

IRRADIAÇÃO DE PASSIVOS AMBIENTAIS FRENTE À FRAGILIDADE AMBIENTAL E ASPECTOS INDUSTRIAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PALMITAL - PR

Valdir Volochen
Elaine de Cacia de Lima
Universidade Tuiuti do Paraná – UTP
Trabalho de Conclusão de Curso – concluído em dez. de 2005

1. INTRODUÇÃO

A ocupação de um espaço pela sociedade exige a implantação de estruturas que visam atender as necessidades da população. Entre os empreendimentos que apresentam estas características estão as indústrias de ramos variados que fixam-se em territórios propícios fazendo uso dos recursos locais, sejam naturais ou humanos. Esta localização por vezes se dá de forma indevida não respeitando o quadro ambiental, desencadeando respostas ambientais negativas ao meio ambiente.

Dentro desta ótica este trabalho objetiva levantar características de empreendimentos industriais, assim como de substâncias nocivas ao ambiente que se apresentam como passivos ambientais, sendo desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Palmital, que drena os municípios de Colombo e Pinhais, situados a leste da Capital do Estado. Justifica-se a escolha da área por situar-se em região de forte pressão demográfica, além da proximidade com mananciais, e por constituir-se de um conjunto hidrográfico que abastece parte dos municípios da Região Metropolitana de Curitiba.

A partir do resultado da fragilidade ambiental potencial (natural) e emergente (uso do solo) determinou-se a potencialidade à geração de passivos ambientais no local onde os empreendimentos estão inseridos, sendo determinado a irradiação à potencialidade dos empreendimentos apresentarem passivos ambientais.

Fazendo uso de técnicas e ferramentas apresentadas pela geotecnologia e por metodologia que permitisse uma integração de informações, foi realizada uma análise que relacionasse informações obtidas do resultado da fragilidade ambiental (potencial e emergente) e das características apresentadas pelos empreendimentos, sendo possível valorar os empreendimentos segundo a potencialidade a passivos ambientais.

2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do rio Palmital, que drena parte dos municípios de Colombo e Pinhais, sendo estes pertencentes à Região Metropolitana de Curitiba (RMC) - Paraná. A bacia, estabelecida no sentido norte-sul, tem suas nascentes localizadas no município de Colombo e sua foz no município de Pinhais, ocupando uma área de 93,05 km², delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas e coordenadas planas (m).

φ 25°28'39" S	E = 677096
λ 49°14'28" W	N = 7180988
φ 25°16'23" S	E = 691909
λ 49°05'27" W	N = 7203429

O acesso à região é realizado, no município de Colombo, pela rodovia federal BR-116, pela rodovia estadual PR-140 (Estrada da Ribeira) e ruas municipais. Pelo município de Pinhais o acesso pode ser feito pela Estrada da Graciosa e ruas municipais. Ambos os municípios pertencem à Região Metropolitana de Curitiba no Estado do Paraná na região Sul do Brasil.

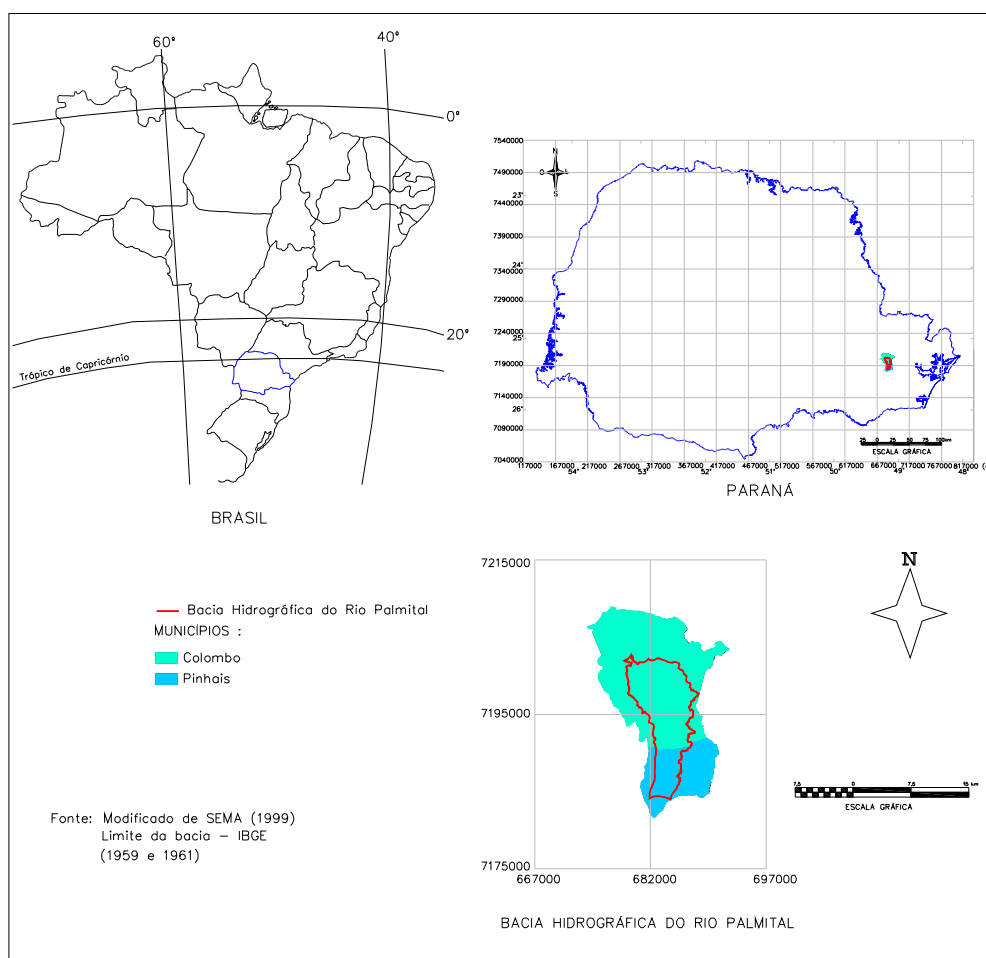


Figura 1. Localização da Área de Estudo

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

Em dias atuais conhece-se a importância dos recursos naturais e de sua providência aos engenhos humanos e para sua condição de sobrevivência, sendo necessário conhecer como se apresenta estes recursos e qual sua capacidade de regeneração quando exposto a um impacto natural ou antrópico.

Para Christofolletti estudos ambientais aplicados à Geografia considera a “funcionalidade interativa da geosfera-biosfera, focalizando a existência de unidades de organização englobando os elementos físicos (abióticos) e bióticos” (1999, p. 37). Desta forma o autor caracteriza meio ambiente como “conjunto dos componentes da geosfera-biosfera, condizente com o sistema ambiental físico” (*op. cit.* p. 37), ressaltando a relevância das ações humanas que fazem uso deste ambiente para sobrevivência, desenvolvimento e crescimento da sociedade.

Nesta perspectiva é relevante levar em consideração o uso do termo paisagem para tratar de assuntos relacionados ao conceito de ambiente, pois esta expressa as feições identificáveis ou não à nossa visão e abarca em seu conjunto os elementos de interesse da ciência geográfica, sendo relevante para avaliações ambientais.

