

Aplicação do SIG na determinação do uso do solo em áreas para proteção de poços

Germana Leite Gonzalez Toscano¹

Klissia Magno dos Santos²

Cristiano das Neves Almeida²

Tarciso Cabral da Silva²

¹ Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba – AESA
germanatoscano@gmail.com

² Universidade Federal da Paraíba – UFPB
klissiamagno@hotmail.com
almeida74br@yahoo.com.br
tarcisocabral@yahoo.com.br

Abstract. The increase in urban populations throughout the world has caused serious concerns over the supply of water resources for the care of human needs. The aquifers, especially those that occur in urban areas, are very susceptible to contamination or pollution due to the concentration of activities incompatible with the areas that should receive restriction on land use. Groundwater protection can be implemented by zoning to regulate land use activities in the immediate area of the supply wells. Barbosa (2007) defined the perimeters of protection of public wells in the city of Joao Pessoa through the method of Calculated Fixed Ray, that was adopted in Portugal specific legislation. The aim of this research was examining the of the land use in the protected perimeters of captions of groundwater for the public supply in the city of Joao Pessoa, using a Geographic Information System (GIS). From the perimeters of protection already defined through field visits, and observation of the satellite image, was made the study of land use of their internal areas mainly on the existing infrastructure of basic sanitation to those activities that should have some restriction of use. It was noted the exercise of activities prohibited or constrained in the areas that should be protected. The research done has demonstrated the need to put order in activities potentially polluting the groundwater. It tries to contribute as a useful tool for building a policy for the planning of activities in urban land.

Palavras-chave: Groundwater, land use in wellhead protection areas, Geographic Information System

1. Introdução

O aumento das populações urbanas em todo o mundo tem causado grandes preocupações quanto à oferta de recursos hídricos para o seu suprimento. De fato, a atividade humana no ambiente urbano tem sido vista como incompatível com a proteção e preservação dos sistemas naturais. Neste sentido, a provisão de sistemas de saneamento básico, compreendendo os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2007), é requerimento chave para a salubridade ambiental urbana.

Os aquíferos, em especial as ocorrências no meio urbano, são bastante susceptíveis de contaminação ou poluição devido à concentração de atividades incompatíveis com as áreas que deveriam receber restrição de uso do solo, devido às possíveis infiltrações nas zonas de captações de poços. A ausência de controle das atividades nas zonas de influência dos poços poderá comprometer os aquíferos em termos qualitativos e quantitativos.

Os projetos de proteção de poços são essenciais para a otimização de sistemas de abastecimento d'água urbanos no que concerne aos programas de prevenção de contaminação ou poluição de mananciais subterrâneos. O estabelecimento de programas de zoneamento para a proteção de aquíferos contribuintes aos poços de exploração é necessário como forma de regulamentar a construção de poços em locais mais susceptíveis à contaminação dos mananciais subterrâneos.

A pesquisa relatada neste artigo aborda o uso do solo nas áreas de proteção dos poços de abastecimento público da cidade de João Pessoa. Foram adotados como perímetros de proteção aqueles delimitados por Barbosa (2007) a partir do Método do Raio Fixo Calculado que divide a área de proteção em três zonas: Zona de Proteção Imediata, Zona de Proteção Intermediária e Zona de Proteção Alargada. Foram levantadas atividades potencialmente poluidoras previstas no Decreto –Lei português N° 382/99 (Portugal, 1999), que norteou esta pesquisa, além dos mananciais de superfície inseridos nas áreas. Foram levantadas também as infra-estruturas influentes na área como existência de pavimentação, redes de esgotamento, abastecimento d’água, coleta de lixo, e drenagem que levaram a um diagnóstico de utilidade para os gestores ambientais urbanos.

O uso do Sistema de Informações Geográficas mostrou-se ferramenta indispensável na localização destas atividades em relação às zonas de proteção.

2. Metodologia

O Decreto-Lei Português nº 382/99, que trata da delimitação de áreas de proteção de águas subterrâneas, apresenta uma lista de atividades que devem ser condicionadas ou proibidas.

Tais atividades deverão ser proibidas ou restringidas de acordo com o seu potencial de contaminação e a zona de proteção na qual estão inseridas como é mostrada no Quadro 1.

