

# PRIORIZAÇÃO DE ATIVIDADES DE REMEDIAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO ATRAVÉS DE TÉCNICA DE TOMADA DE DECISÃO MULTICRITERIAL

Maria Rita ZAMPIERI<sup>1</sup> & Leandro Eugênio da Silva CERRI<sup>1</sup>

(1) Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP, Avenida 24-A, 1515 – Bela Vista. CEP 13506-900. Rio Claro, SP.  
Endereços eletrônicos: mariaritzampieri@yahoo.com; lescerri@rc.unesp.br

Introdução  
Objetivo  
Objetivos específicos  
Importância do Tema  
Revisão Bibliográfica  
Área de Estudo  
Desenvolvimento Urbano e Impactos Ambientais  
Método e etapas da pesquisa  
Coleta de dados  
Método multicriterial de auxílio à tomada de decisão  
Aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP – Analytic Hierarchy Process)  
Resultado e discussão  
Avaliação da Atual Situação do Município de São Paulo  
Definição dos critérios e sub-critérios  
Julgamentos paritários, prioridades relativas e consistência  
Agregação de prioridades às alternativas  
Aplicação da variante multiplicativa do método de análise hierárquica  
Conclusão e Recomendações  
Referências bibliográficas

**RESUMO** - Atualmente devido ao avanço da problemática ambiental e da urbanização de áreas anteriormente utilizadas para fins industriais, os riscos associados à saúde da população vêm aumentando consideravelmente. A legislação ambiental, no que tange as áreas contaminadas, vem se tornando mais rígidas e com fiscalização cada vez mais atuante. Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta para a priorização de áreas com necessidade de atividades de remediação no município de São Paulo, utilizando técnica de tomada de decisão. Através do levantamento das informações sobre o ambiente natural e antrópico, incluindo a definição de escala e área, compartimentação natural, zoneamento urbano e densidade populacional, aplicados no método de análise multicriterial AHP (*Analytic Hierarchy Process*) em quatro níveis, considerando critérios, sub-critérios e alternativas. Os resultados apresentaram um levantamento das áreas contaminadas e das áreas com suspeita de contaminação e o produto resultante da aplicação da metodologia AHP obteve como resultado a prioridade de remediação das áreas industriais. Concluindo então, que as áreas industriais, que atualmente vem sendo desativadas dando origem a inúmeros complexos imobiliários, são aquelas que apresentam maior risco à população, portanto prioritárias na decisão no que diz respeito à necessidade de remediação.

**Palavras-chave:** áreas contaminadas, áreas com suspeita de contaminação, priorização, munic Paulo.

**ABSTRACT** - Currently, due to the increase of environmental problematic and the urbanization of areas, previously used for industrial purpose, the risks associated to the health of the population have increased considerably. The limitations and capabilities of this environment is an efficient mechanism of environmental analysis, because the strategies for sustainable development are based on accurate assessment of the carrying capacity of the territory and its recovery front of human activity. Therefore, this study aims to present a proposal for prioritizing areas that need remediation activities in São Paulo, using technique of decision-making. Through the gathering of information on the natural environment and man-made, including the definition of scale and area, natural compartmentalization, zoning and population density, applied the multicriteria method of analysis AHP (*Analytic Hierarchy Process*) in four levels, considering criteria, sub-criteria and alternatives. The results showed a survey of contaminated areas and areas suspected of contamination and the product resulting from the application of the AHP methodology, that obtained as a result the priority of remediation on industries areas. In conclusion, that the industrial areas, which is now being disabled by numerous complex real estate, are those that present the biggest risk to the population, therefore priority in the decision regarding the need for remediation.

**Keywords:** contaminated areas, areas suspected of contamination, prioritization, São Paulo Municipality.

## INTRODUÇÃO

Uma tendência em diversos países, incluindo o Brasil é de descentralização industrial. Desde 1980 houve uma progressiva diminuição do número de estabelecimentos industriais instalados particularmente na Região Metropolitana de São Paulo. Este processo tem acarretado o surgimento de um grande número

de imóveis desocupados, que aliado a uma forte demanda por usos mais nobres de antigas áreas industriais, tem exposto ao risco um grande número de pessoas que passam a ter contato com áreas contaminadas.

Outro fato interessante é o grande volume de postos de combustível abandonados que se

observa no município de São Paulo em função das necessidades de licenciamento, bem como os altos custos envolvidos na investigação e remediação dessas áreas, as quais muitas vezes passam a ser utilizadas como estacionamentos de veículos, aumentando ainda mais o risco, pois os tanques enterrados podem conter gases armazenados e causar explosões.

