

# MAPEAMENTO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO NO AQUÍFERO LIVRE DO MUNICÍPIO DE PEREIRA BARRETO/SP

Rodrigo Dutra Gomes<sup>1</sup>; Sueli Yoshinaga Pereira<sup>2</sup> & Carlos Roberto Espíndola<sup>3</sup>

**Resumo** - Este trabalho tem o objetivo de mapear as áreas de risco potencial á contaminação das águas subterrâneas do município de Pereira Barreto. Devido a implantação da UHE de Três Irmãos, este município sofreu vários tipos de impactos, sendo um deles a elevação generalizada do nível do aquífero livre, submetendo este a sofrer maiores influências da forma de ocupação da superfície. A metodologia utilizada foi a proposta por FOSTER & HIRATA (1993), denominada de metodologia GOD para determinação da vulnerabilidade e risco. As classes de risco são estabelecidas pela interação entre a vulnerabilidade e o tipo de ocupação superficial, o mapeamento da vulnerabilidade já foi realizado nesta área por GOMES et. al. (Inédito). Como resultado, foram delimitados área de alto, moderado e baixo risco, preponderando esta última. As áreas potencialmente de alto risco foram encontradas ligadas ao plantio agrícola (principalmente cana-de-açúcar, milho, laranja), tanto pelos compostos nitrogenados aplicados na fertilização, quanto pelo uso de pesticidas e também pela forma de disposição de resíduos sólidos (lixão).

**Abstract** - This work aims to identify risk assessment areas concerning groundwater contamination in Pereira Barreto city. Due to the construction of Três Irmãos hydroelectric power plant, this area suffered some types of impacts, which one of them seems to be the generalized raise of free aquiferous, exposing it to suffer influences from land use. GOD methodology, proposed by FOSTER & HIRATA (1993) was used to determine risk assessment and vulnerability. Risks levels are established by interaction between vulnerability and land use type. The vulnerability mapping was made by GOMES et al. (unpublished work). As results, areas were delimited with high, median and low levels risk assessment, overbearing the last level. The areas with high levels of risk were identified near to the agricultural sites (mainly sugar cane, corn and orange), particularly by nitrous organic compounds used in fertilization, pesticides and solid waste disposal methods.

---

<sup>1</sup> Geógrafo mestrando do IGE-UNICAMP, Rua João Pandiá Calógera, 45, cidade universitária “Zeferino Vaz”, dutra@ige.unicamp.br.

<sup>2</sup> Docente do IGE-UNICAMP, Rua João Pandiá Calógera, 45, cidade universitária “Zeferino Vaz”. sueliyos@ige.unicamp.br.

<sup>3</sup> Docente Feagri-UNICAMP, cidade Universitária “Zeferino Vaz”, C. Postal 6011. carlosespindola@uol.com.br.

**Palavras-Chave** - Aquífero Livre; contaminação; determinação do risco.

## **INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem o objetivo de mapear o risco à contaminação do aquífero freático na cidade de Pereira Barreto e seu entorno como contribuição a um Planejamento Ambiental voltado às águas subterrâneas desta cidade. Devido à implantação da Usina Hidroelétrica de Três Irmãos o município de Pereira Barreto ficou com suas porções Leste, Oeste, Sul, totalmente encobertos pela água da represa. Este empreendimento causou vários impactos no regime hídrico superficial e subsuperficial da área, causando dentre outros, a elevação generalizada da superfície freática do aquífero, aumentando as chances deste receber maiores influências danosas da superfície.

Um dos instrumentos necessários para que se haja uma estratégia de proteção e preservação de aquíferos é o mapeamento de vulnerabilidade natural e risco à contaminação de aquíferos, já que neste transparece as áreas com maiores capacidades à contaminação, levando em consideração o uso e ocupação.

De acordo com FOSTER & HIRATA (1993) as variáveis necessárias para a realização deste mapeamento e que se analisadas em conjunto transpareceria as classes de vulnerabilidade e risco, são: tipo de aquífero, característica da zona vadosa, profundidade da água subterrânea e uso e ocupação da superfície, denominando-se de metodologia GOD. Este foi o método utilizado no presente trabalho, justificado pela relativa facilidade de obtenção das variáveis consideradas.

O mapeamento de vulnerabilidade foi realizado na área por GOMES et. al. (Inédito), utilizou a metodologia GOD, e em consequência da elevação generalizada do nível freático a área, apresenta preponderantemente classes moderadas e de alta vulnerabilidade natural a contaminação (FIGURA 1).

## **CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA DO MAPEAMENTO DO RISCO À CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Normalmente as águas subterrâneas disponíveis são originadas do excesso das chuvas que se infiltram pela superfície. A característica da zona vadosa também pode influir na qualidade das águas que infiltram, pois estão em contato direto com o solo, portanto podem assumir qualidades químicas e físicas dependendo das características do ambiente. Quaisquer substâncias química ou orgânica que esteja contida na superfície ou subsuperfície do solo podem alterar as características e influir na potabilidade das águas da recarga.