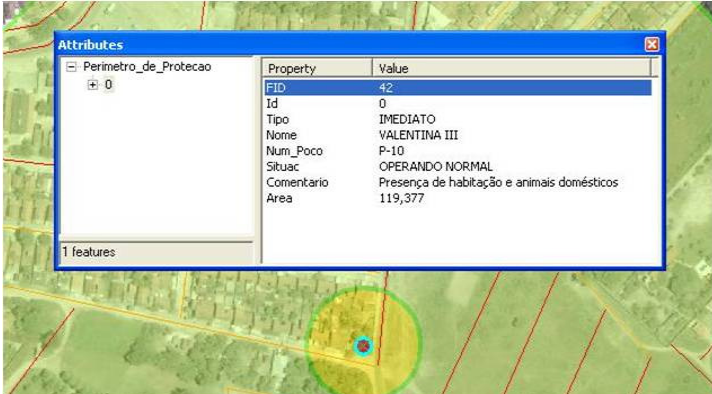
Como base para alimentação do Sistema de Informações Geográficas – SIG, foram utilizados dados disponibilizados de ruas, quadras e bairros em *shapes* pela Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP para a Universidade Federal da Paraíba – UFPB e de imagens de satélite em PDF também disponibilizados pela PMJP no seu *site*.

Entre os meses de junho e outubro de 2007 foram realizadas visitas a campo percorrendo todas as ruas inseridas nos perímetros para a coleta de informações sobre a infra-estrutura e atividades potencialmente poluidoras existentes. Os mapas plotados com os perímetros de proteção já delimitados, poços e infra-estrutura viária foram usados como base de orientação e anotações.

Sobre a infra-estrutura foram consideradas a existência de abastecimento d’água, rede coletora de esgotos (em funcionamento ou não), coleta de lixo e drenagem. Foram também registrados os tipos de uso das ruas: residencial, comercial e comercial e residencial.

O primeiro passo foi a alimentação do sistema com base de João Pessoa em shapefiles. Em seguida as imagens disponibilizadas em formato .PDF, transformadas para o formato .TIFF, foram adicionadas e georreferenciadas. As imagens provenientes do GoogleEarth também foram salvas como imagem e posteriormente georreferenciadas. Estas últimas imagens correspondem à área do município de Bayeux inserida em um dos perímetros.

Os perímetros de proteção que estavam no formato .dwg foram transformados para o formato shapefile do tipo polígono. Cada perímetro foi associado a um registro do banco de dados com as seguintes informações: Tipo de polígono, Nome do poço, número do poço, Situação (abandonado, a recuperar, desativado, standby, operando normal), comentário e área (Figura 1), esta última



Property	Value
FID	42
Id	0
Tipo	IMEDIATO
Nome	VALENTINA III
Num_Poco	P-10
Situac	OPERANDO NORMAL
Comentario	Presença de habitação e animais domésticos
Area	119,377

Figura 1 Tabela com dados referentes aos perímetros de proteção

Quadro 1 - Atividades a serem proibidas ou condicionadas de acordo com o Decreto-Lei português
Nº 382/99

ITEM	ATIVIDADES	ZONA DE PROTEÇÃO IMEDIATA	ZONA DE PROTEÇÃO INTERMEDIÁRIA	ZONA DE PROTEÇÃO ALARGADA
1	Pastoreio	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
2	Usos agrícolas e pecuários	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
3	Aplicação de pesticidas móveis e persistentes na água ou que formem substâncias tóxicas, persistentes ou bioacumuláveis	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
4	Edificações	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
5	Estradas e caminhos de ferro	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
6	Parques de campismo	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
7	Espaços destinados a práticas desportivas	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
8	Estações de tratamento de águas residuais	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
9	Coletores de águas residuais	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
10	Fossas de esgoto	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
11	Unidades industriais	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
12	Cemitérios	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
13	Pedreiras ou escavações	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
14	Explorações minerais	Proibida	Proibida ou Condicionada	Sem Restrição
15	Lagos e quaisquer obras ou escavações destinadas a recolha e armazenamento de água ou quaisquer substâncias susceptíveis de se infiltrarem	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
16	Depósitos de sucata	Proibida	Proibida ou Condicionada	Proibida ou Condicionada
17	Infra-estruturas aeronáuticas	Proibida	Proibida	Proibida ou Condicionada
18	Oficinas e estações de serviço de automóveis;	Proibida	Proibida	Proibida ou Condicionada
19	Postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis	Proibida	Proibida	Proibida ou Condicionada
20	Depósitos de materiais radiativos, de hidrocarbonetos e de resíduos perigosos	Proibida	Proibida	Proibida
21	Transporte de hidrocarbonetos, de materiais radiativos ou de outras substâncias perigosas	Proibida	Proibida	Proibida
22	Canalizações de produtos tóxicos	Proibida	Proibida	Proibida
23	Lixeiras e aterros sanitários	Proibida	Proibida	Proibida
24	Refinarias e indústrias químicas	Proibida	Proibida	Proibida
25	Qualquer instalação ou atividade, com exceção das que têm por finalidade a conservação, manutenção e melhor exploração da captação.	Proibida	Sem Restrição	Sem Restrição

