

## Controle e espacialização dos pontos de vazamentos em redes de distribuição de água de áreas urbanas: caso do 3º setor de distribuição de água da Região Metropolitana de Belém

*Control and spatial distribution of leakage points in urban areas water distribution networks: the case of 3 water distribution sector of the metropolitan area of Belém*

Aline Christian Pimentel Almeida Santos, José Almir Rodrigues Pereira  
Universidade Federal do Pará

### Resumo

O artigo demonstra a importância do controle e da espacialização de pontos de ocorrência de vazamentos em redes de distribuição de água em áreas urbanas, utilizando o caso do 3º setor de distribuição de água da Região Metropolitana de Belém. O trabalho foi desenvolvido em quatro etapas. Na etapa 1 foram levantados dados da área de estudo. A etapa 2 foi destinada à construção do banco de dados georreferenciado e à organização das informações cartográficas. Nas etapas 3 e 4 foram realizadas a classificação e o cruzamento dos dados obtidos utilizando Sistema de Informações Geográficas, respectivamente. Entre as informações espacializadas estão: o número de vazamentos por data de ocorrência, por material, por diâmetro da tubulação, por logradouro, por bairro, dentre outros. Durante o período analisado foram detectados 248 vazamentos, sendo possível visualizar o logradouro e o bairro com maior incidência, a localização e o material da tubulação mais propícia a vazamentos, o tempo de duração etc. Com o trabalho foi possível verificar que o registro de dados e cruzamento das informações em SIG é uma alternativa para a atualização, monitoramento das atividades de operação, sendo solução eficaz para o controle de vazamentos em redes de distribuição de água potável.

**Palavras-chave:** Vazamentos. Rede de distribuição de água. Controle. Espacialização. SIG.

### Abstract

The article demonstrates the importance of control and spatial occurrence of leakage points in water distribution networks in urban areas, using the case of 3 of the metropolitan region of Belém water distribution sector. The study was conducted in four stages. In step 1 data was collected from the study area. Step 2 was for the construction of georeferenced database and organization of cartographic information. In steps 3 and 4 were carried out the classification and the crossing of the data obtained using Geographic Information System, respectively. Among the information spatialized are the number of leaks by date of occurrence, for material, pipe diameter, by street, neighborhood by, among others. During the period analyzed were detected 248 leaks, and you can view the street and the neighborhood with the highest incidence, location and the material more conducive pipe leaks, the length of time etc. With the work we found that the data logging and crossing of information in GIS is an alternative to the update, monitoring of operating activities, and effective solution for controlling leaks in distribution networks of drinking water.

**Keywords:** Leaks. Water distribution network. Control. Spatialization. SIG.

## 1 Introdução

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil foram produzidos cerca de 16,12 bilhões de m<sup>3</sup> de água potável em 2013, porém somente o equivalente a 10,18 bilhões de m<sup>3</sup> foram efetivamente faturados. Boa parte dessa água se perde entre as estações de tratamento e a torneira do consumidor final, tendo como principais causas os erros de medição, as fraudes nos hidrômetros, as ligações clandestinas (perdas aparentes), o uso excessivo de água na limpeza de unidades, os vazamentos e as perdas operacionais (BRASIL, 2013).

Como a eficiência na gestão de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) está diretamente ligada à qualidade do atendimento ao usuário e ao equilíbrio financeiro da empresa, quando a gestão não é eficiente pode ocorrer racionamento, falta e perda de água, o que reflete diretamente no faturamento e no aumento das despesas do sistema.

Portanto, no controle do desempenho de SAAs é fundamental a organização das informações dos volumes de água, das despesas de exploração e dos dados comerciais. Segundo dados do SNIS, em 2013, as despesas de exploração das prestadoras de serviços de abrangência regional foram de 60,8% com pessoal, 10,9% com energia elétrica, 3,3% com produto químico, com parte desses dados sendo computados no volume perdido de água (BRASIL, 2013).

Segundo Silva (2005), as perdas na distribuição ocorrem por meio de vazamentos na rede de distribuição e em ramais prediais, além das perdas decorrentes das descargas realizadas para limpeza das tubulações. Geralmente são elevadas, e as ações corretivas são complexas e onerosas.