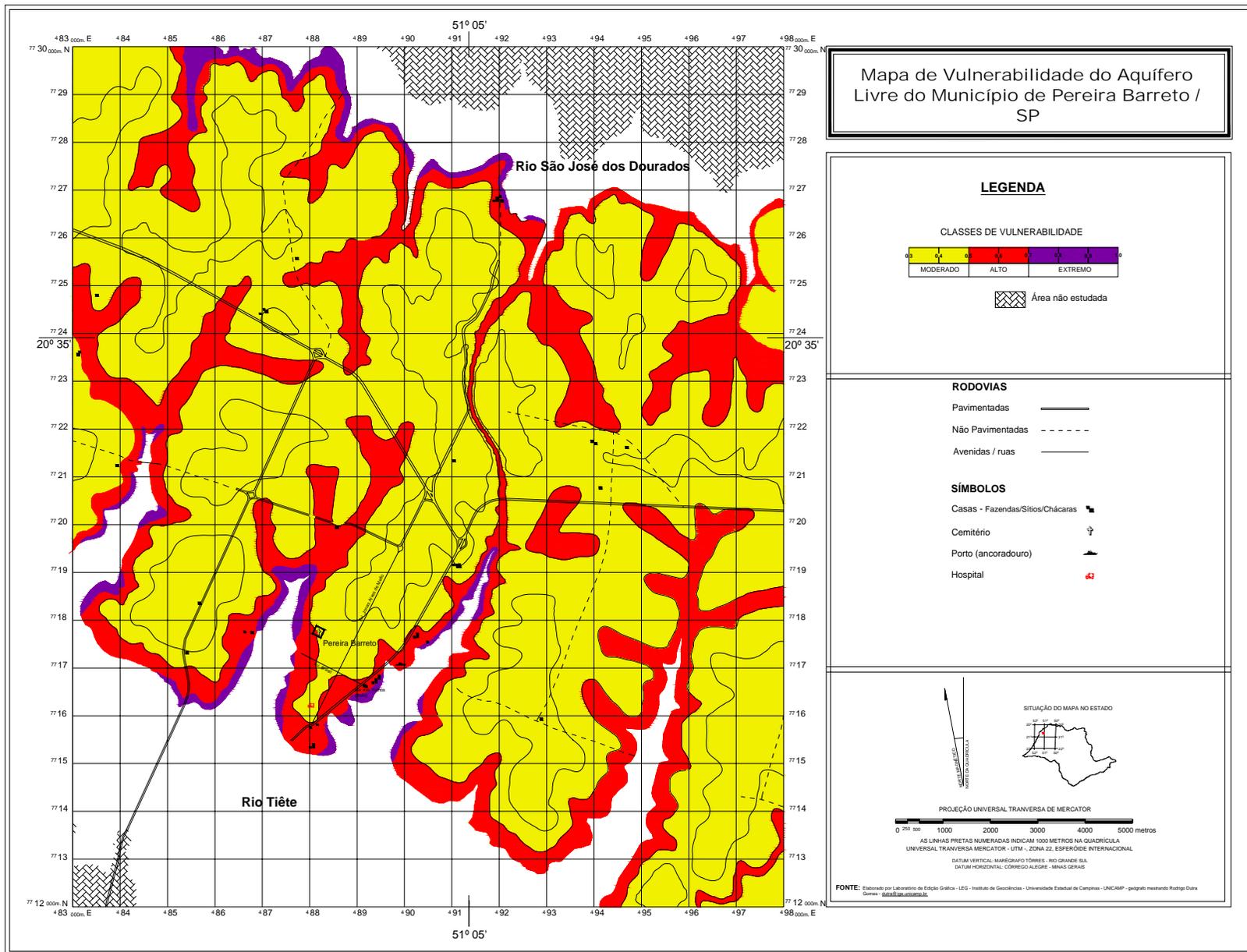


FIGURA 1 - MAPA DA VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO LIVRE DE PEREIRA BARRETO/SP, retirado de GOMES et. al. (Inédito)

Nesta perspectiva, a presença humana na superfície pode modificar os mecanismos de recarga, introduzindo novas variáveis. Estabelece-se então, a idéia de risco de influência negativa devido à uma possível alteração qualitativa das águas durante o processo de recarga.

Para o estabelecimento do grau de risco de um determinado sistema de aquífero, a metodologia GOD de vulnerabilidade pode ser empregada, acoplando esta a um sistema de análise que considere as cargas contaminantes impostos em superfície/subsuperfície. Sendo o resultado da interação entre a carga potencialmente poluidora aplicada e a vulnerabilidade do aquífero (QUADRO 1).

Várias são as fontes antrópicas que podem influenciar os recursos subterrâneos, podendo ser caracterizadas como fontes potenciais (áreas residenciais, uso agrícola do solo) e fontes pontuais (atividades industriais, lagoas de efluentes, disposição de resíduos sólidos) (FOSTER & HIRATA, 1993):

Em estudos de casos, podendo ser em escala local ou regional recomenda-se (FOSTER & HIRATA, 1993) que se faça a espacialização das formas de ocupação e utilização antrópica da superfície e subsuperfície. Para tanto, torna-se necessário à realização da classificação das atividades contaminantes e o estabelecimento do grau de influência destas com base em sua natureza e características, gerando de uma forma cartográfica a espacialização da ocupação, ressaltando as potenciais fontes poluidoras. Para isso, primeiramente, torna-se necessário à confecção de uma carta de uso e ocupação da área estudada.

**Quadro 1** - Esquema Conceitual Do Risco De Contaminação De Água Subterrânea

		VULNERABILIDADE NATURAL		
		Baixa	Média	Alta
<b>Carga Potencial Poluidora</b>	Reduzida	Baixo III	Baixo III	Moderado II
	Moderada	Baixo III	Moderado III	Alto I
	Elevada	Alto I	Alto I	Alto I

## CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Pereira Barreto localiza-se na região Noroeste do Estado de São Paulo na Lat. 20°38'43" e Long. 51°06'35" à 650 Km da capital, pertencendo á região administrativa do município de Andradina, possuindo uma área de 982,7 Km<sup>2</sup> (dados IBGE) (FIGURA 2). Teve a sua população diminuída devido ao término das obras das Usinas Hidroelétricas da região (Ilha Solteira e Três Irmãos). A conclusão destas obras acarretou danos a cidade do ponto de vista ambiental e econômico, já que foram inundados cerca de 22.000ha de solo fértil, devido ao funcionamento da

Usina Hidroelétrica de Três Irmãos o qual ocasionou o represamento do rio Tiête, deixando o entorno da cidade nas porções L, O, S encobertos pela água do lago.

A geologia da área é representada por um pacote compreendido pelos arenitos cretácicos da formação Santo Anastácio, sobrepostos aos basaltos juro-cretácicos da formação Serra Geral e sotopostos a depósitos terciário-quartenários compreendidos por colúvios, alúvios e cascalheiras, além dos elúvios associados às formações (IPT, 1998). A granulometria dos arenitos está classificada como areia fina (com areia média subordinada) silto argilosa, com seu regolito compreendendo areia fina argilosa síltica (com as frações areia média, grossa ou pedregulhos subordinadas). Os depósitos coluvionares são representados por areia fina argilosa síltica, localmente pedregulhosa (com as frações de areia média e grossa subordinada).

O clima da área é tropical úmido (Aw) com verão chuvoso e o inverno de relativa seca. A pluviometria média anual é de 1.321,3mm, com período chuvoso de outubro a março – sendo janeiro o mês mais chuvoso – (médias de 122,0 a 230,2mm) e o de estiagem entre abril e setembro – sendo julho o mês mais seco – (médias de 27,6 a 76,1mm). A temperatura média anual é de 24,3°C, com média mensal máxima de 26,5°C em fevereiro e a mínima de 20,9°C em junho. A umidade relativa do ar média mensal máxima é de 78% em janeiro e a mínima de 60% em agosto (GARCIA JUNIOR, 2001).

O pacote que compõe o aquífero livre é composto do topo para a base, por aluviões, coluviões, solo de alteração de arenito, arenitos (sobretudo a Formação Santo Anastácio, localmente com as Formações Caiuá e Adamantina associadas) e solo de alteração de basalto, compreendendo o sistema de aquífero superficial da área. O topo rochoso da Formação Serra Geral constitui o substrato semipermeável a impermeável deste sistema de aquífero (IPT, 1992). O sistema hidrogeológico adjacente à bacia de inundação do reservatório implantado e que desenvolve seu fluxo subterrâneo, sofre, devido ao enchimento, tanto reajustes transitórios em curto prazo como mudanças permanentes em longo prazo. Essas mudanças permanentes são, em longo prazo, resultado dos reajustes transitórios, quando o sistema hidrológico subterrâneo é re-estabilizado, assumindo um novo patamar topográfico e modificando a intensidade de troca de energia na bacia, tanto superficial como subsuperficialmente (IPT, 1988).