calculada através do SIG.

Para cada tipo de perímetro de proteção de poço, alargado, intermediário e imediato foram associadas as cores verde, amarela e vermelha respectivamente, anteriormente adotadas na pesquisa elaborada por BARBOSA (2007). Cada cor possui transparência que permite a visualização da imagem de satélite.

De posse das áreas delimitadas pelos perímetros de proteção foram realizadas visitas de campo para coleta das informações sobre infra-estrutura e atividades potencialmente poluidoras.

Cada atividade encontrada foi adicionada ao SIG associada a um registro do banco de dados com informações sobre a atividade, o número do poço cujo perímetro a mesma está inserida, observações, a convenção segundo o Quadro 1, a convenção que aparecerá nos rótulos de texto, as restrições para cada perímetro e a descrição da atividade segundo o mesmo decreto (Figura 2).

O SIG utilizado foi o ARCGIS 9.2 da Esri®

ID	Shape	M	Atividade	Num_po	Observacao	Conv	CONV LEI	PP IMEDIA	PP INTERM	PP ALARG	LEG PORT
0	Point	0	Cemitério	P-28		12	P3-12-PC			Proibida ou Condicionada	Cemitérios
1	Point	0	ETA CAGEPA	P-01		29			Não Previsto		Não Previsto
2	Point	0	Uso agrícola e pec	P_02		2				Sem Restrição	Usos agrícolas e pecuários
3	Point	0	Clínica Médica	P_02	Laboratório de Patógenos	27				Sem Restrição	Não Previsto
4	Point	0	Posto de gasolina	P_02	em construção	19	P3-19-PC			Proibida ou Condicionada	Postos de abastecimento e áreas de serviço de com
5	Point	0	Sucata	P_02		17	P3-17-PC			Proibida ou Condicionada	Depósitos de sucata
6	Point	0	Borracharia	P_02		18	P2-18-P		Proibida		Oficinas e estações de serviço de automóveis
7	Point	0	Clínica Médica	P_02	Pronto Socorro Fratura	27				Sem Restrição	Não Previsto
8	Point	0	Clínica Médica	P_02	Clínica São Lucas	27				Sem Restrição	Não Previsto
9	Point	0	Hospital	P_02	Hospital e Maternidade	27				Sem Restrição	Não previsto
10	Point	0	Posto de gasolina	P_02		19	P3-19-PC			Proibida ou Condicionada	Postos de abastecimento e áreas de serviço de com
11	Point	0	Posto de gasolina	P_03		19	P2-19-P		Proibida		Postos de abastecimento e áreas de serviço de com
12	Point	0	Sucata	P-03		17	P3-17-PC			Proibida ou Condicionada	Depósitos de sucata
13	Point	0	Sucata	P-03		17	P3-17-PC			Proibida ou Condicionada	Depósitos de sucata
14	Point	0	Oficina de Automóveis	P-03		18	P3-18-PC			Proibida ou Condicionada	Oficinas e estações de serviço de automóveis
15	Point	0	Borracharia	P-03	Borracharia na calçada	18	P2-18-P		Proibida		Oficinas e estações de serviço de automóveis
16	Point	0	Clínica Médica	P-16	Laboratório de análise	27				Sem Restrição	Não Previsto
17	Point	0	Oficina de Automóveis	P-16	Pintura	18	P3-18-PC			Proibida ou Condicionada	Oficinas e estações de serviço de automóveis
18	Point	0	Lavanderia e Tinturaria	P-16		20	P3-20-P			Proibida	Depósitos de materiais radioativos, de hidrocarbono
19	Point	0	Oficina de Automóveis	P-16	Oficina e Lavajato	18	P3-18-PC			Proibida ou Condicionada	Oficinas e estações de serviço de automóveis
20	Point	0	Uso agrícola e pec	P-15	Presença de lixo, suca	2				Sem Restrição	Usos agrícolas e pecuários
21	Point	0	Lixão	P-16	Local de lançamento d	23	P3-23-P			Proibida	Lixeiros e aterros sanitários
22	Point	0	Sucata	P_11		17	P3-17-PC			Proibida ou Condicionada	Depósitos de sucata
23	Point	0	Oficina de Automóveis	P_10		18	P3-18-PC			Proibida ou Condicionada	Oficinas e estações de serviço de automóveis;
24	Point	0	Indústria	P_13	CERAMICA ELIZABETH	11				Sem Restrição	Unidades industriais