Não existem, na prática, redes totalmente estanques, pois é inevitável existirem algumas fugas ou extravasamentos. Volumes de perdas reais elevados, mesmo que o valor econômico da água perdida possa ser insuficiente para justificar intervir, merecem das entidades gestoras grande atenção, já que significam que a rede não está em boas condições (ALEGRE, 2009). De acordo com Brasil (2004), entre 70% e 90% das perdas no setor de distribuição ocorrem nos ramais prediais, já as perdas de água são maiores nas tubulações da rede distribuidora.

Tsutiya (2006) recomenda a realização do balanço hídrico no controle de SAAs. Esse procedimento é uma forma estruturada de avaliar os componentes dos fluxos e usos da água no sistema e seus valores absolutos e relativos, além de fundamentar o estabelecimento de diversos indicadores de desempenho utilizados no acompanhamento das ações técnicas, operacionais e empresariais.

Na elaboração do balanço hídrico é importante observar os volumes perdidos de água em cada unidade. Na maioria dos casos, os vazamentos na rede de distribuição de água representam parcela significativa do volume de água perdido no SAA.

De acordo com Silva (2005), o volume perdido de água na rede pública de distribuição é tema complexo e ainda não tratado em profundidade. Esse assunto teve maior relevância a partir de 1999, com a implantação do Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), que a partir do ano de 2003 teve convênio firmado com o ministério das cidades/Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Contudo, os vazamentos nas tubulações de distribuição de água ainda continuam sendo um grande problema na gestão dos SAAs, o que decorre da idade e da qualidade das tubulações, da forma de assentamento da rede, de acidentes eventuais, da profundidade e do tipo de pavimento etc.

Por outro lado, a recuperação do vazamento está ligada a rapidez e precisão com que essa ocorrência é informada, a estrutura interna da equipe de manutenção e as condições do local do vazamento.

Portanto, é essencial a obtenção e o gerenciamento de informações confiáveis, maximizando o potencial de seus benefícios, auxiliando na gestão, reduzindo os custos e facilitando o intercâmbio e a manipulação de dados.

O controle e a recuperação de vazamentos proporcionam melhorias no desempenho econômico da empresa, revertendo tal benefício em tarifas mais baixas para os usuários, na economia na aplicação de recursos no SAA, o que resulta em desempenho gerencial e operacional adequado para o uso racional de água e de energia elétrica.

Nesse contexto, a aplicação de tecnologias que facilitem o gerenciamento e auxiliem na tomada de decisão são recomendadas para o monitoramento e controle do volume perdido de água. Entre essas pode ser citada a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), como alternativa eficaz para o gerenciamento de vazamentos em redes de distribuição de água, já que esse instrumento prioriza a informação, tornando os processos mais rápidos, simples e eficientes.

O SIG é uma das tecnologias do geoprocessamento que proporciona, aos gestores, técnicos e usuários, rapidez e confiabilidade na análise dos dados e informações da área em estudo, reduzindo o tempo e melhorando a qualidade da tomada de decisão.

Essa tecnologia pode ser aplicada no planejamento e cadastros técnicos, com a finalidade de armazenar e relacionar as informações operacionais, cartográficas e descritivas do SAA. Além disso, o uso desse sistema facilita o controle operacional e a manutenção preventiva do SAA, evitando ou reduzindo gastos com serviços de recuperação e de compra de equipamentos, portanto, possibilitando a diminuição do volume perdido de água (SANTOS, 2010).

Em geral, a implantação dessa tecnologia do geoprocessamento na atualização da base cadastral pode possibilitar o aumento da arrecadação, pois permite maior controle do processo e das rotinas de operação e manutenção e, com isso, redução das despesas e aumento do retorno com a comercialização do produto disponibilizado ao consumidor.