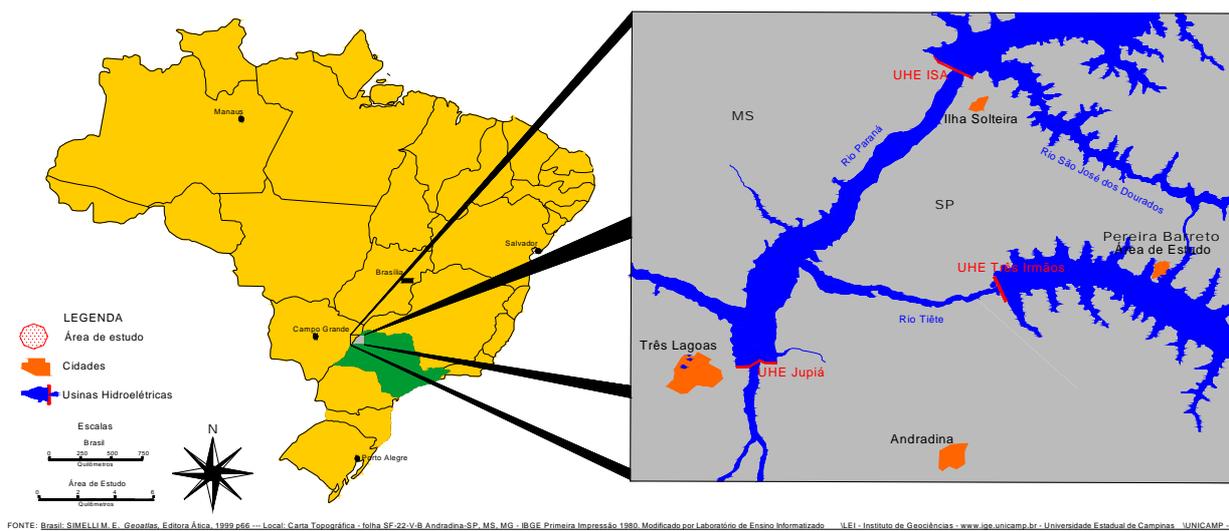


FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

## Problemática

Considerando a intervenção da UHE de Três Irmãos nas condições ambientais da área de estudo, pode-se esperar possíveis impactos no aquífero livre, devido a sua elevação para níveis menos profundos, já que, sendo este mais próximo da superfície, sujeitar-se-á receber maiores influências negativas dependendo do tipo de ocupação superficial, sofrendo o risco de poluição por agroquímicos, fossas sépticas etc. Assim, pode-se dizer que os impactos causados pela UHE pode ter aumentado o risco do aquífero livre à contaminação.

Observa-se no entorno da cidade formas de ocupação da superfície que são potencialmente fontes de contaminação (ex. Plantação que utilizam fertilizantes com fontes nitrogenadas) e na área urbana observa-se a existência de fossas sépticas, cemitério que pode estar poluindo o lençol devido à infiltração do “necrochorume” advindo dos corpos em decomposição. Outra fonte de poluição é o lixo municipal que possivelmente estariam fornecendo detritos líquidos e substâncias químicas.

## RESULTADOS

Para a determinação e confecção cartográfica das classes de risco, necessitou-se espacializar as fontes potenciais de contaminação. Para tanto utilizou-se como base uma imagem de satélite da área urbana e entorno da cidade, disponibilizada pela FUNDUNESP (Fundação para o Desenvolvimento da UNESP)<sup>5</sup>. Esta foi visualizada na órbita 222 ponto 7 do sistema de referência do satélite LANDSAT-7 pelo sensor ETM+, apresentando uma resolução espacial de 12,5 metros,

<sup>5</sup> Pelo projeto “Identificação dos Níveis de Degradação das Pastagens na Área De Influencia do Complexo de Urubupungá Através da Utilização de Dados Edáficos e Morfofisiológicos Associados ao Geo-Processamento”, UNESP de Ilha Solteira, prof. Dr. Hélio Ricardo Silva.

com a passagem do satélite datada em 12/08/2001, em relação á imagem orbital foram utilizadas as bandas 1 (Blue), 2 (Green) e 3 (Red). A imagem foi previamente georeferenciada pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP de Ilha Solteira e posteriormente cedida em formato GEOTIFF.

Como a imagem é desatualizada necessitou-se a realização de saídas de campo para verificação e reconhecimento das formas de ocupação e uso agrícola. Assim, foram feitas saídas de verificação e reconhecimento no período de 26 á 31 de dezembro de 2003. Nesta utilizou-se de material, a própria imagem de satélite e um GPS (Global Position Systems) utilizado como instrumento para locação e delimitação das áreas. Assim a imagem de base foi importada para o programa AutoCAD2000, onde foram feitas as delimitações dos polígonos de cultivo.

### **Observações de Campo**

Conforme a tendência exposta pela CESP (1990) para a região ao qual está inserida a área de estudo, a implantação da pecuária como forma predominante de economia em substituição ao plantio de café entre as décadas de 40 á 60, teve como conseqüência a relativa minimização nas outras formas de cultivo agrícola. Por pertencer a esse processo a área de estudo transparece em determinadas porções esta tendência, apresentando grande parte da área voltada para essa forma de utilização do solo.

Apesar da porção oeste apresentar a maioria do cultivo agrícola da área, observa-se, no entanto, nenhuma predominância produtiva entre as culturas, o que se verifica é a concentração areal de produção das culturas de cana-de-açúcar e soja. Em relação ao plantio de laranja e manga, observam-se proximidades no plantio entre as duas culturas, localizadas à oeste da área urbana. Localiza-se ainda nesta porção, à norte da área urbana o local de despejo dos resíduos sólidos produzido na área urbana do município (Lixão) e a oeste duas lagoas de efluentes domiciliares (FIGURA 3).

Na porção Leste, ao contrário do observado no oeste, predomina a utilização do solo pela pecuária tornando a área relativamente homogênea em relação ao uso agrícola. Encontra-se ainda o cultivo de capim colômbio (*Panicum maximum*) para servir de alimentação do gado criado na fazenda Bonanza (FIGURA 3).

Em relação aos aspectos fitossociológicos encontrou-se resquíio de Mata Latifoliada Tropical Semidecídua (apresentada no mapa como mata fechada) e as Matas Ciliares no entorno dos cursos d'água (CESP, 1990).

## CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO

### *Uso urbano*

A periculosidade da ocupação urbana foi considerada levando-se em conta as áreas onde podem estar fornecendo compostos nitrogenados como os cemitérios, sistemas de saneamento *in situ*. Para este último as áreas que margeiam a represa são as mais preocupantes, por serem áreas onde o sistema de esgoto é mais recente, podendo conter fossas abandonadas que possam ainda estar produzindo nitratos.

### *Uso agrícola*

Para a implantação da maioria das culturas agrícolas necessita-se que haja a correção de nutrientes dos solos, para isso a fórmula de nutrientes mais comumente usadas é a composta por NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), esta fórmula expressa a porcentagem de cada composto utilizado num saco de 50Kg.

