Study of mobility and environmental contamination by chromium from tannery industry in two streams in the Town of Dobrada in the state of São Paulo, Brazil. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 1840. [[CrossRef](#)]
- ²⁸Santos, M. C. B.; Maddock, J. E. L.; Bertolino, L. C.; Santelli, R. E.; Soares, R. Resíduo Industrial: Onde depositar? *Ciência Hoje* **2014**, *53*, 32. [[Link](#)]
- ²⁹Soares, R.; Machado, W. T. V.; Campos, D. V. B.; Monteiro, M. I. C.; Freire, A. S.; Santelli, R. E. Avaliação da Aplicabilidade de Índices de Poluição Aquática: Estudo de Caso no Rio Paraibuna (Juiz de Fora, MG, Brasil). *Revista Virtual de Química* **2016**, *8*, 2105. [[CrossRef](#)]
- ³⁰Soares, R.; Machado, W. T. V.; Química Ambiental: Análise de Especificação, Processos e Transformações na Natureza. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 1799. [[CrossRef](#)]
- ³¹Santos, M. C. B.; Kede, M. L. F. M.; Moreira, J. C.; Mavropoulos, E.; Rossi, A. M.; Bertolino, L. C.; Pérez, D. V.; Santelli, R. E.; Bielschowsky, C.; Soares, R. Avaliação da Toxicidade e Comportamento Geoquímico do Chumbo em Solos Contaminados de Santo Amaro da Purificação (BA) após Atenuação por Fósforo. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 2135. [[CrossRef](#)]
- ³²Soares, R.; Santos, M. C. B.; Maddock, J. E. L.; Machado, W. T. V.; Bertolino, L. C.; Campos, D. V. B.; Freire, A. S.; Santelli, R. E. Avaliação do Risco Ambiental e Comportamento Geoquímico de Metais em Área Impactada por Resíduos Industriais em Queimados (RJ). *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 2151. [[CrossRef](#)]
- ³³Soares, R.; Santos, M. C. B.; Maddock, J. E. L.; Bertolino, L. C.; Santelli, R. E.; Campos, D. V. B. Água-régia como extrator alternativo para o diagnóstico ambiental de áreas impactadas por resíduos industriais: estudo de caso Centres (Queimados, RJ). *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2018**, *23*, 995. [[CrossRef](#)]
- ³⁴McNeill, J. R.; Engelke, Peter. The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945.
- ³⁵Campos, P. H.; Brandão, R. Os Donos do Capital: a trajetória das principais famílias empresariais do capitalismo brasileiro. RJ: Autografia: Rio de Janeiro, 2017. [[Link](#)]
- ³⁶Margalho, M. Estado, Empresários e Política: a hegemonia em construção (1930-1945). Autografia: Rio de Janeiro, 2018. [[Link](#)]
- ³⁷Gunther, W. M. R. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. *São Paulo em Perspectiva* **2006**, *20*, 105. [[Link](#)]
- ³⁸Magalhães, J. S. B. *Dissertação de Mestrado*, Fundação Oswaldo Cruz, 2000. [[Link](#)]
- ³⁹Habermann, M.; Gouveia, N. Requalificação urbana em áreas contaminadas na cidade de São Paulo. *Estudos avançados* **2014**, *28*, 129. [[CrossRef](#)]
- ⁴⁰Silva, R. F. G. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. [[Link](#)]
- ⁴¹Sánchez, L. E. *Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais*. Editora USP: São Paulo, 2001.
- ⁴²Valentim, L. S. O. *Requalificação urbana, contaminação do solo e riscos à saúde*. Annablume/Fapesp: São Paulo, 2007.

- ⁴³Valentim, L. S. O.; *Sobre a produção de bens e males nas cidades: estrutura urbana e cenários de risco à saúde em áreas contaminadas da metrópole paulista*. Annablume/Fapesp: São Paulo, 2013.
- ⁴⁴IBGE, 2010. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 10 fevereiro 2019.