Segundo Dolffus¹ (1973) citado por LIMA (2003 p. 06)

Toda paisagem é formada de elementos geográficos que se articulam uns em relação aos outros. Pertencem alguns ao domínio natural físico: como o substrato geológico, a geomorfologia, o clima, o solo e a drenagem. Os demais constituem o domínio vivo, a biosfera, formada pelo conjunto das comunidades florísticas e faunísticas que nascem, se desenvolvem e dissolvem utilizando o suporte constituído pelo domínio natural abiótico.

Considerado o ator decisivo, que transforma e altera o meio natural, metamorfizando-o em meio antrópico, o homem modifica os elementos constituintes da paisagem, inserindo em espaços naturais componentes noóticos como resposta às suas necessidades.

De acordo com Lima (2003) citando DOLFFUS² (1991) a paisagem pode ser caracterizada como natural ou modificada. A primeira refere-se a um meio que não sofreu alterações, não sendo exposta a ação antrópica, representada por regiões que guardam restrições à fixação humana e suas atividades. A segunda e mais comum, sendo de interesse do presente trabalho, é aquela que sofreu a interferência do homem, sendo direta ou indiretamente atingida.

Um conjunto de paisagens caracterizada por suas funções e elementos presentes, representa e caracteriza um espaço geográfico, possuindo coordenadas definidas que permitem que o mesmo possa ser cartografado, guardando suas particularidades (BRISKI, 2004). O espaço geográfico apresenta em si fenômenos antrópicos, sendo que neste recorte espacial há uma variada gama de funções humanas que se mostra como um mosaico recortado pelas diferentes estruturas edificadas pela sociedade.

Para Santos,

O espaço deve ser considerado como um conjunto indissociável de que participam, de um lado, certo arranjo de objetos geográficos, objetos naturais e objetos sociais, e, de outro, a vida que os preenche e os anima, ou seja, a sociedade em movimento.(1997, p. 26)

1 DOLFFUS, O. **A análise geográfica**. Tradução, Heloysa de Lima Dantas. São Paulo: Difusão Européia do livro, 1973.

2 DOLFFUS, O. **O Espaço Geográfico**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S/A., 1991. 121p

O geossistema, ou sistema ambiental físico, representa um sistema organizado, onde seus elementos mantêm relações de troca de energia e matéria, propiciando a fixação dos seres vivos e da espécie humana. É através da relação entre os subsistemas da geosfera que torna possível a existência da biosfera.

Para Sotchava³ citado por Christofolletti “...a principal concepção do geossistema é a conexão da natureza com a sociedade, pois embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais influenciando sua estrutura e particularidades especiais são levados em consideração durante sua análise” (*op. cit.*, p.42).

O termo geossistema compreende uma parcela inserida nos denominados sistemas ambientais onde são estudados sob a perspectiva geográfica, integrando os elementos físicos, sociais e econômicos, relacionando o uso da parcela física pela sociedade. De acordo com Christofolletti (*op. cit* p. 37) “os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio-econômicos e deles recebem seus produtos, insumos, emissões, dejetos, etc”.

A indústria tem papel fundamental na dinamização de uma área e determina políticas locais para facilitação de sua instalação e efetiva funcionalidade, através de mecanismos de suporte que dão auxílio às suas atividades. Devido à dinâmica que o espaço apresenta, uma indústria pode ter seu ciclo de vida encurtado por diversos fatores. O uso de uma área ocupada por uma indústria vai depender da qualidade ambiental que esta apresenta. Devido ao uso de componentes ou substâncias que agridam o meio ambiente, uma área pode perder suas qualidades ambientais e ter seu uso restrito ou mesmo ser inutilizada. De acordo com Schianetz

Entre os maiores problemas enfrentados pelas sociedades industriais [...] temos os resíduos da produção emitidos sem controle para o meio ambiente, as antigas fábricas que emitem substâncias tóxicas durante muitos anos, as deposições irregulares, bem como o manuseio impróprio de produtos químicos...(1999, p. 10).

O uso de substâncias nocivas condiciona áreas suspeitas de contaminação, que segundo Schianetz (1999, p. 14) são “deposições antigas e áreas industriais ainda em operação ou fechadas com relação aos quais se teme que eles põem ou possam por em risco o bem-estar da coletividade”. Esta potencialidade de riscos é elevada de acordo com as substâncias utilizadas por determinados ramos industriais, que podem ter efeitos negativos sobre o meio ambiente e à sociedade. Schiznetz (*op. cit.* 1999 p.15) conceitua substâncias nocivas como “perigosas quando elas apresentam uma ou várias características físico-químicas ou tóxicas ao organismo humano ou ao meio ambiente”.

Conforme Porto e Freitas (2000), o raio de alcance dos efeitos das substâncias de um empreendimento depende da variável temporal e da quantidade e características físico-químicas, toxicológicas e ecotoxicológicas das substâncias e de características como localização, aspectos geográficos, geológicos e meteorológicos da região, entre outras variáveis que influenciará em seu raio de alcance mais restrito ou ampliado.

³ SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. Métodos em Questão: IG - USP ,1-52 1977.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Para a realização da pesquisa optou por basear-se em metodologia apresentada por BRISKI (2004), modificada de ROSS (1997) e THEODOROVICZ (1994), complementando-a com as informações e a espacialização das indústrias analisadas, recorrendo ao uso da geotecnologia para a obtenção de dados necessários, integração e obtenção de produtos, que auxiliaram na análise.

Este trabalho foi desenvolvido em 3 (três) etapas: campo, escritório e laboratório, como pode-se observar na figura abaixo.