Destes, principalmente os compostos de nitrogênio são os que oferecem maior risco a contaminação, pois pelos processos de nitrificação ele se transforma no íon nitrato (NO<sub>3</sub>) que devido a sua alta mobilidade e persistência pode atravessar o subsolo e atingir o lençol freático devido aos processos de lixiviação que ocorre no solo que dependendo das quantidades pode constituir poluição para esta (CETESB, 1977). Porém a maior dificuldade consiste em saber a quantidade de nitrato lixiviada, sendo este resultado de um complexo sistema solo-clima-vegetação-composto químico, preferindo-se adotar como fator de classificação de risco potencial a capacidade de mobilidade e persistência dos compostos.

No QUADRO 2 está contido o resumo das principais características dos fertilizantes agrícolas, retirado de FOSTER & HIRATA (1993), que servirá como base de comparações e conseqüentemente das classificações nas culturas presentes na área de estudo.

A utilização de pesticidas tem crescido nas ultimas décadas, fato aliado às características físicas-químicas dos seus compostos que dependendo de suas características podem ser lixiviados com facilidade, atingindo o aquífero. Mas assim como os fertilizantes, a quantidade lixiviada dos pesticidas é de difícil estimativa devido aos complexos processos de relação das variáveis a se considerar. Portanto considerou-se que a principal ameaça que estes possam oferecer às águas subterrâneas está ligado aos compostos relativamente móveis, aplicados regularmente em zonas de recarga, se tornando um risco eminente em áreas vulneráveis (FOSTER & HIRATA, 1993). O grau de periculosidade dos pesticidas utilizados na área foi feita com base no QUADRO 3, considerando a regularidade de aplicação além de consultas bibliográficas.

## Disposição de resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ter origens diversas, sendo as mais comuns as domésticas, hospitalares e industriais, cada um exigindo procedimentos próprios em relação às formas de disposição com vista a não influência negativa no ambiente.

Nessa perspectiva dependendo da forma de disposição e natureza dos resíduos, estes podem ser uma fonte importante de carga contaminante no subsolo. Este risco está mais presente na disposição em aterros e em céu aberto em aterros, mesmo que a sua construção objetive uma forma de disposição correta, esta tem que seguir critérios de construção para que chegue ao objetivo proposto; no caso da disposição em céu aberto, torna-se uma fonte potencial eminente.

Os resíduos depositados em decorrência dos processos de decomposição biológica produzem o chorume, rico em matéria orgânica e dependendo o das características do ambiente pode-se atingir diretamente os aquíferos, no entanto, é mais provável que o nitrogênio contido em sua composição gere NO<sub>3</sub> pelos processos de nitrificação e este devido as suas características de alta mobilidade e persistência atinja o aquífero mais facilmente pelos processos de lixiviação.

**Quadro 2 – Principais características de Fertilizantes.**

Tipo	Absorção no solo	Mobilidade no solo		Transformação		Possíveis Contaminantes	
		Cátions	Ânions	Química	Biológica	Cátions	Ânions
<b>DE NITROGÊNIO</b>							
Nitrato de Cálcio	Baixo, somente Ca	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Salitre de amônio	Parcial, somente NH <sub>4</sub>	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Salitre de Sódio	Baixa, somente A	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Salitre de Potássio	Baixa, somente K	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Salitre de amônio	Aumento NH <sub>4</sub> e Ca	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Sulfato de amônio	Parcial, somente NH <sub>4</sub>	Baixa	Média		*	NH <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
Amoníaco Líquido	Alta NH <sub>4</sub>	Baixa	Alta		*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Água Amoniacal	Parcial NH <sub>4</sub>	Baixa	Alta	*	*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Uréia	Parcial NH <sub>4</sub>	Baixa	Alta	*	*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Cianamida Cálcica	Parcial NH <sub>4</sub>	Baixa	Alta	*	*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
Uréia-50/amoníaco-50				*	*	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub>
<b>DE FÓSFORO</b>							
							HPO <sub>4</sub>
Superfosfato	Muito alta	Extremamente baixa					
Superfosfato granulado	Muito alta	Extremamente baixa		*			HPO <sub>4</sub>
Tri-superfosfato	Muito alta	Extremamente baixa		*			HPO <sub>4</sub>
Fosfato pulverizado	Muito alta	Extremamente baixa		*			HPO <sub>4</sub>
Pó de Thomas	Muito alta	Extremamente baixa		*			HPO <sub>4</sub>
Superfosfato simples	Muito alta	Extremamente baixa					HPO <sub>4</sub>
+ fosfato cru	Muito alta	Extremamente baixa		*			HPO <sub>4</sub>
<b>DE POTÁSSIO</b>							
Cloreto de potássio	Baixa, somente K	Baixa	Alta			K	Cl
Cloreto de potássio + Sulfato de magnésio	Baixa, somente K	Baixa	Baixa			K	Cl
Kainit	Baixa, somente K	Baixa	Alta			K	Cl
Sulfato de potássio	Baixa, somente K	Baixa	Média			K	Cl
NPK combinado	aumentada	Baixa	Alta	*	*	k	NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>

FONTE: VRBA & ROMIJN (1986) *apud* FOSTER & HIRATA (1993)