Figura 2 - Apresentação do banco de dados sobre as atividades existentes dentro dos perímetros de proteção

As atividades podem ser visualizadas no SIG através de rótulos de texto onde são classificadas de acordo com o tipo de perímetro de proteção no qual as mesmas estão localizadas, o tipo da atividade de acordo com o Quadro 1 e sua condição quanto à restrição (proibida ou condicionada) (Figura 3). Só são apresentadas aquelas atividades que possuem algum tipo de restrição para aquele perímetro. Aquelas existentes, porém sem restrição quanto à sua localização, estão adicionadas ao SIG, mas não foram consideradas neste estudo.

O levantamento da infra-estrutura foi tomado por ruas que foram associadas a registros do banco de dados de acordo com os seguintes campos: nome da rua, bairro, pavimentação (pavimentada e não pavimentada), rede de coleta de esgotos, abastecimento de água, coleta de lixo, drenagem, uso do solo (residencial, comercial/residencial, comercial) e extensão (calculada com o uso do SIG).

Os corpos d'água superficiais foram classificados como: não poluído, poluído (baseados na existência de pontos de coleta que comprovam ou não sua poluição) provavelmente poluído ou provavelmente não poluído, (no seu aspecto visual).

Para a análise dos dados alimentados no SIG foram realizadas várias consultas espaciais que permitiram o cruzamento de informações.

A extensão de cada trecho foi calculada através do SIG e transportada por perímetro para planilhas Excel®, que alimentaram tabelas com resultados dos valores totais das

características das ruas e respectivas percentagens a respeito de pavimentação, abastecimento d'água, rede coletora de esgoto, coleta de lixo e uso do solo.