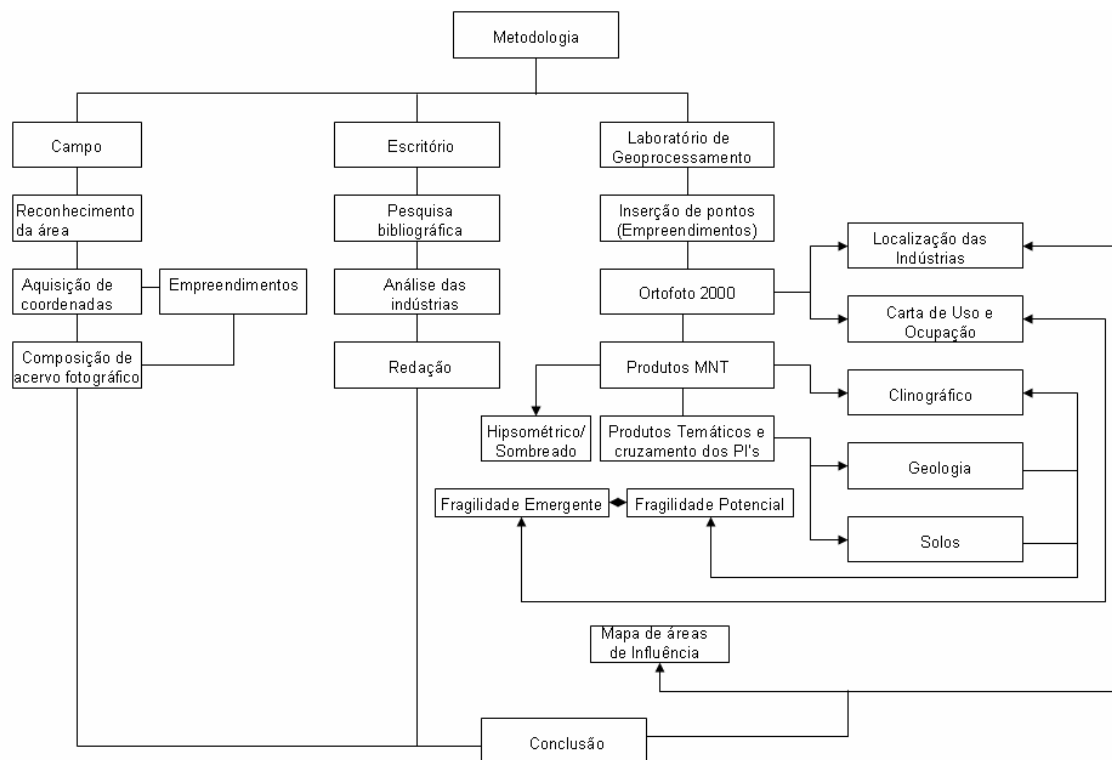


Figura 2. Fluxograma evidenciando as etapas da pesquisa

Em campo houve foi realizado o reconhecimento da área, onde foi possível identificar o local ocupado pelos empreendimentos industriais selecionados, preenchendo-se um fichário com as seguintes informações: localidade, data, hora, indústria, coordenadas geográficas (latitude e longitude), coordenadas planas (m) (x e y), condições climáticas, estrutura geológica, características da cobertura pedológica, característica da cobertura vegetal, uso e cobertura do solo e acervo fotográfico da área. Estas informações foram úteis para a interpretação das informações geradas em laboratório e confeccionadas em cartas de fragilidade ambiental.

Na etapa referente ao escritório desenvolveu-se pesquisa bibliográfica; estruturação da pesquisa e análise dos resultados.

Na etapa de elaboração de produtos referente à utilização de laboratórios, utilizou-se o *software* AutoCad para vetorização do arruamento do município de Pinhais, recorte e seleção dos mapas de geologia, solos, hidrografia, vias de acesso do município de Colombo e a altimetria. Estes dados foram cedidos por BRISKI (2004), de estudo realizado no Altíssimo Iguaçu, em escala 1:50.000.

Com base nas curvas de nível com equidistância de cinco metros entre curvas foram geradas as cartas de relevo sombreado, carta clinográfica (inclinações do terreno com passos variáveis, de 5 e 10 graus, iniciando entre 0° a 5° até 86°) e a carta hipsométrica (representa as inter-relações do plano horizontal com suas variações altitudinais).

Da análise das fotografias aéreas e das ortofotos adquiriu-se a Carta de Uso e Cobertura do solo. Para tanto, fez-se uso dos elementos de reconhecimento, técnica apresentada por NOVO (1996) citada por LIMA (2003). Estes elementos podem ser reconhecidos através de características como: tonalidade, forma, padrão, textura, tamanho, densidade e adjacências.

Através do cruzamento e análise dos planos de informação foi possível obter as cartas de Fragilidade Litoestrutural (cruzamento de dados referentes aos aspectos geológicos frente aos diferentes graus de inclinação do relevo), Fragilidade da Cobertura Pedológica (cruzamento de dados referentes às classes de solos frente aos diferentes graus de inclinação do relevo). Para estas cartas foram consideradas as características naturais da geologia e dos solos correlacionadas com as inclinações do terreno (de 0° a 86°, que representa a inclinação máxima) obtendo classes de fragilidade que variam de Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte. A Fragilidade Potencial foi obtida pela inter-relação entre as classes de fragilidade litoestrutural e fragilidade das classes de solo resultando nas classes de fragilidade de Muito Forte a Muito Fraca. Ressalta-se que os produtos de Fragilidade Litoestrutural, Fragilidade da Cobertura Pedológica e Fragilidade Potencial foram adquiridos das definições atribuídas a partir das definições de estudo realizado por BRISKI (2004), servindo de base para a geração da carta de Fragilidade Emergente específica da área de estudo.

Pelo cruzamento das classes de Fragilidade Potencial com as classes de Uso e Cobertura do solo para o ano de 2000 foi confeccionada a carta de Fragilidade Emergente, obtendo as classes de fragilidade emergente que variam de Muito Forte a Muito Fraca.

Para os cruzamentos utilizou-se da programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) no SPRING. Esta consiste de uma sequência de operações descritas por sentenças organizadas segundo regras gramaticais envolvendo operadores, funções e dados espaciais, categorizados segundo o modelo de dados do SPRING. Um programa em LEGAL é constituído de uma lista de sentenças que descreve um procedimento, isto é, um conjunto de ações sobre dados espaciais, que faça sentido no contexto de alguma disciplina de Sistema de Informações Geográficas INPE⁴ (2002), citado por LIMA (2003).

Na elaboração destes produtos utilizou-se a operação *booleana*, lógica simbólica desenvolvida pelo matemático inglês George Boole (1815-1864). Segundo Silva (2003, p. 192) “a lógica *booleana* baseia-se em estabelecer limites determinados a partir de informações consideradas falsas, atributo 0 (zero), e verdadeiras, atributo 1 (um)”. A operação lógica do tipo A AND B retorna todos os elementos contidos na intersecção

⁴ INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. SPRING – **Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas**. versão 3.0 (Windows e Unix). vol.1. Definição e edição de mapas. cap. 4. São Paulo, 1998.

entre A e B sendo esta a operação utilizada para a confecção dos produtos de fragilidade; A NOT B retorna somente os elementos exclusivamente em A; A OR B retorna todos elementos contidos tanto em A como em B; A XOR B retorna todos os elementos contidos em A e B não incluídos na intersecção de A e B” (LIMA 2003). Esta lógica é extensivamente utilizada em SIG, permitindo analisar rapidamente áreas que, possuindo simultaneidades, possam conduzir a desdobramentos operacionais (SILVA, 2003).

As correlações entre as classes de Fragilidade Potencial com as classes de Uso e Cobertura do solo foram distribuídos em uma matriz bidimensional (Quadro 1), assim como os demais cruzamentos.

FRAGILIDADE POTENCIAL	USO E COBERTURA DO SOLO (2000)								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09
MUITO FRACA	Forte	Muito Forte	Muito Forte	Média	Muito Fraca	Muito Forte	Muito Fraca	Média	Média
FRACA	Fraca	Muito Forte	Muito Forte	Fraca	Muito Fraca	Muito Forte	Muito Fraca	Média	Fraca
MÉDIA	Média	Muito Forte	Média	Média	Muito Fraca	Muito Forte	Muito Fraca	Média	Fraca
FORTE	Forte	Muito Forte	Forte	Forte	Muito Fraca	Muito Forte	Muito Fraca	Média	Média
MUITO FORTE	Forte	Muito Forte	Forte	Forte	Muito Fraca	Muito Forte	Muito Fraca	Média	Forte

Quadro 1. Matriz Bidimensional de Obtenção das Classes de Fragilidade Emergente

Legenda: 01 – Agricultura; 02 – Área de indústrias; 03 – Área urbana; 04 – Campo/Pastagem; 05 – Corpos d’água; 06 – Solo exposto/Mineração; 07 – Vegetação natural; 08 – Silvicultura; 09 – Povoamento.

Em etapa posterior do trabalho procurou-se valorar os empreendimentos quanto à susceptibilidade dos mesmos possuir ou vir a gerar um passivo ambiental. Desta forma estabeleceu-se faixas de irradiação 50 metros a partir do empreendimento hierarquizando a potencialidade de passivos.