Além dos benefícios financeiros, o SIG funciona como uma ferramenta de aumento da eficiência e da eficácia das ações da empresa. Aumenta a eficiência ao permitir decisões mais rápidas e facilita o processamento de informações, e a eficácia, por utilizar uma análise mais abrangente, que normalmente, não é possível com as ferramentas tradicionais. Também permite o desenho mais adequado de políticas públicas, proporcionando melhor qualidade de gestão nos sistemas de infraestrutura.

A utilização de SIG facilita a identificação da localização específica de determinado fenômeno, por exemplo, o local de um vazamento, permitindo o acompanhamento e a análise comparativa desse fenômeno com o de outros espaços. Portanto, o SIG é uma ferramenta informacional adequada para a representação espacial da incidência de vazamentos na rede de distribuição de água, sendo importante no gerenciamento ao disponibilizar resultados mais rápidos e confiáveis, em comparação às formas convencionais de armazenamento e análise de dados.

## 2 Metodologia

A utilização de softwares para vinculação de banco de dados em bases cartográficas é recomendada no controle da incidência de vazamentos em tubos, conexões e registros da rede de distribuição de água.

Nessa aplicação de SIG foi utilizado o software *Arcview* 3.2, da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI), como uma das alternativas para o geoprocessamento desses dados e informações, em razão do seu caráter abrangente, da facilidade de manipulação, da visualização e da análise de dados.

O *Arcview* 3.2 tem uma interface gráfica destinada a integrar dados espaciais e tabulares para sua posterior visualização em mapas, tabelas e gráficos. Possui ferramentas de análise espacial, georreferenciamento, visualização, criação e edição de tabelas e dados geográficos, produção e criação de mapas.

A aplicação do SIG no controle e espacialização de ocorrências de vazamento na rede de distribuição de água foi desenvolvida em quatro etapas, conforme representado na Figura 1.

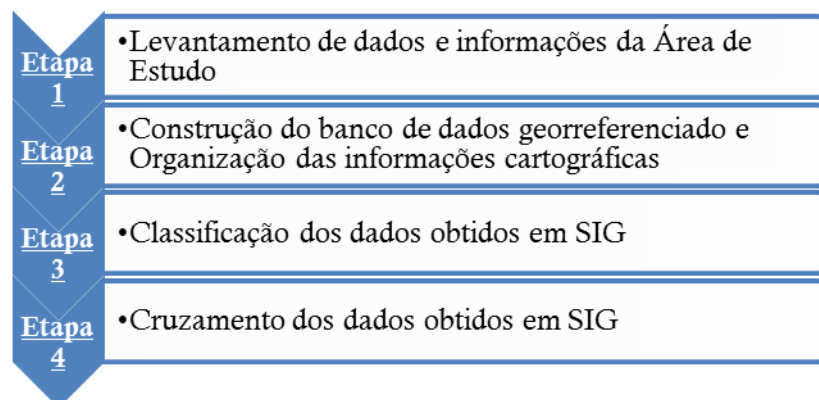


Figura 1 – Etapas da aplicação do SIG no controle e espacialização de ocorrências de vazamento na rede de distribuição de água potável

## 2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o 3º setor de distribuição de água da Região Metropolitana de Belém (RMB). Esse setor é gerenciado pela Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) e está localizado na zona central do município de Belém, estado do Pará, ao norte do Brasil, entre as coordenadas 01°03' e 01°32' de latitude Sul e 48°11' e 48°39' de longitude Oeste de Greenwich.

Segundo dados do Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da RMB, o 3º setor atende a população (89.484 habitantes) residente nos bairros Umarizal, Reduto e Nazaré, tendo área de 453.293 ha (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ, 2006).

O fornecimento de água para o 3º setor é realizado pelo sistema Utinga - São Braz, no qual a água bruta é captada no lago Bolonha, localizado na Área de Proteção Ambiental (APA) de Belém, e tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) São Braz. Em seguida, a água potável é bombeada para armazenamento em reservatório e então distribuída para a rede de distribuição do 3º setor, constituída por tubulações de PVC, cimento amianto e ferro fundido, totalizando 233.175 m de rede de distribuição de água.

Na Figura 1 é mostrada a localização do 3º Setor de Abastecimento de Água do município de Belém na RMB.