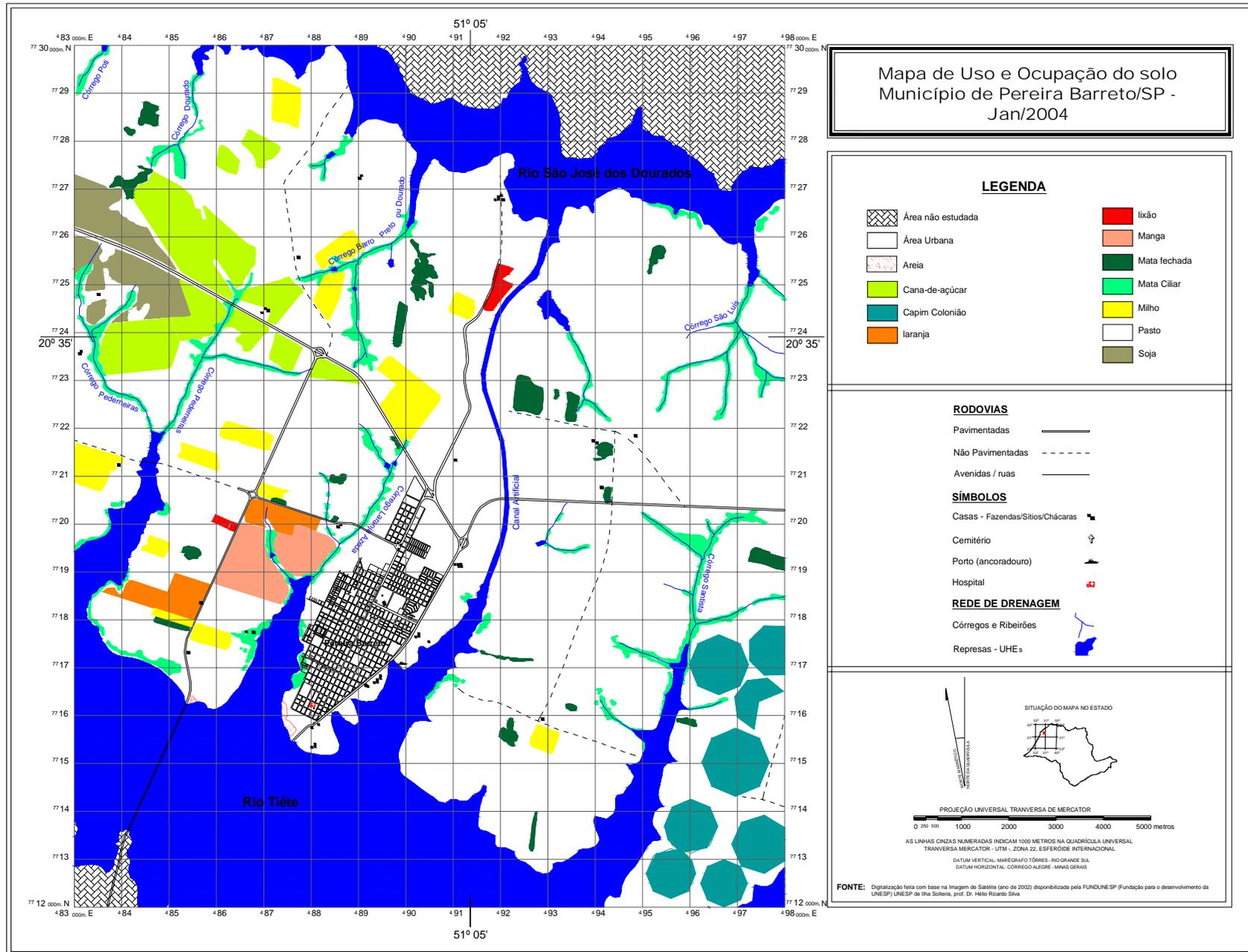


FIGURA 3 - MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DE PEREIRA BARRETO/SP 2004

**Quadro 3 – Principais Características de Pesticidas.**

GRUPO QUÍMICO	ADSORÇÃO		AFINIDADE COM		SOLUBILIDADE (H <sub>2</sub> O a 20 ~ 25°C)	PERSISTÊNCIA NO SOLO (meia vida/dias)	MOBILIDADE
	Matéria orgânica	argila	Matéria orgânica	argila			
<b>I. IÔNICO</b>							
Catiônico	+ (d)	+ (de)	forte	Muito forte	Alta	4000-5000	1
Ácidos	+	-	débil	Muito forte	Alta a maior pH	10-140	5
Básicos	+ (cdef)	+ (de)	débil	média	Alta a baixo pH	25-400	3
<b>II. NÃO-IÔNICOS</b>							
Hidrocarbonetos	+ (bd)	+	Muito forte	Débil	Baixa moderada	460-1650	1
Organofosforados	+ (bd)	+ (c)	Muito forte	Média	Baixa	1-60	1
Anilinas perduráveis	+ (bd)	+	Forte	ébil	Baixa a média	45-180	1
Fenilúricos	+ (bd)	+ (cf)	Média	ébil	Moderada	120-400	3
Carbamatos	+ (bd)		Média	Débil	Moderada	10-70	3
Amidas	+ (bd)	-	Débil	Muito débil	Moderada	30-70	3
Tiocarbamatos	+ (bd)	+	Forte	Média	Moderada	30-220	2
Fenilamidas	+ (bd)	-	Forte	Débil	Moderada	300-400	2
Benzonitrilos	+ (bd)	+	Forte	média		60-180	2

b. afinidade hidrofóbica  
c. afinidade hidrogênica  
d. transferência de carga  
e. intercâmbio de íons  
f. intercâmbio de ligantes

escala de mobilidade  
1 – imóvel  
2 – pouco móvel  
3 – móvel  
4 – altamente móvel 5 – extremamente móvel

FONTE: VRBA & ROMIJN (1986) *apud* FOSTER & HIRATA (1993).

Assim, baseado em FOSTER & HIRATA (1993) e CETESB (1977) considerou-se dois fatores como preponderantes na determinação do risco. Por ser apenas de origem doméstica (pela ausência de indústrias e mineradoras), e as cargas de nitrogênio nestes compostos já serem relativamente bem conhecida decidiu-se levar esse fator como significativo na classificação, considerando a média produtiva de 0,4 kg/hab/dia, contendo 1% em peso de nitrogênio gvb(CETESB, 1977).

Apesar da difícil estimativa da quantidade lixiviada, preferiu-se caracterizar o perigo potencial levando-se em consideração o índice de pluviosidade com base no quadro retirado de FOSTER & HIRATA (1993) (QUADRO 4), já que, nestes complexos processos ocorrentes este se torna um fator preponderante na sua estimativa.

**Quadro 4 – Categoria de Perigo Potencial**

	Chuva Anual (mm/a) 200-1000		
	< 200		> 1000
<b>MUNICIPAL</b>			
Somente residencial	Baixo	Baixo	Moderado
Incluindo hospitais	Baixo	Moderado	Alto
Incluindo indústrias	Baixo	Alto	Alto

## Lagoas de efluentes

As lagoas de efluentes são áreas onde os líquidos dos sistemas de esgoto são armazenados e submetidos a procedimentos que os manejam (sedimentação, oxidação, evaporação). A base destas lagoas são mormente constituída por materiais impermeáveis, no entanto, permitem uma infiltração equivalente a 10-20mm/d, que dependendo de sua localização pode causar a contaminação dos aquíferos (MILLER & SCALF, (1974) *apud* FOSTER & HIRATA, 1993).

Considerando que as lagoas são depositárias de fontes nitrogenadas e que os compostos são de origem doméstica, ou seja, possivelmente sem a presença de substâncias com maior periculosidade, classificou-se o perigo potencial com base em fatores de fácil determinação – área ocupada pela lagoa (QUADRO 5) –, retirado de FOSTER & HIRATA (1993). A área da lagoa de efluente do município foi calculada no programa AutoCAD2000®.

**Quadro 5** – Classificação dos riscos em potencial das lagoas.

ORIGEM DO EFLUENTE	ÁREA DE LAGOAS (ha)		
	1	1 – 5	> 5
MUNICIPAL			
Somente residencial	Reduzido	Reduzido	Moderado
Residencial e industrial	Reduzido	Moderado	elevado

## CLASSIFICAÇÃO DA PERICULOSIDADE DAS FONTES POTENCIAIS.

### Fontes Dispersas

**Fontes Urbanas** – Considera-se que as áreas portadoras dos maiores riscos estão localizadas nas bordas do município, pois nestes locais onde o sistema de rede de esgoto são relativamente recentes ou mesmo inexistentes (detendo saneamento *in situ*), ou seja, nestas áreas as cargas contaminantes do subsolo podem estar presentes e pelos processos de lixiviação estarem fornecendo cargas de nitrato para as águas subterrâneas. Além da presença do cemitério municipal que possivelmente esteja influenciando na qualidade do aquífero livre. No restante da área urbana considerou-se como potencialmente de moderado risco, por não apresentar fontes potenciais significativamente danosas.