Para a criação das faixas definidas como orientadoras do potencial de fragilidade em relação à geração de passivos ambientais, foi utilizada uma função de SIG denominada *buffer* ou análise de proximidade. De acordo com Silva (2003, p. 169) a análise de proximidade “consiste em gerar subdivisões geográficas bidimensionais na forma de faixas, cujos limites externos possuem uma distância fixa x e cujos limites internos são formados pelos limites da expressão geográfica em exame”. Para efetuar esta função foi utilizada a forma múltipla, com divisões de 50 metros, obtendo:

- 1 – muito forte: na faixa de 50 m do empreendimento;
- 2 – forte: distante 100 m da área do empreendimento;
- 3 – média: distante 150 m da área do empreendimento;
- 4 – fraca: distante 200 m da área do empreendimento;
- 5 – muito fraca: 250 m da área do empreendimento.

Para a valoração foi considerado as substâncias utilizadas no processo de produção das indústrias, sua localização quanto à fragilidade local (potencial e emergente), as condições ambientais do entorno e as condições estruturais do empreendimento em análise, podendo todos estes fatores ser ou não aplicados aos empreendimentos analisados.

Após a valoração das indústrias, foi gerado um mapa de proximidade, com o intuito de demonstrar o raio de influência do empreendimento frente às características físicas do entorno, podendo iniciar em um raio de influência muito forte, forte ou média, tendo, em seguida, as demais faixas. Em casos de sobreposição de informações devido à proximidade dos empreendimentos, optou-se por criar um círculo maior para o *buffer* que representasse mais de uma indústria.

EMPREENHIMENTO	CLASSES DE POTENCIALIDADE A PASSIVOS AMBIENTAIS				
	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
1	-	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
2	-	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
3	-	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
4	-	-	Média	Fraca	Muito Fraca
5	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
6	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
7	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
8	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
9	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
10	Muito Forte	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca
11	-	Forte	Média	Fraca	Muito Fraca

Quadro 2. Matriz de obtenção de classes para potencialidade a passivos ambientais

RESULTADOS

DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE POTENCIAL

A fragilidade ambiental potencial é determinada através da análise individual de cada variável natural considerada na análise, bem como suas características. A valoração diferenciada dos graus de fragilidade para cada variável, quando correlacionadas, espacializam as condições estáveis ou instáveis apresentadas em um recorte espacial.

A correlação dos dados permite localizar áreas que apresentam restrições ao uso, ou medidas para corrigir uma instabilidade. A fragilidade potencial para a área em estudo baseou-se em três fatores fundamentais: a geologia, “através das classes litológicas e do grau de fraturamento e falhamento regional, da geomorfologia considerando o relevo com os parâmetros de inclinação do terreno e da cobertura pedológica considerando as diferenciadas classes de solos” conforme BRISKI (2004 p, 149).

Após a identificação e espacialização das fragilidades litoestrutural e da formação pedológica foi definido áreas diferenciadas conforme o grau de fragilidade ambiental potencial, ou seja, as respostas que podem ser apresentadas pelo sistema ambiental frente aos processos naturais.

Para a determinação da fragilidade potencial, realizou-se o cruzamento das respostas obtidas entre as classes de fragilidade litoestrutural e da formação pedológica, atribuindo as seguintes classificações de fragilidade (Figura 3): Muito Fraca, Fraca, Média, Forte, Muito Forte (BRISKI,2004).

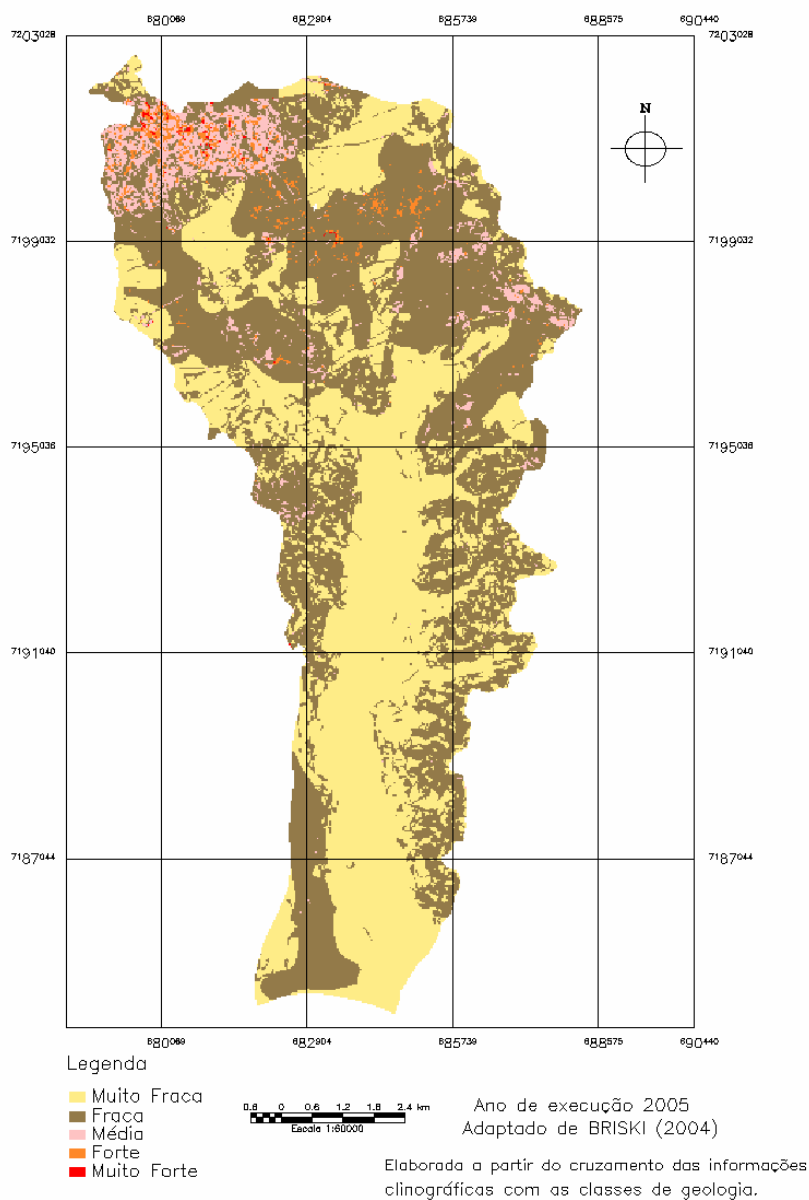


Figura 3. Fragilidade Potencial

Através dos dados das classes quantificaram-se os resultados referentes à fragilidade potencial da bacia em estudo obtendo uma fração territorial para cada classe abordada conforme (Quadro 3).

DESCRIÇÃO	ÁREA (km ²)
Muito Fraca	41,12
Fraca	45,9
Média	5
Forte	1,3
Muito Forte	1

Quadro 3. Distribuição espacial das classes de fragilidade potencial

DETERMINAÇÃO DA FRAGILIDADE EMERGENTE

A determinação e espacialização da **Fragilidade Ambiental Emergente** para a bacia hidrográfica do rio Palmital deu-se a partir da correlação dos resultados obtidos para a **Fragilidade Potencial** com as classes de **Uso e Cobertura** do solo referente ao ano de 2000.