Por outro lado, as políticas e legislações utilizadas para o gerenciamento das áreas contaminadas vêm se multiplicando, com parâmetros mais restritivos e específicos na tentativa de um maior controle e fiscalização desta situação.

Com o maior número de legislações e a obrigação de reparar o dano causado ao meio ambiente, faz-se necessário o desenvolvimento de critérios para a priorização da remediação das áreas contaminadas.

Assim, a estrutura geral deste trabalho foi desenvolvida contemplando os seguintes itens:

- a) Introdução – contextualizando a problemática das áreas contaminadas;
- b) Objetivo;
- c) Justificativa – traz à tona o crescente número de áreas contaminadas

identificadas no município de São Paulo, além daquelas com suspeita ou potencial de contaminação, expondo a população a riscos ainda não identificados;

- d) Revisão Bibliográfica – apresenta a área de estudo, histórico, políticas públicas, desenvolvimento urbano e seus impactos, definição de conceitos apresentados ao longo deste trabalho, levantamento da legislação ambiental relacionada ao tema;
- e) Método e Etapas da Pesquisa – apresenta através de um fluxo a estrutura de organização das informações para a caracterização da área e definição da metodologia de tomada de decisão;
- f) Resultados e Discussão – discussão dos resultados da pesquisa bibliográfica, bem como aqueles obtidos pela aplicação da metodologia de tomada de decisão;
- g) Conclusão e Recomendações.

## OBJETIVO

Apresentar proposta para a priorização de áreas com necessidade de atividades de remediação no município de São Paulo, utilizando técnica de tomada de decisão.

- b) Utilizar ferramenta de análise multicriterial (Analytic Hierarchy Process) para a definição das áreas prioritárias.

### Objetivos Específicos

- a) Analisar o uso do solo e as principais atividades atuais e históricas no município de São Paulo;

## A IMPORTÂNCIA DO TEMA

O persistente aumento do número de áreas contaminadas é devido à ação rotineira de fiscalização e licenciamento sobre os postos de combustíveis; fontes industriais, de comércio e serviços; de tratamento e disposição de resíduos; e ao atendimento aos casos de acidentes, segundo Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2006).

Quando os casos de contaminação começaram a se manifestar, seus efeitos se refletiram no solo e nas águas subterrâneas.

Efetivamente, duas das principais características da poluição do solo são seu caráter cumulativo e a baixa mobilidade relativa dos poluentes. Essa poluição tende a ser localizada, afetando principalmente as regiões industriais, as grandes concentrações urbanas ou as regiões de agricultura intensiva. Quando uma indústria deixar de emitir efluentes líquidos ou poluentes no ar, seus efeitos imediatos cessam: o rio segue fluindo e suas águas diluem os poluentes remanescentes ou os

transporta para longe; suspendendo as emissões atmosféricas, o ar torna-se limpo. Mas as substâncias nocivas acumuladas no solo ali permanecem e lentamente podem poluir as águas subterrâneas e superficiais e afetar a biota, lembra Alves (1996). Deste modo, as substâncias poluentes circulam de um meio para outro e destes para os organismos vivos, incluindo o homem.

No município de São Paulo pode-se considerar a existência de uma prévia localização do risco proveniente das áreas que

apresentam contaminação do solo e/ou águas subterrâneas. Este fato implica na necessidade de união entre as políticas de caráter ambiental e àquelas de gestão urbana, principalmente no que diz respeito à dinâmica que envolve o uso e ocupação do solo, no sentido de prevenir e mitigar os riscos.

Uma das formas de se mitigar esses riscos é desenvolvendo critérios para priorização da remediação de áreas contaminadas no município de São Paulo.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Área de estudo

Fundada em 1554, São Paulo é hoje a maior e uma das principais cidades do Brasil e da América do Sul. Abriga aproximadamente 11,3 milhões de habitantes em um território de 1.523 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010). Situada no sudeste do Brasil, a cidade compõe a capital administrativa do Estado e atua como núcleo central da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a qual conta com 39 municípios. O Município de São Paulo se encontra subdividido em 31 subprefeituras e 96 distritos (IBGE, 2010).

### Desenvolvimento Urbano e os Impactos Ambientais

O crescimento da economia e a geração de empregos consideram que a problemática ambiental não é um fator que interfere diretamente na melhoria de condição de vida das populações. Porém, segundo Bomfati (2004) dissemina-se rapidamente a consciência de novos paradigmas para o desenvolvimento econômico, e passa ser buscada pelos cidadãos a qualidade ambiental. Para garantir para as cidades uma forma diferenciada de produzir bens e serviços, tendo como meta o cuidado com o ambiente urbano, é preciso que as políticas públicas estimulem novos processos produtivos com a sustentabilidade. As restrições e regulamentações de uso do solo devem atender estas prerrogativas.