**Fontes Agrícolas:- Cana-de-açúcar** – As características de uso dos fertilizantes e pesticidas:

- Fertilizantes mais usados são as fórmulas o 5-25-25 aplicando 600kg por hectare e 4-18-12 aplicado 833Kg por hectare. A vinhaça é utilizada sem lavagem ou diluição direto na plantação no processo de fertirrigação.
- Os Pesticidas comumente usados são Thiodan® aplicado a 6L/ha diluído numa calda d'água de 200 L/ha. Confidor® aplicado a 400g/ha.

**Impacto dos fertilizantes:** Considerando que o saco de 50 Kg de fertilizantes possui no primeiro caso 5% e no segundo 4% de N, obtém-se a cifra de 2,5 e 2 Kg para os respectivos sacos, então, se para uma carga (NPK) aplicada de 600Kg/ha, necessitar-se-á de 12 sacos no primeiro caso e 16,6 sacos no segundo, gerando uma carga potencial de 30 e 33Kg nitrogênio por Hectare.

Com base no QUADRO 2 e conforme preconizado acima, tem-se que dos elementos analisados apenas o Nitrogênio possui mobilidade (solubilidade) para impactar o aquífero estudado. Pela presença das Usinas de Álcool da região – que suprem a demanda de produção de cana-de-açúcar – nos levam a preconizar que o acúmulo de nitrogênio no subsolo tende permanecer, mantendo abastecida as cargas de NO<sub>3</sub> no subsolo. Os efeitos e potencialidades de contaminação da vinhaça (produto gerado durante a produção do álcool, rica em matéria orgânica-nitrogênio) são altos, principalmente na forma como esta sendo aplicada na área (despejo direto, sem lavagem ou diluição).

**Impacto dos pesticidas:** Na classificação dos pesticidas – com base na QUADRO 3 – observa-se pela composição encontrada no catálogo de informações do produto Thiodan® pertence ao grupo químico dos não-iônicos Tiocarbamatos, e para o produto Confidor® o grupo dos não-iônicos Hidrocarbonetos clorados. Devido as suas características estes dois apresentam baixa periculosidade aos aquíferos.

Apesar das diferenças de potencialidades de contaminação entre os dois fatores considerados (fertilizantes e pesticidas), adotou-se considerar a fonte de maior potencialidade como preponderante na determinação do risco, no caso o uso dos fertilizantes e da vinhaça, já que casos de poluição pelo plantio de cana-de-açúcar já foram observados e documentados. Convencionou-se então, classificar a ocupação pelo plantio de cana-de-açúcar como uma área de carga potencialmente alta à contaminação das águas subterrâneas.

**Milho** – Características:

- Fertilizante comumente usado 8-28-16.
- Pesticida Match® 300ml/ha.

**Impacto dos Fertilizantes** - Considerando um saco de 50 kg tem-se 4kg de Nitrogênio, 14kg de Fósforo, 8kg de Potássio. No caso do milho não foi possível obter informações a respeito da quantidade aplicada por hectare, para isso recorreu-se para os padrões estabelecidos de IAC (Instituto Agrônomo de Campinas, 1998), onde se determina a quantidade ideal de aplicação para NPK nas culturas cultiváveis em solo nacional. Para a cultura do milho, adota-se a aplicação de 375 kg de NPK por hectare. Assim, há a necessidade de 7,5 sacos de 50 kg para suprir a necessidade de fertilização do solo para o cultivo do milho, ou seja, 30kg de Nitrogênio são aplicados por hectare, da mesma forma que 105 kg para Fósforo e 60 kg para Potássio.

Existe então a mesma quantidade de nitrogênio, em relação à cana-de-açúcar e com isso pode-se dizer que a periculosidade nesta área (em relação ao nitrogênio) é a mesma, no sentido que o ambiente físico (geologia, solo, relevo) detém as mesmas características, sendo passível de ocorrer processos de lixiviação semelhantes aos ocorridos no plantio da cana. Os outros constituintes da fórmula (Fósforo e Potássio), detêm características que os tornam potencialmente de baixo risco.

**Impacto dos Pesticidas** – Para a caracterização do produto utilizado nesta cultura, recorreu-se a bibliografias que possibilitasse o conhecimento das características do grupo químico do pesticida usado (Match®). Portanto, recorreu-se aos estudos realizados por CARVALHO et. al. (2002) onde foi analisados os efeitos da persistência dos inseticidas na cultura do tomateiro. Neste avaliou-se as características dos ingredientes ativos dos produtos utilizados e dentre eles estavam o mesmo pesticida usado no plantio de milho do presente estudo (Match®), apresentando o ingrediente ativo Lufenuron do grupo químico Aciluréias. Naquele estudo este foi classificado como sendo pouco persistente apresentando vida curta (5-15 dias), não proporcionando, neste aspecto, riscos potenciais consideráveis ao aquífero.

**Considerações** - Pelas considerações explicitadas acima se decidiu classificar as áreas ocupadas por plantação de milho como sendo de alto risco. Apesar dos pesticidas inserindo cargas pouco persistentes, as nitrogenadas que estão sendo aplicadas na superfície detêm características de grande mobilidade e persistência.

**Soja** – Características:

- Fertilizante comumente 0-20-20.
- Pesticida Match®, doses de 150 a 300 ml/ha; Thiodan® com dosagem variáveis de 350 á 525 g/ha (floculado) ou 0,5 á 1,5 l/ha dependendo do tipo de pragas a se controlar, diluído numa calda d'água variando de 100 á 250 l/há, o mesmo acontecendo com o pesticida Tamarom® variando de 500 á 750ml diluído em 200 á 300 l/há.

*Impactos dos Fertilizantes* – Dentro da perspectiva, o composto NPK usado para a soja, ao contrário das outras culturas, não utiliza significativas concentrações de compostos nitrogenados, chegando a ser, como no caso, inexistente. Apresentando em um saco de 50kg nenhuma proporção de N, 10kg de Fósforo e 10 kg de Potássio.

*Impactos dos Pesticidas* – Os dois pesticidas mais comumente utilizados nesse tipo de cultura são os mesmos utilizados para a plantação de milho e cana, portanto já foram devidamente descritos acima.

A ocupação agrícola da soja não apresenta riscos imediatos á poluição, já que é alheio a compostos nitrogenados na fertilização e de produtos móveis e persistentes na aplicação de pesticidas. No entanto, seguirá-se uma tendência prudente adotando a área com sendo de risco moderado, pelo fato, de possíveis aplicações com produtos não comumente utilizáveis no plantio da soja.

#### **Laranja e Manga** – Características:

- Fertilizante comumente usados: sem informações.
- Pesticidas comumente usados: sem informações.