Na bacia do rio Palmital as classes predominantes de uso do solo é a área urbana com 30 Km², representando 32% da área, seguido da classe campo/pastagem que ocupa 27 Km², 29% da área e de vegetação natural com 24 Km², 25% da área. As demais classes somam 13,3 Km², representando 14% do total da área, conforme pode ser visualizado no (Quadro 4).

TIPOLOGIA	Km ²	%
Agricultura	4	4
Área de indústrias	0,1	0
Área urbana	30	32
Campo/Pastagem	27	29
Corpos d'água	0,4	0
Solo exposto/Mineração	0,1	0
Vegetação natural	24	25
Silvicultura	7,2	8
Povoado	1,5	2

Quadro 4 – Distribuição espacial e proporcional das classes de uso e cobertura do solo

Através da álgebra *booleana* do SPRING foi possível cruzar as classes de **uso e cobertura** do solo da bacia do rio palmital com os resultados apresentados pela **fragilidade ambiental potencial** da área, tornando possível, desta forma, realizar a carta de **fragilidade ambiental emergente**. Foram definidas para esta carta cinco classes de fragilidade: Muito Fraca, Fraca, Média, Forte e Muito Forte, conforme figura 4.

De acordo com os resultados obtidos na correlação das informações têm-se a fragilidade muito forte com 32% da área, sendo relacionada à concentração urbana situada no extremo sul da bacia e na margem esquerda do rio Palmital. Esta classificação considera também as indústrias selecionadas para o trabalho, uma vez que estas mantêm em seu processo produtivo, contato com substâncias que podem agredir o ambiente, alterando a qualidade ambiental e social da área.

A fragilidade muito fraca representa 26% da área distribuindo-se principalmente no alto curso da bacia e em menores proporções na borda leste da bacia hidrográfica onde é mantida atividades rurais pouco intensas. Com 24% do total da área a fragilidade média mostra-se bastante fragmentada no norte da bacia, apresentando concentração à medida que desce a sul da mesma, margeando o rio Palmital. Representando 16% da área a fragilidade emergente fraca mostra-se fragmentada ao norte, concentrando-se na borda leste à medida que se aproxima do sul da bacia. Estas são áreas com poucas alterações, com atividades de pouco risco a processos de estabilidade ambiental. A menor percentagem pertence à fragilidade emergente forte com apenas 2%, compreendendo atividades que podem representar risco ambiental, já que ocorrem em áreas de planícies e em áreas com fragilidade potencial de elevado risco.

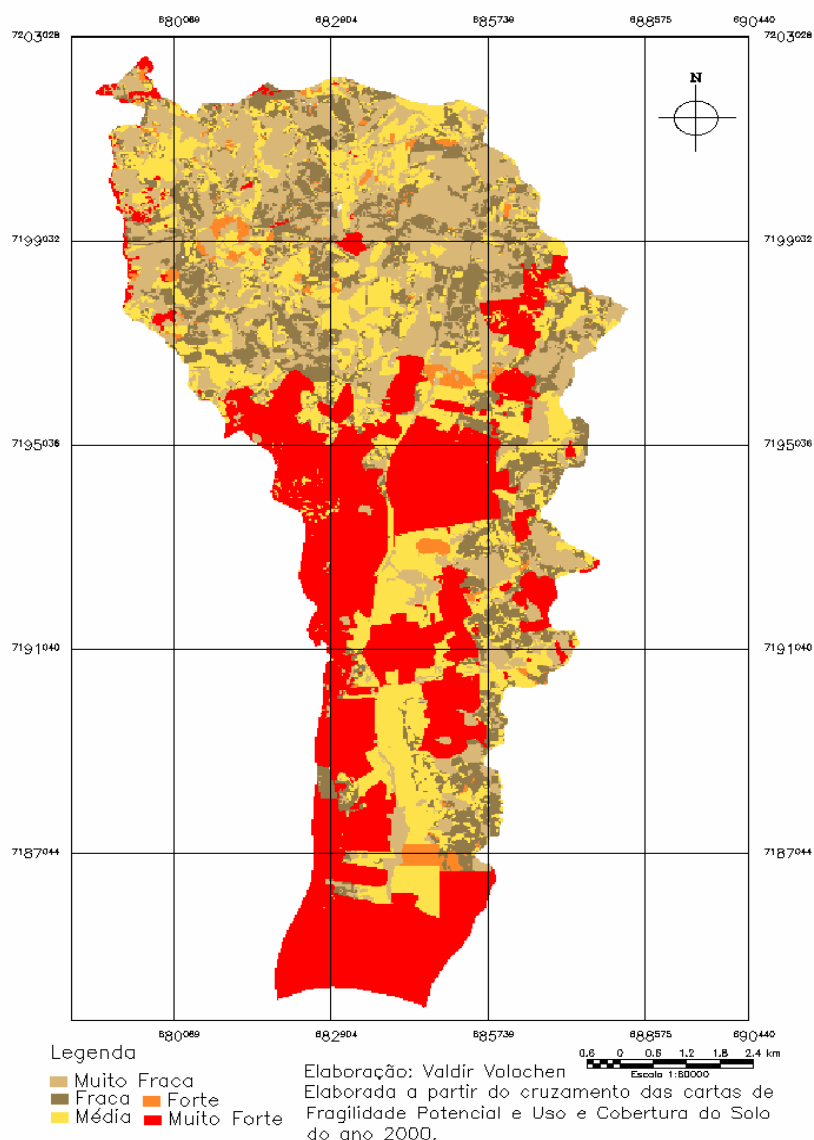


Figura 4. Fragilidade Emergente

DETERMINAÇÃO DAS INDÚSTRIAS POTENCIALIZADORAS A PASSIVOS AMBIENTAIS

Nesta etapa do trabalho serão apresentados e discutidos os resultados para a espacialização e determinação da irradiação de áreas de influência estabelecidas pelas indústrias em análise, frente à **fragilidade potencial** (geologia e solos), **substâncias** utilizadas nas indústrias, proximidade aos corpos hídricos e **características** colhidas em campo, onde foi elaborado acervo fotográfico das indústrias em análise. A partir destes dados qualitativos em relação às indústrias, foi possível quantificar áreas de influência das mesmas estabelecendo classes que representem o grau de potencialidade à geração de passivos ambientais. Há casos em que o empreendimento situa-se sobre fragilidade potencial muito fraca, mas recebe grau de potencialidade a passivos ambientais muito forte. Isto se deve às características naturais da geologia e da cobertura pedológica, que podem permitir a percolação de substâncias, elevando o risco ambiental.

Estabeleceu-se então cinco classes indicando o grau de **potencialidade a passivos ambientais** que possa apresentar um empreendimento frente às características supra mencionadas (Figura 5). Desta forma ficaram estabelecidas as seguintes classes de potencialidade a passivos ambientais: Muito Forte, Forte, Média, Fraca e Muito Fraca, onde poderia iniciar a irradiação em muito forte, forte ou média dependendo da análise.