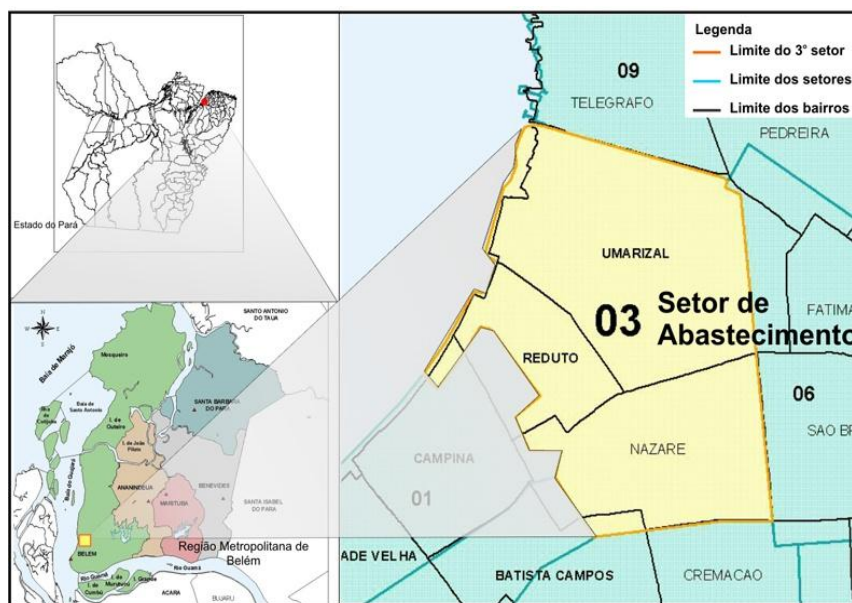


Figura 1 – Localização da Área de estudo.

Fonte: COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ (2006).

## 2.2 Levantamento de dados

Inicialmente foram levantados dados e informações para caracterização da área de estudo e conhecimento das ocorrências de vazamento na rede de distribuição de água do 3º setor.

Para a espacialização das ocorrências de vazamentos no 3º setor, foram levantados dados tabulares e obtidas bases cartográficas, em formato CAD (DWG), na Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM) e na COSANPA.

Na base cartográfica fornecida pela CODEM constavam informações do traçado e as denominações dos logradouros e dos bairros, enquanto na base da COSANPA foram obtidas informações das tubulações de distribuição de água do 3º setor. Além disso, foram levantadas as ocorrências de vazamentos no 3º setor de distribuição de água, totalizando 248 vazamentos, no período de janeiro a dezembro de 2012, sendo obtidas em formato .xls, do software *Excel da Microsoft Office* as seguintes informações:

- a) Localização geográfica do ponto de vazamento;
- b) Mês e ano da ocorrência de vazamento;
- c) Bairro;
- d) Rua e Perímetro;
- e) Diâmetro da tubulação onde ocorreu o vazamento;
- f) Material da tubulação onde ocorreu o vazamento;
- g) Localização da tubulação (passeio ou rua);
- h) Data da reclamação do vazamento;
- i) Data da recuperação do vazamento;
- j) Tempo para recuperação (dias).

## 2.3 Construção do banco de dados georreferenciado e organização das informações cartográficas

Os dados e informações obtidos na COSANPA foram organizados em banco de dados construído em formato DBF4 (*DataBase 4*), utilizando o software *Excel da Microsoft*. Esse banco de dados foi desenvolvido para facilitar a consulta e a edição de dados.

Nesse banco de dados foram relacionados os dados referentes aos vazamentos ocorridos na rede do 3º setor de distribuição de água, sendo organizados por colunas de informação, que são: - Data da ocorrência; - Diâmetro da tubulação; - Bairro; - Tipo de material da tubulação; - Logradouro; - Local de ocorrência (passeio ou rua); - Tempo para recuperação do vazamento.

Os dados de vazamento na rede de distribuição de água e as informações cartográficas da área de estudo foram georreferenciados utilizando o sistema de coordenadas geográficas, com base no *Datum* de referência SIRGAS 2000, que é o *Datum* oficialmente utilizado no Brasil. O conjunto dessas informações foi organizado por “temas” ou “camadas” utilizadas no *Arcview 3.2* e salvo em formato *shapefile* (SHP), de acordo com o tipo de informação, ou seja, foi construído um tema para cada tipo de informação cartográfica (se ponto, linha ou polígono).