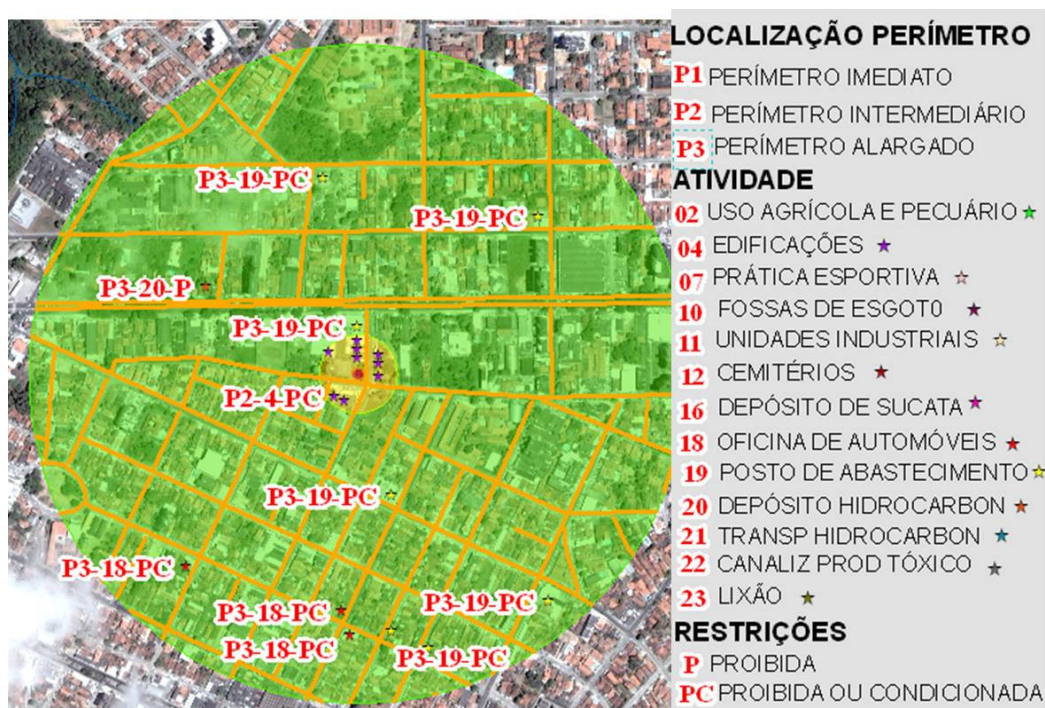


Figura 3- Convenção da localização das atividades quanto ao tipo de perímetro de proteção, do seu tipo e das restrições de uso.

3. Resultados e Discussões

Os trinta perímetros de proteção analisados apresentaram características diversas com respeito da infra-estrutura existente e das atividades desenvolvidas que possuíam restrições de uso de acordo com a legislação que norteou todo este estudo.

A situação operacional destes poços também é diferente (Figura 4):

- Dezesseis poços estão operando normalmente;
- Dois poços estão em *stand by*;
- Dez poços estão inativos;
- Um poço está desativado;
- Um poço teve sua área de instalações invadida.

A seguir os resultados encontrados são apresentados de acordo com a situação de operação dos mesmos.

3.1. Poços operando normalmente

Constata-se que todos os perímetros de proteção possuem abastecimento de água e coleta de lixo.

Seis perímetros de proteção são atendidos na sua totalidade por rede coletora de esgoto, e seis têm atendimento parcial. Os demais perímetros de proteção não são atendidos por rede coletora de esgoto. A ausência de rede coletora de esgotos implica na necessidade de uso de fossas que devem ser proibidas ou condicionadas nos perímetros de proteção alargado e intermediário e proibida no perímetro de proteção imediato.

Todos os perímetros, com exceção de dois, têm edificações no perímetro de proteção intermediário, onde as mesmas devem ser proibidas ou condicionadas. Quanto ao perímetro de proteção imediato, onde tais atividades devem ser proibidas, são encontradas quatro edificações em dois perímetros de proteção.