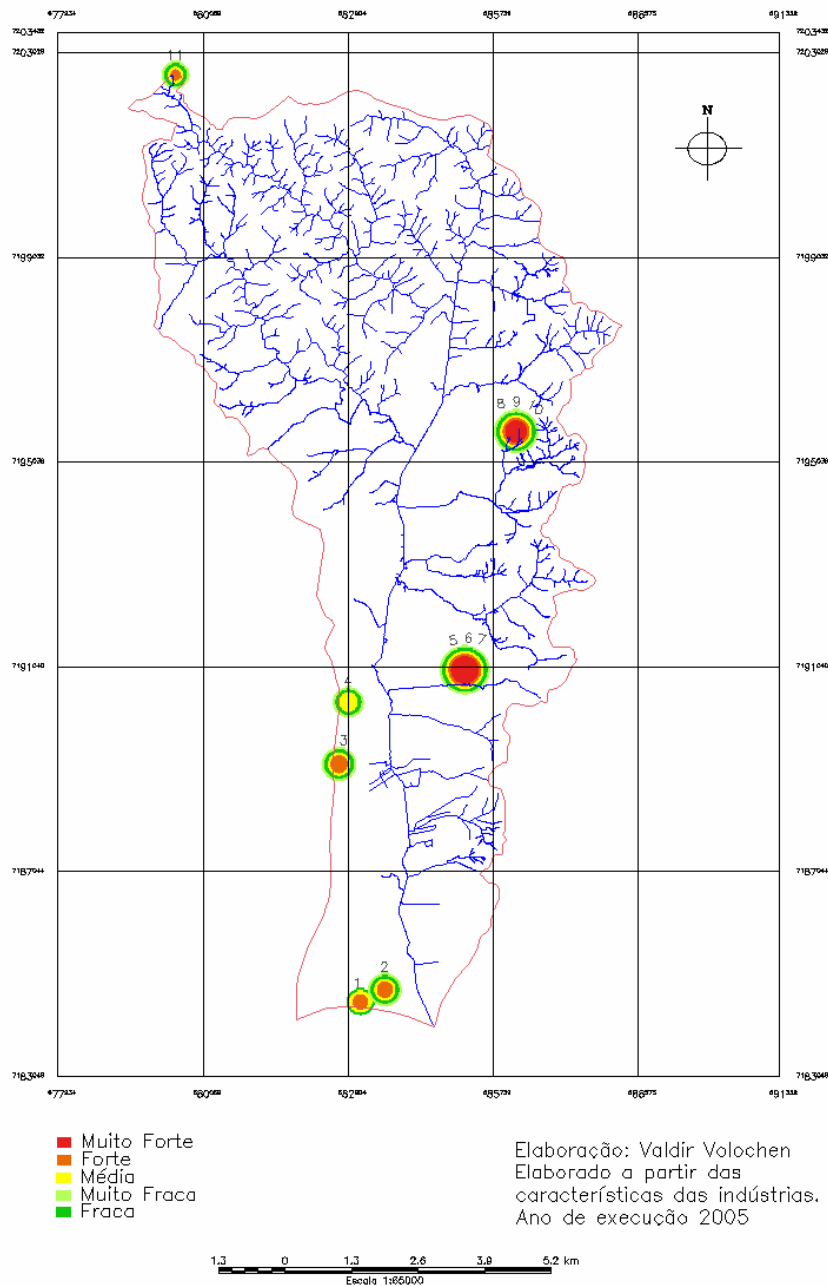


Figura 5. Irradiação para Potencialidade de Riscos a Passivos Ambientais

O empreendimento Bioplastic (1) recebeu uma irradiação que iniciou em forte até muito fraca. Esta indústria opera substâncias como mercúrio, cromo e chumbo, todas com efeitos toxicológicos e ecotoxicológicos. Está situada na planície do rio Palmital, sobre sedimentos inconsolidados da Formação

Guabirota em região de fragilidade potencial fraca e fragilidade emergente muito forte devido à ocupação inadequada. Os solos da região apresentam boa permeabilidade e porosidade alta podendo ocorrer percolação ou carreamento de resíduos.

As substâncias utilizadas podem se propagar através da água e, no caso do mercúrio, também é possível a propagação pelo ar, o que resulta em alto grau de risco quando em contato com estas substâncias.

A indústria de embalagens plásticas Repasse (2) recebe uma irradiação que inicia em **forte** até **muito fraca**. Esta indústria apresenta substâncias como cádmio, cromo e benzeno. Estas substâncias são altamente tóxicas, apresentando riscos ao meio ambiente e ao ser humano, através de alimentos contaminados e pela respiração, sendo que o benzeno tem propriedades carcinogênicas.

Esta indústria situa-se também em terrenos de fragilidade potencial fraca, apresentando as mesmas características físicas da primeira, localizando-se em área urbana nas planícies do rio Palmital, no curso inferior da bacia. Estabelecida sobre a classe de fragilidade emergente muito forte, este empreendimento eleva o grau de fragilidade devido sua localização e às substâncias presentes no processo de produção.

A indústria de plásticos Mennopar (3), foi classificada como área de influência **forte** a **muito fraca**, apresentando em seu processo de produção o benzeno, chumbo, cádmio, cromo e fenol. Assentada sobre terrenos classificados como fragilidade potencial muito fraca, este empreendimento situa-se no baixo curso da bacia na planície de inundação do rio Palmital. É edificada sobre a Formação Guabirota, em proximidade aos depósitos holocênicos aluvionares. Pela mesma razão aplicada à primeira indústria, a Mennopar está situada em área de risco ambiental, considerando o substrato rochoso. Em relação à cobertura pedológica, o solo que ocorre na área são solos orgânicos, que apresentam má drenagem e possuem o nível freático em proximidade à superfície.

Considerando o uso e a cobertura do solo nesta porção da bacia hidrográfica, a tipologia abrangida pela irradiação aplicada ao empreendimento pertence à área urbana localizada próximo aos limites oeste da bacia. Esta área situa-se sobre a classe de fragilidade ambiental emergente muito forte, tendo seu grau de fragilidade elevado quando considerado as características das substâncias presentes no processo de produção.

A quarta indústria analisada é a Luiz Castanheira (4), indústria de produtos de aço, localizada em terrenos classificados com a classe de fragilidade potencial muito fraca. Em relação à geologia, esta assenta-se sobre a Formação Guabirota, e em solos orgânicos, já anteriormente discutidos. As substâncias utilizadas por este empreendimento, são o arsênio, chumbo, fenol e o mercúrio.

O raio de compreendido para este empreendimento abrange área urbana, com proximidade a estradas de fluxo rápido, o que contribui para elevar o grau de fragilidade emergente muito forte da área. Em relação às substâncias utilizadas o chumbo, o mercúrio e o fenol podem se propagar através da água ou do ar no caso do mercúrio. O arsênio pode acumular-se em plantas apresentando potencial carcinogênico. Recebeu classificação que inicia em média a muito fraca.

Por estarem edificadas numa mesma região de fragilidade potencial muito fraca, sobre sedimentos da Formação Guabirota, em uma mesma classe de solos, os latossolos, e por receberem o mesmo peso de irradiação, as indústrias de tintas Matizcollor (5), Processa Indústria Química (6) e a indústria de tintas e

vernizes Reação Química (7) foram englobadas em uma mesma área de influência. Entretanto estes empreendimentos terão suas características descritas textualmente em separado.

Abordado as características geológicas em momento anterior, passa-se a considerar as características pedológicas. Os latossolos, de forma geral, apresentam boas condições de drenagem e porosidade alta (EMBRAPA, 1984), o que facilita a percolação de substâncias que descaracterizam as propriedades naturais destes assim como dos recursos hídricos superficiais e subsuperficiais.