As informações cartográficas, como pontos de vazamentos, tubulações, base viária e limite do 3º setor, foram organizadas e espacializadas no software *Arcview 3.2*, conforme mostrado na Figura 2.

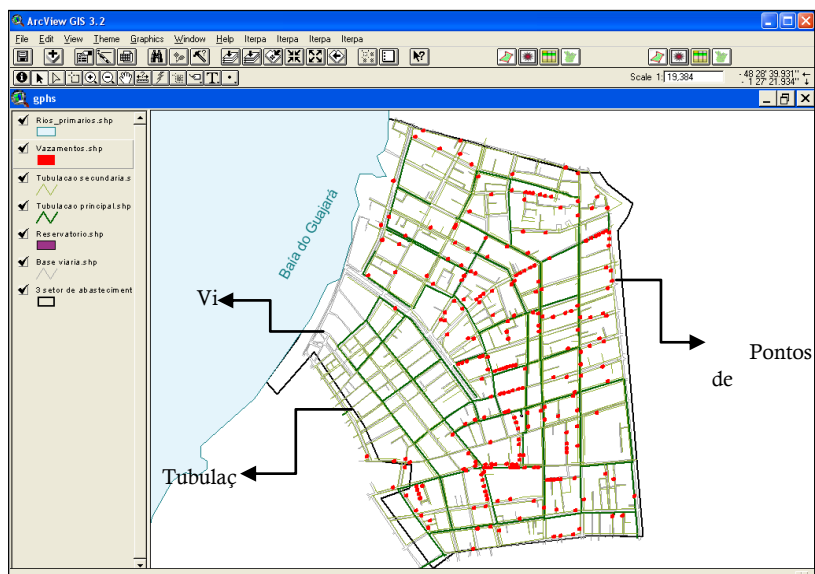


Figura 2 – Visualização das informações cartográficas no software Arcview 3.2

Fonte: Companhia de Saneamento do Pará (2007); Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (1999).

Para a construção do projeto em SIG, o banco de dados construído no software Excel 2003, no formato DBF4, foi exportado para o software Arcview 3.2, o que permitiu a sistematização das informações de vazamentos na rede de distribuição de água.

Em seguida, o banco de dados construído foi vinculado às informações cartográficas dos pontos de vazamentos, já organizadas no formato SHP, gerando o tema “Vazamento”. Na Figura 3 é exemplificada a ocorrência de vazamento em janeiro de 2013, na Rua Bernal do Couto, bairro do Umarizal, em tubulação de PVC com diâmetro de 75 mm.

Com esse mesmo procedimento foram construídos os seguintes temas, para facilitar a recuperação e análise da informação dos vazamentos ocorridos na rede do 3º setor no período estudado:

- Área de abrangência do 3º setor;
- Tubulações principais;
- Tubulações secundárias;
- Base Viária;
- Limites de bairros.