De acordo com Cunha (2009), dado o atual quadro urbano, é inquestionável a necessidade de implementar políticas públicas orientadas para tornar as cidades social e ambientalmente sustentáveis como uma forma de se contrapor ao quadro de deterioração crescente das condições de vida. A problemática ambiental urbana representa por um lado, um tema muito propício para aprofundar a reflexão em torno do restrito impacto das práticas de resistência e de expressão de demandas da população das áreas mais afetadas pelos constantes e crescentes agravos ambientais. Cotidianamente a população, em geral a de mais baixa renda, está sujeita aos riscos das enchentes, escorregamentos de encostas, contaminação do solo e das águas pela disposição clandestina de resíduos tóxicos industriais, acidentes com cargas perigosas, vazamentos em postos de gasolina, convivência perigosa com minerações, através do ultra-lançamento de fragmentos rochosos e vibrações provenientes da detonação, etc. Não há como negar a estreita relação entre riscos urbanos e a questão do uso e ocupação do solo, nessa relação delineados os problemas ambientais de maior dificuldade de enfrentamento e, contraditoriamente, onde mais se identificam competências de âmbito municipal.

## MÉTODO E ETAPAS DA PESQUISA

Uma pesquisa pode-se definir como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos

problemas apresentados. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder o problema, ou então quando a

informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema.

De acordo com Gil (2002) é usual a classificação dos tipos de pesquisa com base em seus objetivos gerais, sendo assim, no presente, tem-se uma pesquisa exploratória e descritiva. Estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado. Na maioria dos casos, essas pesquisas envolvem:

- a) Levantamento bibliográfico;
- b) Utilização de método de análise.

Assim, o levantamento bibliográfico foi realizado por meio de consulta a livros, dando preferência a publicações recentes, documentos recém-publicados e também ao site da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) de onde foram obtidas grande parte das informações e estatísticas sobre as áreas contaminadas.

O site da Prefeitura Municipal de São Paulo é uma fonte muita rica de informações, histórico, mapas, estatísticas, entre outros.

Também foram consultadas diversas dissertações e teses na biblioteca digital da

UNESP (Cathedra), para contribuição na escolha da metodologia de tomada de decisão, observando principalmente aquelas que além da metodologia, pudessem contribuir no contexto das áreas contaminadas.

Profissionais e acadêmicos da área de meio ambiente também foram consultados informalmente.

A escolha do método de tomada decisão foi baseada em pesquisa bibliográfica, buscando uma ferramenta de análise multicriterial, pois a mesma deveria cruzar dados do ambiente natural e antrópico, buscando priorizar as áreas com maior risco a população, portanto com prioridade de remediação.

O desenvolvimento de trabalho também abrangeu o levantamento da legislação ambiental, nos âmbitos federal, estado de São Paulo, município e região Metropolitana de São Paulo, aplicáveis às áreas contaminadas, com suspeita e/ou com potencial de contaminação.

### Coleta de dados

Essa etapa deve permitir traçar o modelo definindo conceitos e a melhor metodologia a ser adotada.

A coleta de dados visa o levantamento das informações necessárias para a definição dos critérios de priorização das áreas que necessitam de remediação, conforme o fluxo de trabalho apresentado na figura 1.