A indústria de tintas Matizcollor mantém no processo de produção contato com ftalatos, chumbo, cádmio, cromo, benzeno, mercúrio, fenol e arsênio, constituindo alto risco de poluição e contaminação do ambiente e de pessoas. A proximidade de rios potencializa o risco de contaminação por passivos ambientais na região, considerando que os tóxicos ambientais* chumbo, cádmio, cromo e mercúrio podem se propagar através da água. Este empreendimento situa-se em área urbana ladeada por indústrias de outros ramos e de residências de baixo padrão. Em relação à fragilidade emergente situa-se em classe de fragilidade muito forte. O empreendimento situa-se próximo a solo exposto, recursos hídricos e a moradias, fatos que aumentam o índice de fragilidade emergente para a área e à potencialidade a passivos ambientais.

A indústria Processa mantém contato com arsênio, benzeno, ftalatos, fenol, chumbo, cádmio, cromo e mercúrio, sendo que estas substâncias apresentam características toxicológicas e ecotoxicológicas. É facilmente perceptível características odoríficas exauridas por esta indústria, fato que agrava a poluição do ar por esta atividade industrial. Assim como a indústria Matizcollor, esta também situa-se próximo a um afluente do rio Palmital, motivos que permitem classifica-la com alto grau de potencialidade a passivos ambientais. A fragilidade emergente da bacia em relação à localização do empreendimento é a classe muito forte, onde esta classificação é elevada quando considerado que é uma área sem infra-estrutura urbana ou industrial para abrigar este e outros empreendimentos adjacentes.

O grau de potencialidade a passivos ambientais por este empreendimento é elevado quando confrontadas as características de ocupação e dos tóxicos ambientais. O cromo é uma substância de elevada mobilidade em solos, podendo ocorrer a poluição deste ou dos recursos hídricos. O arsênio e o cromo são tóxicos ambientais que podem causar a poluição do ar atmosférico, podendo ser absorvido pelas vias nasais ou cutânea.

Já a indústria Reação Química mantém contato com arsênio, benzeno, ftalatos, fenol, chumbo, cádmio, cromo e mercúrio no processo produtivo. A falta de sinalização na propriedade, proximidade a moradias e ao afluente do Palmital também caracteriza esta indústria como potencializadora a passivos ambientais. Situa-se sobre a tipologia campo/pastagem, onde é circuncidada por vegetação de campo, solo exposto e pequenas propriedades com cultivo de culturas. Sua localização se dá em área de fragilidade emergente fraca. Considerando as características do uso que se faz da área e das propriedades das substâncias considera-se alta a potencialidade a passivos ambientais na região, assim como eleva o grau de fragilidade emergente para a área.

Estes fatos concebem a estas indústrias o grau de **muito forte** a **muito fraca** na potencialidade a apresentar passivos ambientais.

* O mesmo que substâncias tóxicas.

Devido à proximidade espacial optou-se abarcar os empreendimentos Coradin indústria de desmontagem de sucata (8), Paranagran indústria de fertilizantes (9), e Complemix do Brasil, indústria de cimento e derivados (10) em um mesmo raio de influência. Assim, criou-se um círculo maior para estes empreendimentos e a seguir, estabeleceram-se as faixas de irradiação.

Estes empreendimentos situam-se sobre terrenos classificados com fragilidade potencial muito fraca, assentados sobre a Formação Guabirotuba. Em relação à cobertura superficial, o solo desenvolvido na área é o rubrozem, que apresenta drenagem moderada, com porosidade menor no horizonte Bt, tornando lenta a permeabilidade da água (EMBRAPA, 1988). Diferentemente dos empreendimentos anteriores, a Complemix do Brasil situa-se sobre latossolos, apresentando, de forma geral, boas condições de drenagem e porosidade alta. Substâncias prováveis no empreendimento Coradin são o chumbo, cádmio, cromo e zinco, todas apresentando alto risco toxicológico e ecotoxicológico. Este empreendimento situa-se próximo a nascentes de afluentes do rio Palmital, onde eleva-se o grau de risco ambiental, tendo em vista a alta solubilidade das substâncias em contato com a água. A exposição ocupacional dos operários com estes materiais se dá sem nenhuma proteção do indivíduo, elevando o risco de contaminação.

Em relação à indústria de fertilizantes Paranagran encontra-se em terrenos com as mesmas características físicas da primeira, bastando descrever apenas as características do empreendimento e seu entorno. As substâncias presentes no processo produtivo das indústrias deste ramo são o arsênio, fluorsilicatos, ácido fosfórico, enxofre e potássio. É facilmente perceptível a poluição atmosférica causada pela atividade da indústria, sendo os poluentes espalhados pelo vento e depositados no solo e na vegetação. Os danos dos poluentes em plantas podem ocasionar alterações bioquímicas, estruturais e funcionais, ocorrendo entupimento dos estômatos e corrosão da cutícula das folhas e acículas.

Em relação à Complemix do Brasil este é um empreendimento circuncidado por pequenos muros, de onde se pode observar amontoado de rejeitos e tambores de recipientes expostos a céu aberto e dispostos diretamente sobre o solo nu. A fragilidade média para a área é elevada quando considerado a proximidade de nascentes e rios sendo um agravante na preservação da qualidade dos recursos superficiais que incorporam a bacia hidrográfica do rio Palmital. A proximidade relativa da área urbana e povoada potencializa a ocorrência de riscos ambientais por contaminação e conferem a este empreendimento um grau de fragilidade ambiental emergente maior.

Diante do exposto os empreendimentos analisados são hierarquizados com grau **muito forte a muito fraca** à potencialidade de ter ou vir a gerar passivos ambientais.

A indústria de cal Cal Cem (11) situa-se sobre a geologia do Grupo Açungui composta basicamente por rochas metamórficas. Os solos da região compreendem latossolos, particularmente a unidade de solo LVa6. As substâncias presentes no pó de calcário são o óxido de cálcio e o hidróxido de cálcio, substâncias que causam a poluição do ar e pode ser absorvida pelas vias respiratórias. Situada nas bordas da bacia esta indústria de cal situa-se nas proximidades de nascentes do rio Tumiri, afluente do rio Palmital e próximo a povoados.

A poluição por estes empreendimentos se dá principalmente pelo ar (emissão), tendo as substâncias emitidas para o ar atmosférico, atingindo o homem, animais e plantas (imissão). O maior risco emitido por

este ramo de indústria são particulados que podem trazer conseqüências respiratórias e agravar problemas como bronquite e asma. As substâncias identificadas têm ação corrosiva sobre as mucosas e provocam erupções cutâneas. A poeira produzida por esta atividade industrial pode trazer prejuízos a alguns organismos vegetais, quando depositados em suas folhas, impedindo a absorção de radiação solar destas. A poluição sonora também é uma negativa destes empreendimentos. Estas características completam o quadro deste empreendimento qualificado com o grau de potencialidade a passivos ambientais **forte a muito fraca**.