- ⁴⁵Lavandier, R.; Arêas, J.; Dias, P. S.; Taniguchi, S.; Montone, R.; Moura, J. F.; Quinete, N.; Siciliano, S.; Moreira, I. PCB and PBDE levels in highly threatened dolphin species from the Southeastern Brazilian coast. *Environmental Pollution* 2016, 2018, 442. [CrossRef] [PubMed]
- ⁴⁶Araújo, J. M.; Gunther, W. M. R. Riscos à Saúde em Áreas Contaminadas: contribuições da teoria social. *Saúde e Sociedade* 2009, 18, 312. [CrossRef]
- ⁴⁷Fernandes, P. R. M.; Santos, C. G.; Alexandrino, R. C. S.; Cruz, L. O. M.; Tonidandel, R. P.; Souza, A. M.; Aragão, R. B.; Guimarães, B. N. A.; Rezende, H. J. A.; *I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo*, São Paulo, Brasil, 2009. [Link]
- ⁴⁸BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009. [Link]
- ⁴⁹CONEMA -Resolução nº 44, 2012. [Link]
- ⁵⁰BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 273 de 29 de novembro de 2000. [Link]
- ⁵¹INEA. Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado do Rio De Janeiro - 2a Edição – 2015a. Disponível em: <http://200.20.53.3:8081/cs/groups/public/@inter_dilam/documents/document/zeww/mte0/~edisp/inea0114619.pdf>. Acesso em: 11 dezembro 2017.
- ⁵²INEA. Cadastro de Áreas Contaminadas e Reabilitadas do Estado do Rio De Janeiro - 3a Edição – 2015b. Disponível em: http://200.20.53.3:8081/cs/groups/public/@inter_dilam/documents/document/zeww/mte0/~edisp/inea0114618.pdf. Acesso em: 11 dezembro 2017.
- ⁵³Brito, G. C. B.; Vasconcelos, F. C. W. A gestão de áreas contaminadas em Minas Gerais: O licenciamento como instrumento preventivo. *Revista de Gestão Social e Ambiental* 2012, 6, 19. [CrossRef]
- ⁵⁴Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Relação de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo. 2015. Disponível em: <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: 4 fevereiro 2017.
- ⁵⁵IBGE. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://cod.ibge.gov.br/E4X>. Acesso em: 10 fevereiro 2017.
- ⁵⁶IBGE. Rio de Janeiro: Contas Regionais do Brasil 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rj&tema=contasregionais2014>. Acesso em: 20 fevereiro 2017.
- ⁵⁷Mariano, A. P. *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2006. [Link]
- ⁵⁸Fernandes, M. B.; Brickus, L. S. R.; Moreira, J. C.; Cardoso, J. N. Atmospheric BTX and polyaromatic hydrocarbons in Rio de Janeiro, Brazil. *Chemosphere* 2002, 47, 417. [PubMed]
- ⁵⁹Loska, K.; Wiechla, D.; Korus, I. Metal contamination of farming soils affected by industry. *Environment International* 2004, 30, 159. [CrossRef] [PubMed]
- ⁶⁰Li, F.; Fan, Z.; Xiao, P.; Oh, K.; Ma, X.; Hou, W. Contamination, chemical speciation and vertical distribution of heavy metals in soils of an old and large industrial zone in Northeast China. *Environmental Geology* 2009, 57, 1815. [CrossRef]
- ⁶¹Andreoni, V.; Cavalca, L.; Ro, M. A.; Nocerino, G.; Bernasconi, S.; Dellamico, E.; Colombo, M.; Gianfreda, L. Bacterial communities and enzyme activities of PAHs polluted soils. *Chemosphere* 2004, 57, 401. [CrossRef] [PubMed]
- ⁶²Samanta, S. K.; Singh, O. V.; Jain, R. K. Polycyclic aromatic hydrocarbons: environmental pollution and bioremediation. *Trends in Biotechnology* 2002, 20, 243. [CrossRef]
- ⁶³Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Panorama de abastecimento de combustíveis 2016. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/publicacoes/livros-e-revistas/2383-panorama-do-abastecimento-de-combustiveis-2016>>. Acesso em: 6 fevereiro 2017.
- ⁶⁴Tiburtius, E. R. L.; Peralta-Zamora, P.; Leal, E.S. Contaminação de águas por BTXs e processos utilizados na remediação de sítios contaminados. *Química Nova* 2004, 27, 441. [CrossRef]
- ⁶⁵Flores, A. V.; Ribeiro, J. N.; Neves, A. A.; Queiroz, E. L. R. Organoclorados: um problema de saúde pública. *Ambiente & Sociedade* 2004, 7, 12. [CrossRef]
- ⁶⁶Almeida, F. V.; Centeno, A. J.; Bisinoti, M. C. Substâncias Tóxicas Persistentes (STP) no Brasil. *Química Nova* 2007, 30, 1976. [CrossRef]
- ⁶⁷Levy, M. B. A Industrialização do Rio de Janeiro através de suas Sociedades Anônimas. Editora UFRJ: Rio de Janeiro, 1994.
- ⁶⁸Bentes, J. C. G. *Tese de doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 2014. [Link]
- ⁶⁹Cunha, R. C. A. *Tese de doutorado*, Universidade de São Paulo, Brasil, 1997. [Link]