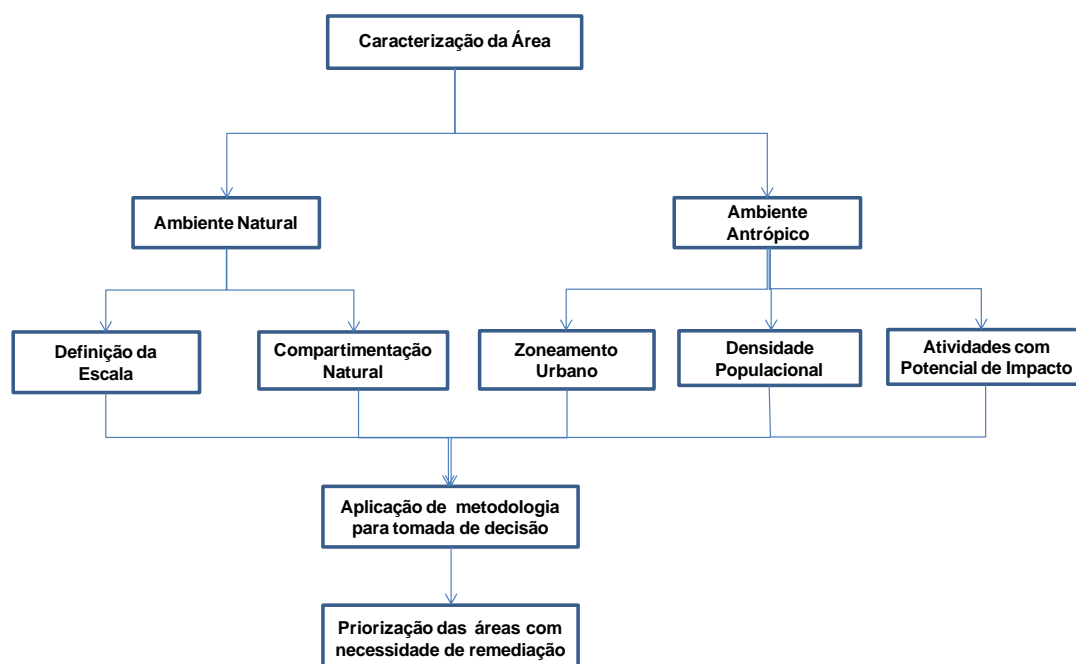


Figura 1. Fluxo para desenvolvimento do trabalho.

## **Método Multicriterial de Auxílio à Tomada de Decisões**

A priorização das áreas com necessidades de remediação no município de São Paulo é um processo que abrange uma grande quantidade de variáveis necessitando de um método que estructure o problema e facilite a visualização. A utilização de um método multicriterial de tomada de decisão se justifica pelo fato de considerar critérios quantitativos e qualitativos simultaneamente na análise e ao mesmo tempo incorporar a experiência e a preferência dos tomadores de decisão. Assim, a escolha será bastante consistente e confiável.

O propósito da análise de decisão é ajudar o tomador de decisão a pensar sistematicamente a respeito de grandes problemas e melhorar a qualidade das decisões.

A pesquisa aqui proposta está centrada na última metodologia, onde se encontra o método

análise hierárquica (AHP – Analytic Hierarchy Process).

## **Aplicação do Método de Análise Hierárquica (AHP – Analytic Hierarchy Process)**

Para utilização do método de análise hierárquica como apoio a tomada de decisões na priorização de área para a remediação no município de São Paulo foi definido um conjunto de critérios e indicadores, considerando a disponibilidade de dados da área estudada.

O AHP foi aplicado para auxiliar na tomada de decisão sobre as áreas com prioridade no desenvolvendo de planos para remediação. Essa aplicação sugere o desenvolvimento, através de indicadores, de uma visão geral da problemática ambiental no Município de São Paulo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Avaliação da Atual Situação do Município de São Paulo**

Os processos produtivos industriais, armazenagem de matérias-primas, disposição inadequada de resíduos estão diretamente relacionados à contaminação de uma área.

Essas áreas contaminadas pelos processos industriais trazem riscos à saúde da população e aos ecossistemas, que segundo Veyret (2007), são denominados riscos tecnológicos difusos, pois, apesar da maioria não causar catástrofes de grandes repercussões, seus efeitos podem ser graves, imprevisíveis e de longa duração.

Essas ocorrências expõem a população um risco do qual elas desconhecem as consequências, o desconhecimento por parte da sociedade deve-se a inexistência de políticas que tratem diretamente do problema.

A participação do município na gestão das áreas contaminadas, segundo Ramires (2008) condicionando a reutilização das antigas áreas industriais, dentre outras com potencial de contaminação, à prévia realização de estudos ambientais vem trazendo novas descobertas de áreas contaminadas no município.

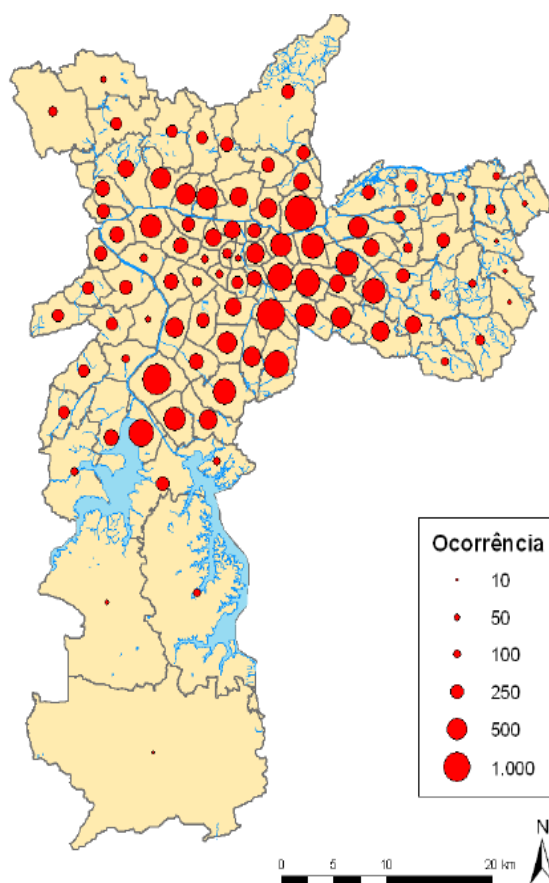
As áreas com suspeita de contaminação são formadas por terrenos ou glebas que receberam descarte irregular de resíduos pelo próprio