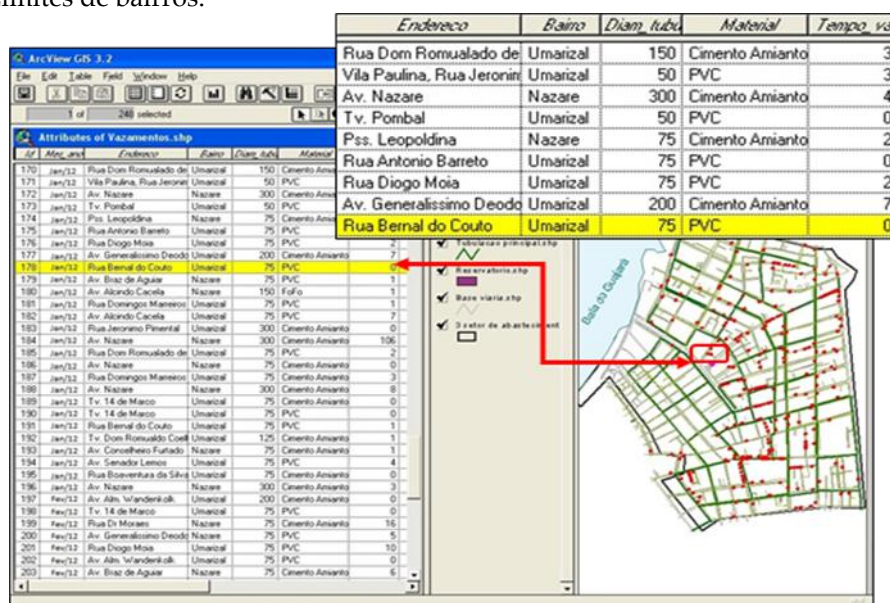


Figura 3 – Visualização das informações cartográficas vinculadas ao banco de dados no software Arcview 3.2.

## 2.4 Classificação dos dados obtidos em SIG

A espacialização dos dados primários das 248 ocorrências de vazamentos no 3º setor de distribuição de água da RMB, durante o período estudado, permitiu a classificação dos dados por tipo de informação, possibilitando a geração de mapas específicos. Esses dados foram classificados por:

- Data da ocorrência dos vazamentos;
- Diâmetro da tubulação onde ocorreu o vazamento.
- Bairro onde ocorreu o vazamento;
- Tipo de material da tubulação em que ocorreu o vazamento;
- Logradouro onde ocorreu o vazamento;
- Local de ocorrência do vazamento (passeio ou rua);
- Tempo para recuperação do vazamento.

## 2.5 Cruzamento dos dados em SIG

Nessa etapa foi realizado o cruzamento dos dados obtidos, por meio da relação entre as variáveis, gerando mapas específicos com resultados das características dos vazamentos ocorridos na área de estudo, como:

- Dados de localização (bairro ou logradouro), de material da tubulação (PVC, FoFo, Cimento Amianto) e tempo de vazamento em dias;
- Dados de mês e ano da ocorrência de vazamento por localização da tubulação (passeio ou rua);
- Dados de diâmetro da tubulação e tipo de material;
- Dados de mês e ano da ocorrência de vazamento e bairro;
- Dados de mês e ano de ocorrência do vazamento por tempo de recuperação do vazamento.

## 3 Resultados e discussões

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir do desenvolvimento das etapas descritas na metodologia, o que possibilitou a classificação e o cruzamento dos dados obtidos, com a espacialização dos pontos de ocorrência de vazamentos e a geração de mapas específicos da rede de distribuição da área de estudo.

### 3.1 Classificação dos dados obtidos em SIG

A espacialização dos dados primários dos 248 pontos de vazamentos ocorridos no período de janeiro a dezembro de 2012, no 3º setor de distribuição de água da RMB, permitiu a classificação dos vazamentos por tipo de informação e a geração de gráficos e mapas específicos.

Com isso, foi possível verificar que o maior número de vazamentos ocorreu em Julho de 2012 (36 vazamentos), e o menor número, nos meses de junho e agosto de 2012 (13 vazamentos), conforme representado na Figura 4.