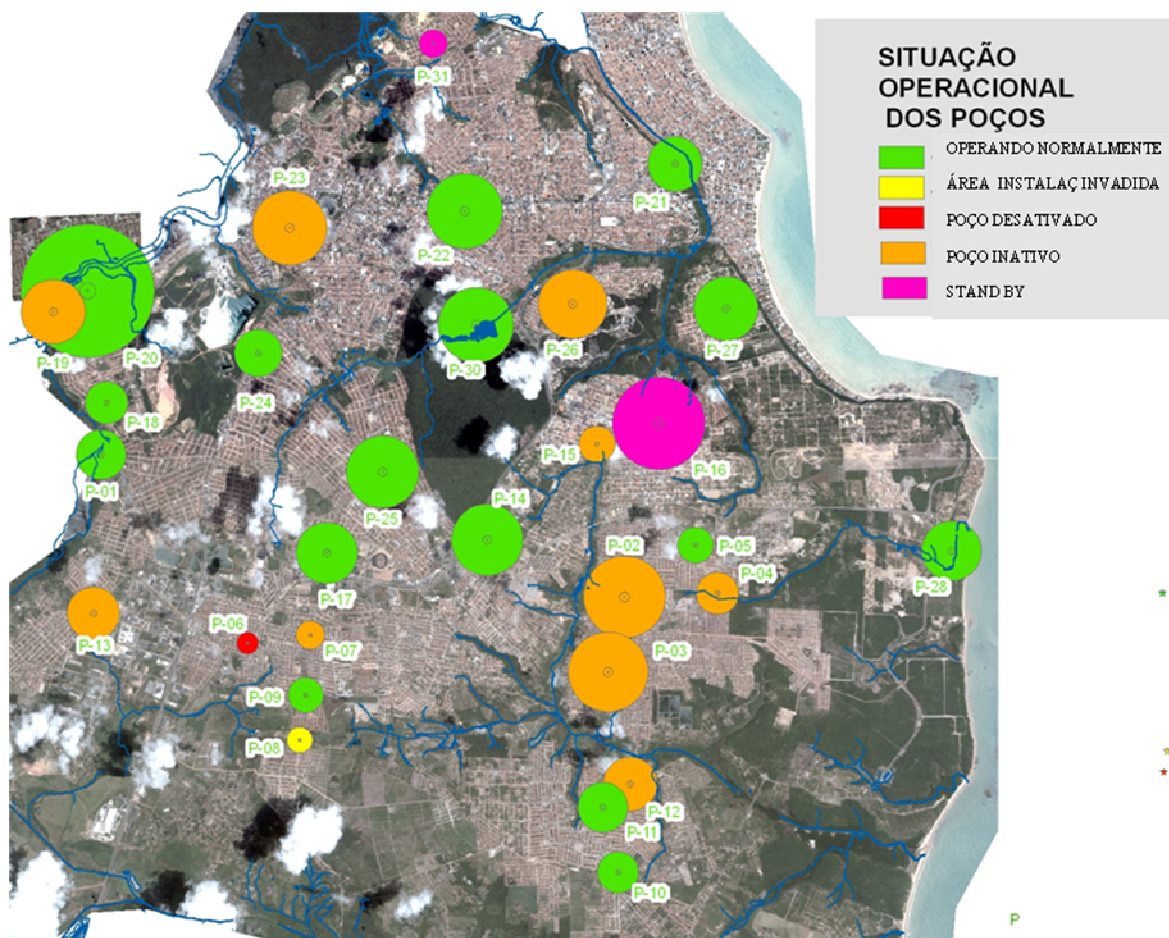


Figura 3- Situação dos poços de acordo com a sua operacionalização

Neste grupo de estudo, 14 oficinas e estações de serviço de automóveis foram encontradas no perímetro de proteção alargado, local onde devem ser proibidas ou condicionadas, distribuídas em seis perímetros de proteção de poços.

Os postos de abastecimento e áreas de serviço de combustíveis são encontrados em seis perímetros de proteção alargado de poços num total de 14 unidades. Estas atividades devem ser proibidos ou condicionados segundo a sua localização. No perímetro de proteção intermediário de um poço, foi constatada a presença desta atividade, que deve ser proibida nesta zona, de acordo com a legislação portuguesa.

Os depósitos de sucata estão presentes nos perímetros de proteção alargado de três poços. Nesta zona estas atividades devem ser proibidas ou condicionadas ou proibidas.

Uma tinturaria e um cemitério estão inseridos nos perímetros de proteção alargado dos poços. Segundo a legislação a primeira deve ser proibida e a segunda proibida ou condicionada.

O grande fluxo de automóveis com ênfase para os caminhões que transportam cargas perigosas, principalmente combustíveis, pode causar contaminação do subsolo em caso de acidentes e derramamento da substância. Esta atividade ocorre nos perímetros de proteção de três poços.

A poluição dos rios foi considerada nesta pesquisa apesar de não o ser na legislação portuguesa, devido sua influência sobre as águas subterrâneas, principalmente na possibilidade do rio ser influente, uma realidade local que não pode ser esquecida. Neste contexto, existem dois rios que são poluídos e outro provavelmente poluído.

3.2. Poços em *Stand By*

O abastecimento d'água e a coleta de lixo ocorrem em todos os perímetros de proteção. A rede coletora de esgotos atende a quase totalidade destes dois perímetros de proteção.

No perímetro de proteção intermediário dos dois poços só existem edificações, que devem ser proibidas ou condicionadas. No perímetro de proteção alargado encontram-se duas atividades que devem ser proibidas, um lixão e uma tinturaria. Neste mesmo perímetro localizam-se duas oficinas, atividade que deve ser proibida ou condicionada na área.

3.3. Poços inativos

Todos os perímetros de proteção deste grupo possuem abastecimento d'água e coleta regular de lixo e quatro são totalmente atendidos por rede coletora de esgotos. Dois perímetros possuem apenas uma pequena parcela atendida por rede de esgotos e dois não possuem rede de esgotos.

Em dois perímetros de proteção imediato existem edificações (uma por perímetro) que deve ser proibida. Todos os perímetros intermediários possuem edificações com exceção de um.

Uma oficina e estação de serviço de automóveis (borracharia) é encontrada em um perímetro de proteção imediato e outra no intermediário de outro poço local onde esta atividade deve ser proibida. Também registrou-se a presença de sete oficinas no perímetro de proteção alargado distribuídas em dois poços.