poder público e indústrias principalmente nas três últimas décadas. Nestes imóveis deveriam ser realizados estudos ambientais para a constatação ou não da contaminação e se necessário a tomada de medidas de remediação.

Na Figura 2, cabe ressaltar o excelente trabalho realizado por Ramires (2008), retrata a grande concentração de atividades industriais no município de São Paulo, em especial nas zonas oeste, noroeste e nordeste abrangendo os distritos da Lapa, Vila Leopoldina, Freguesia do Ó, Casa Verde, Limão, Barra Funda e Vila Maria, e ainda na região sudeste, onde se destacam os distritos de Tatuapé, Belém, Móoca, Vila Prudente e Água Rasa. Nas Regiões Centro-Sul destacam-se Ipiranga, Jabaquara, Santo Amaro, Campo Grande e Socorro.

Essa distribuição e concentração apresentada no mapa expõem a problemática das áreas classificadas com potencial de contaminação. A gestão ambiental dessas áreas tem sido priorizadas pelo poder público.

Ainda neste contexto não se pode deixar de considerar os postos de combustíveis, atividade de grande potencial poluidor, já identificadas pelo órgão ambiental do Estado.



**Figura 2.** Mapa do município com indicação das áreas com potencial de contaminação.  
Fonte: Ramires, 2008.

### **Definição dos critérios e sub-critérios**

A elaboração da hierarquia foi feita com base nos seguintes critérios: geologia, zoneamento urbano e densidade populacional. Esses critérios estão divididos em sub-critérios que são os aspectos ambientais que se inter-relacionarão com os critérios, sendo eles: solo, águas subterrâneas, tipos de zoneamento e compartimentação natural. Por fim, no último nível da hierarquia as alternativas de priorização: áreas de postos de combustíveis, áreas industriais e áreas de disposição de resíduos.

Para utilizar de forma clara os critérios e sub-critérios, um quadro de indicadores foi elaborado.

A hierarquia apresentada figura 3 foi desenvolvida a partir das informações levantadas do decorrer deste trabalho e sua lógica de critérios e sub-critérios foi definida após consulta a especialistas da área de meio

ambiente e índices de contaminação no município de São Paulo.

### **Julgamentos paritários, prioridades relativas e consistência**

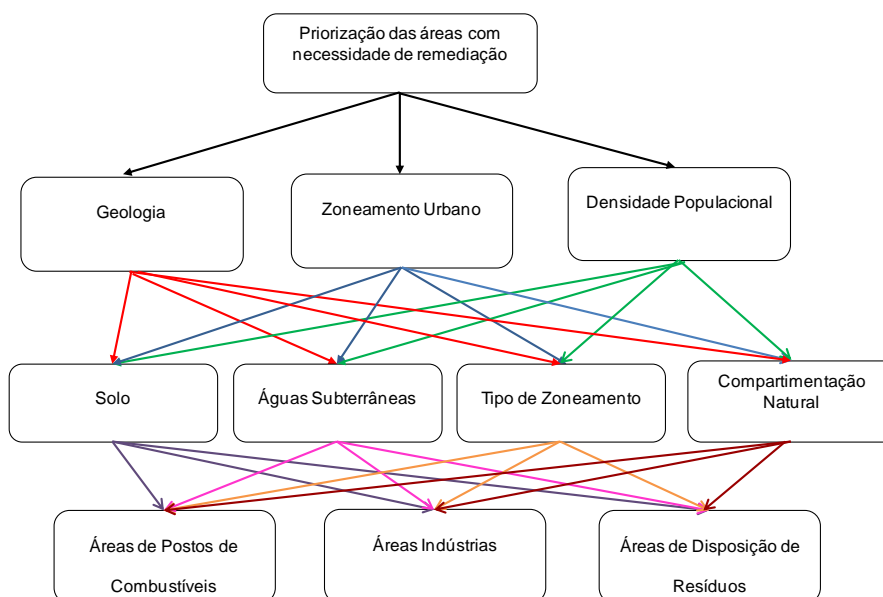
Nesta etapa são feitos os julgamentos entre critérios, sub-critérios e alternativas, atribuindo os critérios de julgamentos relativos propostos por Saaty (2003) no Quadro 1. As matrizes pareadas são constituídas comparando-se a preferência de um elemento em relação ao outro.