*Impacto dos Fertilizantes* – Para essas culturas não foi possível obter-se as características dos fertilizantes usados na área, pelo fato da compra destes produtos não serem feitas no comércio municipal, além do que a casa da agricultura não detém essas informações. No entanto, obteve-se informações das fórmulas NPK mais utilizadas para essas culturas. O fertilizante para a laranja de acordo com AGROBYTE (2004) \* é o 14-04-07 – 7 kg de N, 2 Kg de P e 3,5Kg de K para o saco de 50Kg. Aplicação destes elementos nesta cultura é feita diferentemente das outras, sendo feita por pé de laranja plantado e não espacialmente. Em uma planta adulta (4º ano) recomenda-se a aplicação de 300g de N, 100 a 300g de P e 70 a 200g de K (IAC, 1998).

Para a cultura de manga não foi conseguida informação referente a formula NPK utilizada, no entanto, obteve-se a quantidade aplicável deste por hectare, sendo 10 a 40kg/ha de N, 10 a 60kg/hab de P e 10 a 80kg de K. Nota-se que a variedade quantitativa de aplicação dos compostos dificulta a interpretação das cargas impostas em superfície, não possibilitando a precisão da quantidade aplicada numa área, variando em dependência das diferentes condições agrícola (solo, clima etc) de uma região.

---

\* <http://www.agrobyte.com.br/laranja.htm>

**Impacto dos pesticidas** – A caracterização dos pesticidas dessas culturas foi comprometida pelos mesmos motivos dos fertilizantes, ou seja, as compras desses produtos não são feitas no município de Pereira Barreto, portanto não sendo possível caracterizar de forma precisa qual o tipo de produto normalmente usado nestas plantações.

Para a classificação da periculosidade usou-se da comparação com as outras fontes de nitrogênio encontrados na área, considerando a relativa homogeneidade física da área (solo, relevo, clima etc).

Assim, para a realização do plantio da laranja recomenda-se (IAC, 1998) que o espaçamento das plantas sejam de 7 x 5m, ou seja, cada planta ocupa um espaço de 35m<sup>2</sup>. Nestas condições haveria cerca 285 pés de laranja por hectare (10 Km<sup>2</sup>). Portanto, se as cargas nitrogenadas idealmente exigidas são de 300g por pé plantado, os 285 pés gerarão uma carga potencial de 85kg de nitrogênio por hectare. Esta cifra se torna 2,83 vezes maior que as cargas aplicadas no plantio de cana e milho, caracterizando assim como de alto risco á contaminação.

Nessa perspectiva, o plantio de manga também se torna uma área potencialmente de risco, no sentido que produz cargas de nitrogênio similares aos plantios de cana e milho, classificando-se como de alto risco, considerando ainda, o não conhecimento das características dos pesticidas utilizados (podendo estes conter substâncias químicas de alta mobilidade e persistência).

**Capim Colonião** – Não se obteve informações para o risco potencial que esta forma de utilização agrícola oferece aos aquíferos, pelo fato de que as informações referente a forma e manejo não são de conhecimento da casa da agricultura do município e não são apresentadas pelo IAC (1998), aliado que os proprietários não serem residentes no município, não obtendo informações sobre a sua periculosidade.

### **Fontes Pontuais**

**Resíduos Sólidos e Lagoas de Efluentes** - De acordo com IBGE (censu 2000) a população residente no município de Pereira Barreto é de 25.028 habitantes. Aplicando o método de estimação da carga de lixo produzida por habitante (0,4kg/hab/dia) chega-se a cifra de 10 toneladas de resíduos que vão ser depositados no Lixão diariamente. Pela estimação realizada pela CETESB (1977) este produzirá 100kg de nitrogênio por dia (1% do total de lixo).

Com base na QUADRO 3 onde ocorre a correlação pluviosidade e origem do resíduo, classifica-se a área de disposição como perigo moderado. Relacionando os dois fatores considerados, classificou-se a área de disposição de resíduos sólidos do município como sendo

potencialmente de alto risco, pelo fato das já faladas tendências de superestimação das potencialidades de contaminação.

**Lagoa de Efluentes** - Com base no QUADRO 5 classificou-se a lagoa de efluentes do município como sendo de baixo risco, devido as características dos efluentes que apresentam teoricamente compostos químicos de baixa periculosidade e área espacialmente pequena – 0,00082ha.

## MAPA DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO

Após o estabelecimento do risco que as cargas potencialmente poluidoras oferecem ao aquífero, foi estabelecida a relação já descrita entre vulnerabilidade natural e o risco da carga potencial, culminando na fixação das classes de risco potencial espacializados cartograficamente no mapa final de risco. Esta relação foi feita conforme proposto pela metodologia GOD, com o base na lógica apresentada pelo QUADRO 1.

Considerando que a área preponderantemente é ausente de baixas classes de vulnerabilidade, ou seja, pelos seus naturais aspectos físicos o aquífero já possui baixo poder de absorção de cargas contaminantes impostas, aliado ao fato de que a área apresenta formas de ocupação que representam altos potenciais de contaminação e que o mapa final do risco resulta dessa interação, considera-se que as formas e localizações das áreas de risco condizem com essa lógica.

Assim, as áreas onde estão localizadas as fontes de contaminação são as que possuem maior densidade de áreas com alto risco, com as delimitações condizentes com os limites das áreas agrícolas cultivadas e da área urbana (porção oeste). Em contrapartida onde a utilização agrícola por culturas cultiváveis não é preponderante sendo a produção pecuária a dominante (porção leste) encontra-se apenas uma pequena área com alta classe de risco, onde está localizada uma pequena área com plantio de milho.

Pela confecção do mapa de risco pôde-se perceber que a maioria das áreas com altos riscos a contaminação estão localizados em áreas de recargas. Cabe lembrar que estas são áreas de abastecimento dos aquíferos, portanto se este for feito com água contaminada por compostos móveis e persistentes, a probabilidade desta atingir longas áreas são maiores. Dentro desta perspectiva, destacam-se as áreas agrícolas de plantio de cana, onde é significativa a carga de compostos que gerarão o  $\text{NO}_3$  (fertilizantes, vinhaças etc). Outra área que se pode considerar como de alto risco pela sua localização são as com plantio de laranja – a oeste da área urbana –, que, além de estar localizado em zona de recarga, a grande quantidade de nitrogênio aplicado (IAC, 1998) em sua produção gera acúmulos de nitrogênio no solo.

As áreas de disposição de resíduos (Lixão, classificado como classe alta de risco) apesar de estar localizado numa área de recarga, lembra-se que a presença do Canal Artificial, de acordo com o IPT (1992), influi na direção do fluxo subterrâneo atraindo-o para si – principalmente perto de suas bordas –, assim as cargas nitrogenadas geradas pelo Lixão e pela plantio de milho (norte da área urbana) que estejam atingindo o aquífero se diluem nas águas superficiais do Canal. No entanto, com exceção dessas áreas, as outras com alto risco que produzem cargas de nitrogênio, podem já estar influenciando qualitativamente no aquífero e este pode estar sendo usado como fonte de abastecimento d'água para as propriedades agrícolas que se encontram nas zonas de descarga, que, dependendo da quantidade contaminante encontrada pode estar influenciando na saúde das pessoas que a consomem.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados apresentados no presente trabalho apresentam uma desestruturação, apresentando áreas de alto risco causados, tanto pela forma de ocupação humana, quanto pelo grau de vulnerabilidade que o ambiente detém em relação á contaminação do aquífero livre, destacando que este último foi alterado na área devido a implantação da UHE de Três Irmãos e sua represa que alterou para níveis menos profundos a superfície freática do referido aquífero.