Há um posto de abastecimento que deve ser proibido, pois localiza-se no perímetro de proteção intermediária. Os outros existentes encontram-se em três perímetros de proteção alargados onde devem ser proibidos ou condicionados.

Todos os quatro depósitos de sucata existentes estão no perímetro alargado de três poços. Os rios existentes em dois perímetros de proteção alargado provavelmente estão poluídos e em outro está poluído.

3.4. Poço desativado

A área do seu perímetro de proteção é atendida pelo abastecimento de água e coleta de lixo, mas não possui rede de coleta de esgoto.

No seu perímetro de proteção imediato há uma fossa e no intermediário 10 edificações.

3.5. Poço com área de instalação invadida

Um poço não foi localizado, pois sua área foi invadida e por esta razão seu perímetro não foi levantado.

4. Considerações Finais e Recomendações

A questão da água para abastecimento público a partir de captações de águas subterrâneas tem merecido a atenção dos gestores do setor de saneamento básico apenas no concerne aos aspectos quantitativos. No Brasil, e em particular em diversas cidades litorâneas do Nordeste, têm ocorrido diversos problemas de qualidade de água decorrentes do uso inadequado do solo urbano nas áreas influentes na recarga dos poços de captação de águas subterrâneas.

Baseado no Decreto-Lei português, na ausência de uma legislação nacional ou estadual que adote metodologia para delimitação de áreas de proteção, foram observadas nos perímetros de proteção de poços de abastecimento público do município de João Pessoa algumas atividades que deveriam ser proibidas devido a sua localização.

A espacialização destas atividades dentro dos perímetros de proteção só foi possível com o uso do sistema de Informações Geográficas.

Nestas áreas de proteção, na sua maior parte residencial, foi observada a existência de atividades que deveriam ser proibidas ou condicionadas de acordo com a sua localização em relação ao tipo de perímetro de proteção onde se encontram.

Nos perímetros de proteção imediatos, onde não deve existir nenhuma atividade, foi detectada até a presença de edificações e oficina (borracharia), além da necessidade de limpeza da área em alguns casos. Nos perímetros de proteção intermediários encontram-se postos de combustíveis e uma oficina, usos que deveriam ser proibidos nesta zona. Nos

perímetros de proteção alargados localizam-se indevidamente duas tinturarias, um lixão, e rodovias onde ocorre o transporte de cargas perigosas.

As atividades encontradas nos perímetros de proteção intermediários que deveriam ser proibidas ou condicionadas foram: edificações e ausência de rede coletora de esgoto e o conseqüente uso de fossas sépticas como efluentes finais resíduos domésticos. Já nos perímetros de proteção alargado observou-se a presença de oficinas, postos de combustíveis, depósitos de sucata, um cemitério e a ausência de rede coletora de esgotos em diversas áreas.

O trabalho apresentado nesta pesquisa sobre o uso do solo nas áreas de proteção dos poços de abastecimento público demonstra a necessidade de disciplinamento das atividades potencialmente poluidora das águas subterrâneas e vem contribuir como um instrumento de grande utilidade para a construção de uma política para o disciplinamento das atividades no solo urbano.

Os planos diretores das cidades legislam sobre as políticas de desenvolvimento urbano, no entanto, a regulamentação das áreas de proteção de aquíferos, com destaque para os influentes aos poços de abastecimento público, não é tratada nestes planos. Este trabalho sobre os usos do solo nas áreas de proteção de aquíferos, ainda que com base em legislação estrangeira, remete para a necessidade de se rever os conteúdos dos planos diretores a fim de se contemplar esta importante preocupação.

Espera-se que os gestores públicos dos recursos hídricos realizem ações preventivas visando evitar inadequações futuras com a qualidade das águas subterrâneas, e ações corretivas para controlar a ameaça de contaminação ou poluição representada por atividades passadas e presentes, estabelecendo prioridades realistas e uma implementação eficiente.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei Nº 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 08 jan. 2007.

BARBOSA, L. K. L. **Zoneamento de aquíferos através da delimitação de perímetros de proteção de poços de abastecimento público de água: o caso da cidade de João Pessoa – PB**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

PORTUGAL. Decreto-Lei Nº 382 de 22 de setembro de 1999. Estabelece as normas e os critérios para a delimitação de perímetros de proteção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público. **Diário da República**, Lisboa, 22 de setembro de 1999.