Em todas as matrizes a seguir, a Razão de Consistência (RC) deve apresentar resultado maior que 0,1, caso não apresente deverá ser reavaliada ou reconsiderada.

A Tabela 1 apresenta matriz pareada do nível 2, composto pelos seguintes critérios: Geologia (GEO), Zoneamento (ZON) e Densidade Populacional (DP).

**Quadro 1.** Relação de Critérios e Sub-Critérios.

<b>Critérios</b>	<b>Sub-critérios</b>	<b>Relação entre os critérios e sub-critérios</b>
<b>Geologia</b> Objetivo: Considerar as áreas mais sensíveis a contaminação.	Solo	As características do solo (ex: tipo de solo, permeabilidade) que podem influenciar capacidade de distribuição dos contaminantes.
	Água Subterrânea	A profundidade do lençol freático que podem influenciar capacidade de distribuição dos contaminantes.
	Tipos de Zoneamento	As influências das características geológicas na absorção dos contaminantes no solo.
	Compartimentação Natural	As influências da compartimentação natural no município no contexto da contaminação (ex: fraturas geológicas que podem constituir um canal entre o contaminante o lençol profundo).
<b>Zoneamento Urbano</b> Objetivo: Analisar as características do zoneamento urbano.	Solo	As características de uso do solo, ou seja, o tipo de utilização direta (ex: disposição de resíduos, cemitérios) que podem influenciar capacidade de distribuição dos contaminantes.
	Água Subterrânea	As influências do zoneamento na utilização das águas subterrâneas (ex: indústrias que utilizam as águas subterrâneas como fonte de abastecimento; áreas desprovidas de abastecimento utilizando poços clandestinos), podem através de seus poços estar consumindo águas contaminadas ou contribuindo como vias direta de contaminação entre a superfície e o lençol freático.
	Tipos de Zoneamento	As influências das áreas contaminadas ou com potencial de contaminação estão diretamente relacionadas ao tipo de atividade desenvolvida no local (ex: áreas industriais, residenciais, de uso misto, comerciais, entre outros).
	Compartimentação Natural	As limitações nas instalações de determinadas atividades (ex: instalação de aterros em áreas de alta permeabilidade do solo).
<b>Densidade Populacional</b> Objetivo: Considerar a exposição da população ao risco de contaminação.	Solo	O contato da população com áreas públicas (praças, parques) contaminadas (ex: áreas públicas com recreação, onde as pessoas tem contato físico com o solo).
	Água Subterrânea	Considerar a falta de fiscalização e controle na perfuração de poços (ex: poços clandestinos).
	Tipos de Zoneamento	A distribuição espacial da concentração humana (ex: áreas de baixo padrão densamente ocupadas como favelas, complexos populares -COHAB, etc.)
	Compartimentação Natural	Quanto maior a densidade populacional em áreas de fragilidade ambiental, maior será a exposição ao risco.



**Figura 3.** Estrutura hierárquica para definição das prioridades de remediação.

**Tabela 1.** Matriz pareada do nível 2.

	GEO	ZON	DP	pesos	vetor
GEO	1	1/5	1/5	0,0887	0,2709
ZON	5	1	5	0,6584	2,3663
DP	5	1/5	1	0,2529	0,8280

$\lambda_{\max}= 3,30$ ; IC= 0,15; **RC= 0,29**

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam matrizes pareada do nível 3, composto pelos seguintes sub-critérios: Solo (SO), Água Subterrânea

(AS), Tipos de Zoneamento (TZ) e Densidade Populacional (DP).