Assim, pela caracterização das fontes contaminantes encontradas na área, estabeleceu-se cartograficamente as áreas de maiores riscos a contaminação, ficando nítido a influência da ocupação nesta delimitação, já que apenas nas áreas onde a ocupação agrícola é significativa encontra-se áreas de moderado e alto risco, com destaque para a plantação de cana-de-açúcar e laranja, sendo no primeiro a utilização de compostos nitrogenados para fertilização e da vinhaça transparece uma fonte de compostos perigosos para as águas subterrâneas; já na laranja esta constatação relaciona-se a grande carga de compostos nitrogenados (2,83 vezes maior que a da cana-de-açúcar).

Demonstrada o grau de influência negativa que a ocupação humana pode gerar aos recursos hídricos subterrâneos, convém agora estabelecer através de órgãos de fomento, restrições quanto a forma de uso e ocupação da superfície considerando os recursos subjacentes, com objetivos conservacionistas para que estes possam ser utilizados de forma sustentável.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] CARVALHO, G. A., REIS, P. R., MORAES, J. C., FUINI, L. C., ROCHA, L. C., GOUSSAIN, M. M. *Efeitos de Alguns Inseticidas Utilizados na cultura do Tomateiro (Lycopersicon*

*esculentum* Mill.) A *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae).

- [2] FOSTER, S. & HIRATA R. C., Determinação de risco de contaminação das águas subterrâneas. Uma metodologia embasada em dados existentes. Instituto Geológico, São Paulo, 1993.
- [3] GARCIA JUNIOR, W. *Plano de Desenvolvimento Municipal*. Prefeitura Municipal de Pereira Barreto, Casa da Lavoura, Pereira Barreto, 2001.
- [4] GOMES, R. D., ESPÍNDOLA, C. R., YOSHINAGA PEREIRA, S. *Mapeamento da vulnerabilidade do Aquífero Livre do Município de Pereira Barreto/SP*. Congresso Brasileiro de Geógrafos, Goiânia (Inédito).
- [5] HIRATA, R. C. A. *Fundamentos e Estratégias de Proteção e Controle da Qualidade das Águas Subterrâneas. Estudo de Casos no Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 1994.
- [6] Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). *Boletim 200, Instruções Agrícolas para as Principais Culturas Econômicas*. Instituto Agrônomo, Campinas, 1998.
- [7] IPT - Instituto Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. *Avaliação do efeito do enchimento do reservatório da barragem de Três Irmãos sobre o nível freático na área da cidade de Pereira Barreto – 2ª Fase*. Relatório nº27789, Volume I, 1989.
- [8] IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo. *Modelagem numérica tridimensional do fluxo subterrâneo na cidade de Pereira Barreto – Primeira Versão*. Relatório nº29995, 1992.

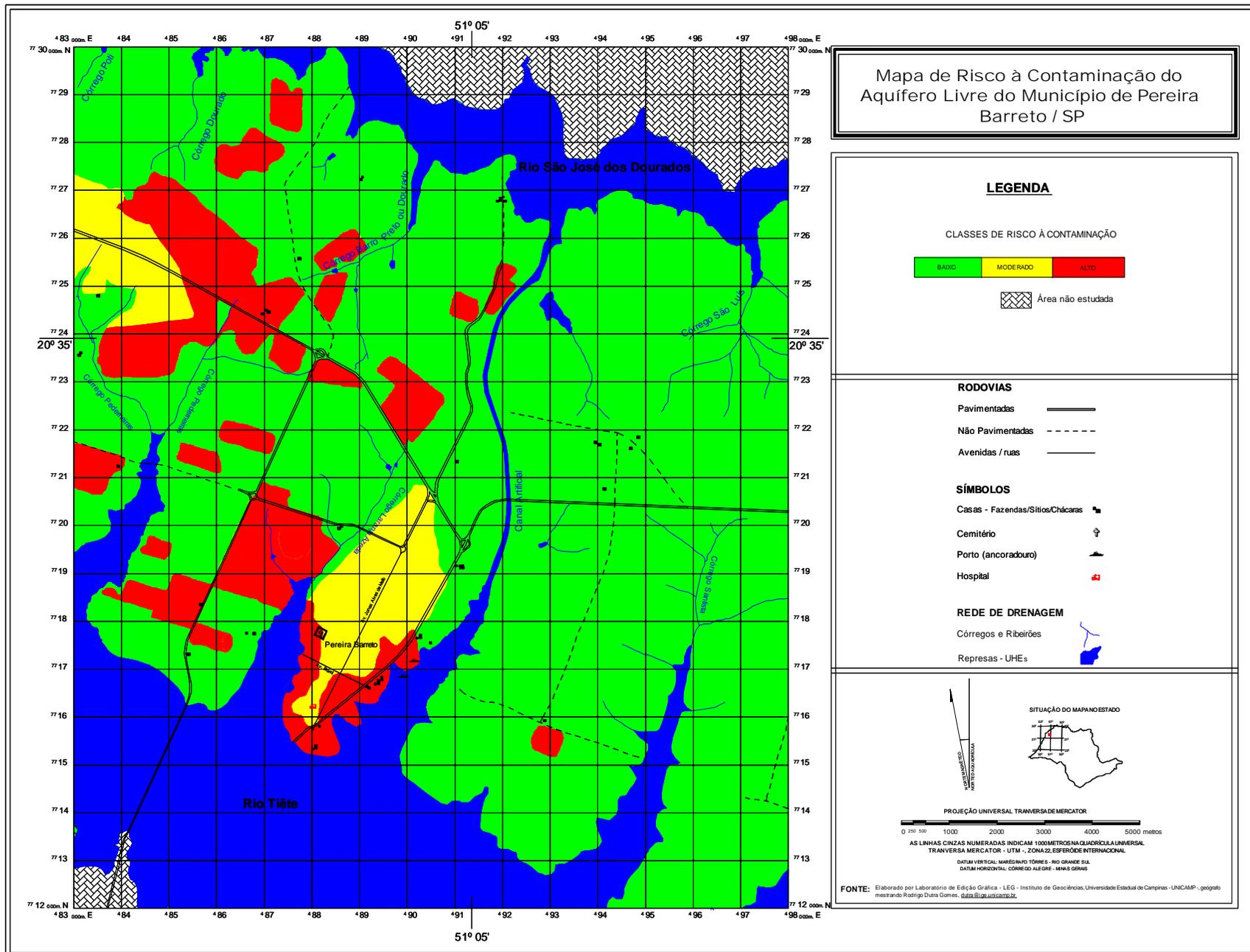


FIGURA 4 - MAPA DE RISCO À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE DE PEREIRA BARRETO/SP