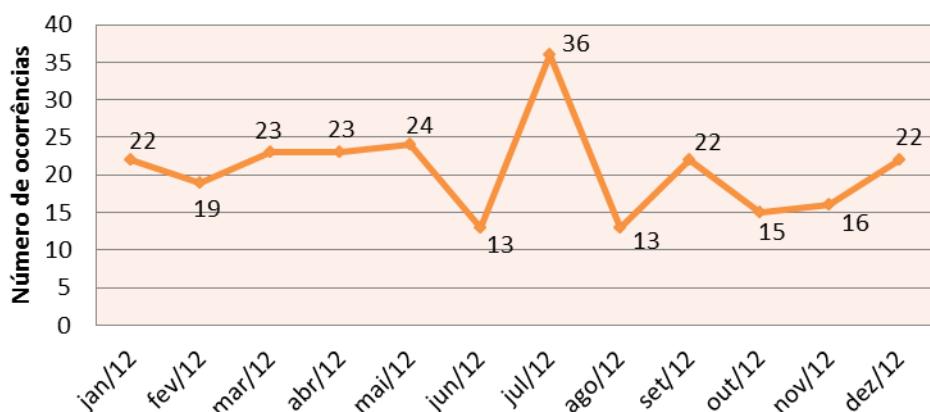


Figura 4 – Ocorrência de vazamentos no período estudado

Com essa classificação também foi constatado que a maioria dos vazamentos ocorreu em tubulações de 75 mm de diâmetro, com 177 vazamentos (Figura 5), com a maior parte das ocorrências em tubulações localizadas no passeio.

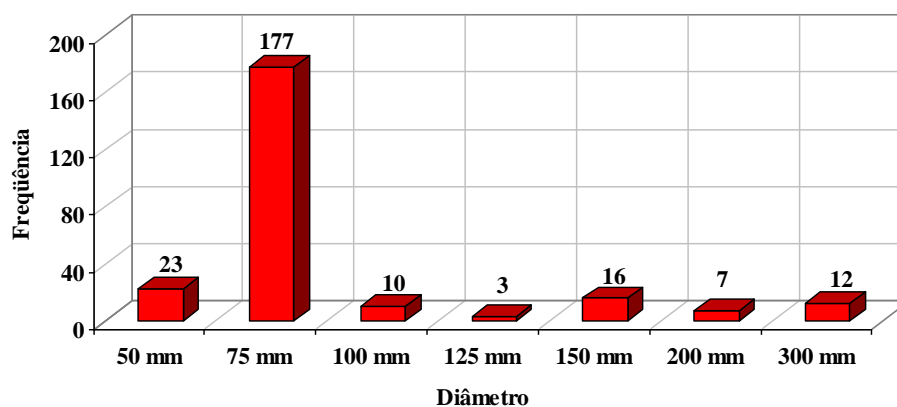


Figura 5 – Ocorrência de vazamentos por diâmetro da tubulação no período estudado

No período analisado foi verificado que o maior número de vazamentos ocorreu no bairro do Umarizal (147 ocorrências). No bairro de Nazaré foram identificadas 101 ocorrências, enquanto no Bairro do Reduto não foi observada nenhuma ocorrência de vazamento, conforme mostrado na Figura 6. Já na Figura 7 é representado o mapa de ocorrência de vazamentos por material da tubulação, sendo 119 ocorridos em tubulações de PVC, 111 em tubulações de cimento amianto e 11 em tubulações de ferro fundido.



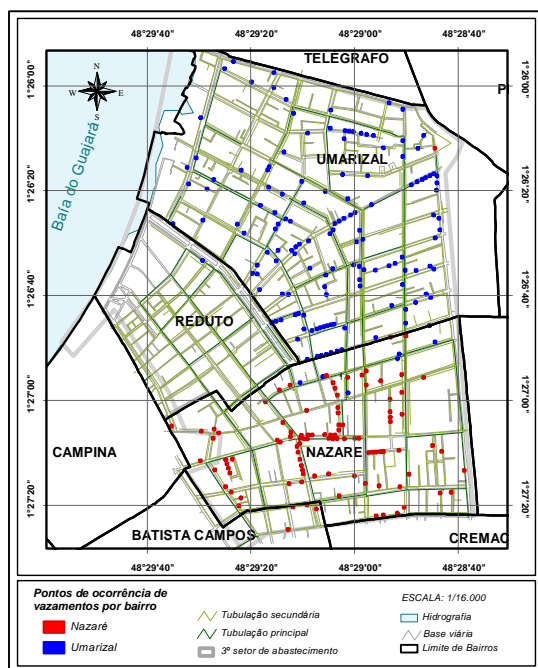


Figura 6 – Mapa de ocorrência de vazamentos por bairro durante o período estudado.