**Tabela 2.** Matrizes pareadas do nível 3 – Geologia

	SO	AS	TZ	CN	pesos	vetor
SO	1	3	1/4	1	0,2075	1,0501
AS	1/3	1	1/3	3	0,1944	0,8537
TZ	4	3	1	2	0,4516	2,1577
CN	1	1/3	1/2	1	0,1466	0,6446

$\lambda_{\max}= 4,65$ ; IC= 0,22; **RC= 0,24**

**Tabela 3.** Matrizes pareadas do nível 3 – Zoneamento Urbano

	SO	AS	TZ	CN	pesos	vetor
SO	1	1/3	1/3	1/3	0,1307	0,5509
AS	3	1	1/3	5	0,4248	2,4118
TZ	3	3	1	5	0,3744	2,2513
CN	3	1/5	1/5	1	0,0702	0,3801

$\lambda_{\max}= 5,22$ ; IC= 0,44; **RC= 0,49**

**Tabela 4.** Matrizes pareadas do nível 3 – Densidade Populacional

	SO	AS	TZ	CN	pesos	vetor
SO	1	1/3	1/3	1/3	0,0691	0,3794
AS	3	1	3	5	0,4059	2,4265
TZ	3	3	1	5	0,4059	2,4265
CN	3	1/5	1/5	1	0,1191	0,4888

$\lambda_{\max}= 5,38$ ; IC= 0,46; **RC= 0,51**

As Tabelas 5, 6, 7 e 8 abaixo apresentam matrizes pareada do nível 4, composto pelos seguintes atributos: Postos de Combustível

(PC), Indústria e Comércio (IND) e Disposição de Resíduos (DRE).

**Tabela 5.** Matriz pareada nível 4 – Solo

	PC	IND	DRE	pesos	vetor
PC	1	1/5	1/7	0,0809	0,2475
IND	5	1	4	0,6173	2,2288
DRE	7	1/4	1	0,3018	1,0223

$\lambda_{\max}= 3,35$ ; IC= 0,17; **RC= 0,33**



**Tabela 6.** Matriz pareada nível 4 – Água Subterrânea

	PC	IND	DRE	pesos	vetor
PC	1	1/3	1/5	0,0653	0,3099
IND	3	1	2	0,4326	1,6328
DRE	5	1/2	1	0,5021	1,0451

$\lambda_{\max}= 3,53$ ; IC= 0,26; RC= **0,51**

**Tabela 7.** Matriz pareada nível 4 – Tipos de Zoneamento

	PC	IND	DRE	pesos	vetor
PC	1	1/3	1/7	0,1085	0,3372
IND	3	1	3	0,5323	1,9354
DRE	7	1/3	1	0,3592	1,2959

$\lambda_{\max}= 3,45$ ; IC= 0,22; RC= **0,43**

**Tabela 8.** Matriz pareada nível 4 – Compartimentação Natural

	PC	IND	DRE	pesos	vetor
PC	1	1/3	1/5	0,1196	0,3689
IND	3	1	3	0,5492	1,9016
DRE	5	1/3	1	0,3312	1,1122

$\lambda_{\max}= 3,30$ ; IC= 0,15; RC= **0,29**

#### Agregação de prioridades às alternativas

Os autovetores gerados para cada uma das matrizes são agrupados até obter pesos finais para cada uma das alternativas, onde o menor

peso corresponde à alternativa de menor prioridade para a remediação. O autovetor da primeira matriz (nível critérios) encontra-se na Tabela 9:

**Tabela 9.** Autovetor da matriz do nível 2

<b>GEO</b>	0,27
<b>ZON</b>	2,36
<b>DP</b>	0,82

Os autovetores da segunda matriz (nível sub-critérios) estão apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10.** Autovetores da matriz nível 3.

	GEO	ZON	DP
<b>SO</b>	1,05	0,55	0,37
<b>AS</b>	0,85	2,41	2,42
<b>TZ</b>	2,15	2,25	2,42
<b>CN</b>	0,64	0,38	0,48

Os autovetores da terceira matriz (alternativas) estão apresentados na Tabela 11.

**Tabela 11.** Autovetores da matriz nível 4.

	SO	AS	TZ	CN
PC	0,24	0,30	0,33	0,36
IND	2,22	1,63	1,93	1,90
DRE	1,02	1,04	1,29	1,11

O Vetor final de menor prioridade para a remediação é obtido pelo produto matricial dos

componentes alternativas – sub-critérios – critérios, conforme tabela abaixo.

**Tabela 12.** Vetor final de maior prioridade para a remediação.

PC	5,9
IND	34,8
DRE	21,77

Segundo esta escala de pesos, as áreas contaminadas por indústrias (IND) correspondem ao maior nível priorização, seguido pela disposição de resíduos (DRE) e por fim, os postos de combustível (PC) com o menor peso na escala de priorização para a remediação.

### Aplicação da variante multiplicativa do método de análise hierárquica.

Neste item serão comparados os dados obtidos no vetor de pesos finais com a versão multiplicativa do AHP, conforme descrito na metodologia, para confirmar a classificação das alternativas.