CONCLUSÃO

A fragilidade ambiental contempla de forma satisfatória elementos de aspectos naturais dos sistemas ambientais, onde é possível obter resultados quantitativos e qualitativos a respeito das características apresentadas por um determinado sistema ambiental, podendo também ser aplicada a territórios municipais, auxiliando na análise da expansão da urbanização e à pressão ambiental que este fenômeno acarreta. De caráter interdisciplinar e multisetorial esta metodologia tem sua aplicação facilitada pelo uso das geotecnologias que permitem manipulação de um número ilimitado de informações de forma eficaz e rápida, concatenando dados e avaliando o grau de interferência antrópica em um sistema ambiental, assim como avaliar suas limitações e potencialidades.

O presente trabalho conclui que atingiu seus objetivos propostos uma vez que se tornou possível confrontar dados relacionados às indústrias, ao entorno e às características físicas apresentadas pelo sistema ambiental. Ao término da análise ficou determinado que dos onze empreendimentos analisados seis deles apresentam potencialidade muito forte a gerar ou possuir passivos ambientais e quatro com potencialidade forte à potencialidade a passivos ambientais. A inadequada localidade das indústrias frente às características naturais pode não representar um empecilho às suas atividades, contanto que respeitem normas ambientais e planejem suas ações, como:

- realizando o controle de resíduos, produtos e substâncias tóxicas presentes em seu processo de produção pelo chamado Ciclo de Vida do produto, que visa, em todo o processo produtivo, a preocupação ambiental com o produto desenvolvido;
- realização de estudo de desativação de um empreendimento antes mesmo de este apresentar a intenção de fechar. Esta atividade visa tomar certas atitudes em relação ao empreendimento, suas atividades, sua regulamentação ambiental e jurídica, propiciando novas oportunidades de uso da área sem implicações financeiras para o proprietário ou o governo local (SÁNCHEZ, 2001) ou
- adotando pequenas taxas sobre certos produtos químicos e certas indústrias com a finalidade de financiar a limpeza de sítios contaminados ou atender a população com problemas causados por substâncias perigosas.

Diante do quadro que se obteve com os resultados da pesquisa vê-se a importância da metodologia aplicada como ferramenta fiscalizadora para órgãos municipais que possuem em seus domínios atividades industriais, tornando possível fiscalizar o raio de ação dos empreendimentos. Ressalta-se que pode-se acrescentar novas variáveis de análise às indústrias com o intuito de suprir certas necessidades.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. R.; TERTULIANO, M. F. Diagnose dos Sistemas Ambientais: Métodos e Indicadores. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e Perícia Ambiental**. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000. p. 115-170.
- ANDREOLI, C.V. **Mananciais de Abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de caso do Altíssimo Iguaçu**. – Curitiba: Sanepar Finep, 2003.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de Informações Geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed., rev. e ampl., Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998. 434p.
- BARBOSA, S. R. C. S. Ambiente, qualidade de vida e cidadania. Algumas reflexões sobre as regiões urbano-industriais. In: HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. (orgs) **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas:Ed. Da UNICAMP, 1992.
- BONATO, F. VOLOCHEN, V. **Passivos e Ativos Ambientais em sistemas urbanos, rurais e rurbanos**. Anais da AGB. 2005, 31p.
- BOTELHO, R. G. M., SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. Reflexões sobre a Geografia Física
- BRISKI, S. J. **Análise do meio físico como suporte ao planejamento ambiental e gestão territorial do alto curso da bacia hidrográfica do rio Iguaçu – PR**. Curitiba, 2004. 209p. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade Federal do Paraná.
- CÂMARA, G. MONTEIRO, A. M. V. **Fundamentos de Geoprocessamento**. 19-- , p. 1-38.
- CÂMARA, G. *et.all*. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. INPE, 1996.
- CAPRA, F. **A teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Tradução, Newton Roberval Eicheberg. 9ª ed. – São Paulo: Editora Cultrix, 2004. P 53-55.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**..São Paulo, Edgard Blucher. 2ª ed. 1980.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo, Edgard Blucher, 1999.
- CORRÊA. R. L. **O espaço urbano**. São Paulo: Hucitec, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – SNLCS. **Levantamentos de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná**. Curitiba: EMBRAPA, SNLCS/SUDESUL/IAPAR, Tomo I e II, 1984. 791p.
- GREGORY, K. J. **A natureza da Geografia Física**. Bertrand Brasil, 1992. 367p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual de classificação da vegetação brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências, n. 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.
- JACOBS, G.A. **Dinâmica de uso e ocupação dos mananciais na Região Metropolitana de Curitiba – PR**. Curitiba, 2002. 255 p. Tese (Doutorado) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- KLEIN, M.R. HATSCHBACH, G. **Fitofisionomia e Notas sobre a Vegetação para acompanhar a Planta Fitogeográfica do Município de Curitiba e Arredores (Paraná)**. Boletim da Universidade do Paraná. Instituto de Geologia, nº4. Dezembro de 1962. 29 p.
- LIMA, E. C. **Qualidade multitemporal da paisagem: Estudo de caso na floresta ombrófila mista em General Carneiro – PR**. Curitiba, 2003. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Univesidade Federal do Paraná.

- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3^o ed. – Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 438 p.
- MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário Básico de Meio Ambiente**. Compilado por Iara Verocai Dias Moreira – Rio de Janeiro: Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente, 1990, 245 p.
- NETTO, A. L. C. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, J. T. G. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994. p. 93-100.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e aplicações**. 2.ed. – São Paulo: Edgard Blücher, 1996.
- OLIVEIRA, D. **Urbanização e industrialização no Paraná**. Curitiba: SEED, 2001. 113 p.
- PENTEADO, M. **Fundamentos de Geomorfologia**.
- PORTO, M. F. S, FREITAS, C. M. Indústria química brasileira, acidentes químicos ampliados e vulnerabilidade social. In: TORRES, H. COSTA, H. (org) **População e Meio Ambiente: Debates e desafios**. 1^a ed. São Paulo, SP: SENAC, 2000. p. 301-324
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 4.ed. – São Paulo:Contexto, 1997.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs – RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 291-336.
- SALAMUNI, R. **Fundamentos Geológicos do Paraná**. Universidade Federal do Paraná, 19--.
- SÁNCHEZ, L. E. **O Passivo Ambiental na Desativação de Empreendimentos Industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- SANTOS, I. **Proposta de Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Região Metropolitana de Curitiba – PR**. Curitiba, 1997. 76p. Monografia de Graduação do Curso de Geografia, Universidade Federal do Paraná.
- SANTOS, M. **Metamorfose do Espaço Habitado. Fundamentos teóricos e metodológicos da geografia**. – São Paulo: Hucitec, 1997.
- SCHIANETZ, Bojan. **Passivos ambientais**. Curitiba, SENAI, 1999. 205 p.
- SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 240 p.
- SILVA, P. C. S. et all. **Programa Levantamentos Geológicos do Brasil. Curitiba, Folha SG.22-X-D-I, 1:100.000**. Brasília: CPRM, 1999.
- SILVEIRA, A. L. L. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2^a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 1997. p. 35-42.
- TORRES, H. G. Indústrias Sujas e Intensivas em Recursos Naturais: Importância Crescente no Cenário Industrial Brasileiro. In: MARTINE, G. (org) **População, Meio Ambiente e Desenvolvimento: Verdades e Contradições**. 2^a ed. Campinas, SP: UNICAMP, 1996. p. 43-63.
- VITTE, A. C. **Metodologia para cálculo de perdas de solo em bacias hidrográficas**. Boletim Paranaense de Geociências. 1998