**Tabela 13.** Critérios e alternativas na variante multiplicativa do método AHP.

Alternativas	Critérios		
	GEO	ZON	DP
	0,27	2,36	0,82
PC	1,45	1,43	1,73
IND	9,08	10,21	10,06
DRE	5,44	6,39	6,36

Aplicando a equação 14 aos dados da tabela acima se obtém, para se comparar as

alternativas PC e IND, os resultados da equação 15:

$$R(PC/IND) = (1,45 / 9,08)^{0,27} \times (1,43 / 10,21)^{2,36} \times (1,73 / 10,06)^{0,82}$$

$$R(PC/IND) = 0,0014 \quad (15)$$

Isto significa que o PC é o menor peso, portanto menor prioridade (PC < IND).

A equação abaixo apresenta os resultados do par de alternativas IND e DRE.

$$\begin{aligned} R(\text{IND} / \text{DRE}) &= (9,08 / 5,44)^{0,27} \times (10,21 / 6,39)^{2,36} \times (10,06 / 6,36)^{0,82} \\ R(\text{IND} / \text{DRE}) &= 5,08 \end{aligned} \quad (16)$$

Isto significa que o peso do IND é maior que o peso do DRE (IND > DRE), e finalmente a avaliação do par de alternativas PC e DRE.

$$\begin{aligned} R(\text{PC} / \text{DRE}) &= (4,80 / 3,43)^{0,27} \times (4,08 / 3,67)^{1,42} \times (4,91 / 3,44)^{0,83} \\ R(\text{PC} / \text{DRE}) &= 0,007 \end{aligned} \quad (17)$$

Assim, fica comprovado que o cálculo anterior estava correto, reafirmando que IND apresenta maior peso.

## CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A priorização das áreas com necessidade de remediação desenvolvida através da metodologia de tomada de decisão AHP, a qual se desenvolveu em quatro níveis, observando detalhadamente os critérios (geologia, zoneamento urbano e densidade populacional), sub-critérios (solo, água subterrânea, tipos de zoneamento e compartimentação natural) e as alternativas (áreas de postos de combustíveis, áreas industriais e áreas de disposição de resíduos). Após sua aplicação o concluiu-se que as áreas com maior necessidade de priorização para remediação são as áreas industriais.

É interessante ressaltar que no município de São Paulo as áreas industriais vêm sendo desativadas, dando origem a complexos imobiliários, cujos locais são em sua grande maioria privilegiados e de fácil acesso. Cabe aqui lembrar que entre essas áreas

privilegiadas está o famoso caso de contaminação de Jurubatuba, na zona sul de São Paulo.

Outro fato relevante para este trabalho foi a identificação, através de pesquisa bibliográfica, que além das 3.675 áreas contaminadas mapeadas pela CETESB, há um montante aproximado de 36.000 áreas com potencial de contaminação somente de São Paulo.

Por fim, este trabalho identificou e apresentou critérios para definição de áreas com maior necessidade de remediação.

Assim, fica a recomendação para trabalhos futuros, sugerindo o levantamento de imagens históricas do uso e ocupação do solo no município de São Paulo, buscando identificar áreas de deposição ilegal de resíduos, indústrias e demais atividades potencialmente poluidoras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F. Poluição industrial: São Paulo tem mais de 2 mil áreas contaminadas. Saneamento Ambiental, 1996.
- BOMFATI, E. Os Impactos Sociais e Ambientais do Crescimento Econômico no Território Urbano : Interesses Locais Entre Agentes do Setor Privado na Cidade de Ponta Grossa – PR. Revista Educação & Tecnologia. Curitiba, Editora do CEFET-PR, v.8, p. 185 - 208, 2004.
- CUNHA, S.B. Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. 5ª Edição. Editora Bertrand Brasil Ltda. Rio de Janeiro, 2009.
- GIL, A.C. Como Elaborar um Projeto de Pesquisa, 4ª Edição. Editora Atlas. São Paulo, 2002.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA . Dados do censo demográfico 2010. São Paulo: IBGE, 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 20 mar. 2011.
- RAMIRES, J. Z. S. Áreas Contaminadas e os Riscos Socioambientais em São Paulo. Dissertação (Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia Humana, Área de Concentração: Geografia Política e Meio Ambiente) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.
- SAATY, T. L. “The allocation of intangible resources: the analytic hierarchy process and linear programming”, Socio-Economic Planning Sciences 2003, vol. 37, n. 3, p. 169-184.
- VEYRET, Y. Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. Editora Contexto, 2007.

*Manuscrito recebido em: 03 de Abril de 2014  
Revisado e Aceito em: 05 de Janeiro de 2015*