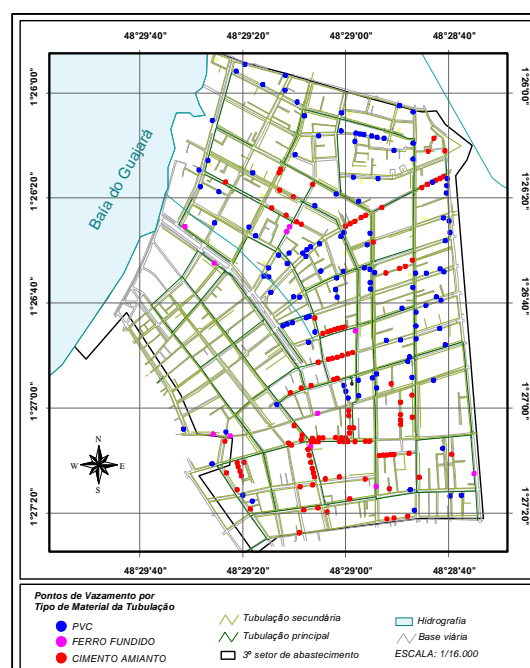


Figura 7 – Mapa de ocorrência de vazamentos por tipo de material das tubulações durante o período estudado

Na verificação do tempo para recuperação dos vazamentos foi constatado que 71 vazamentos foram solucionados na mesma data de solicitação de atendimento; 52 vazamentos somente foram recuperados após 1 dia; 31 vazamentos após 2 dias; 22 vazamentos demoraram 10 dias ou mais para serem solucionados; as outras ocorrências duraram de 3 a 9 dias para a realização dos serviços de recuperação do vazamento, conforme representado na Figura 8.

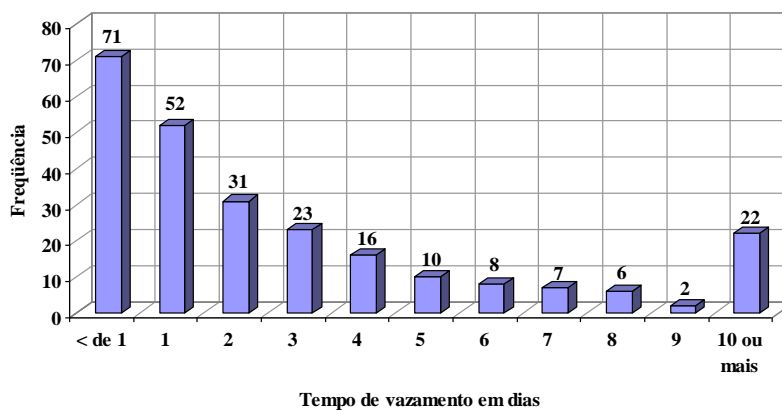


Figura 8 – Tempo de duração dos vazamentos ocorridos no período estudado

Na Figura 9 é possível visualizar a distribuição espacial dos pontos de ocorrência de vazamentos no 3º setor de distribuição de água, de acordo com o tempo para recuperação do vazamento.

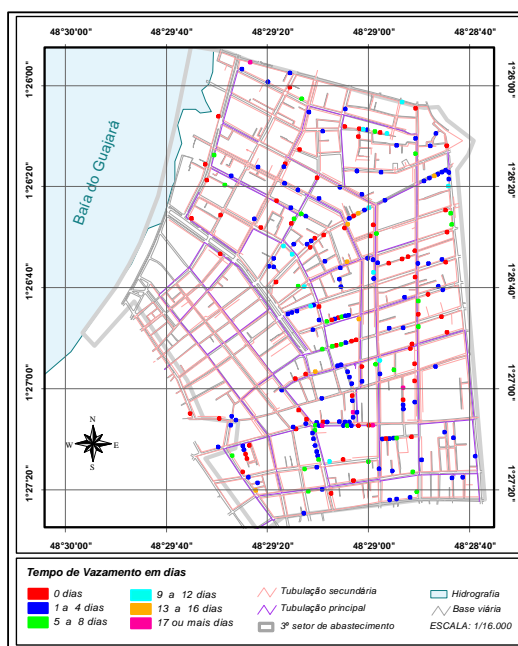


Figura 9 – Mapa de ocorrência de vazamentos classificados por tempo de vazamento no período estudado

O relacionamento dessas informações cartográficas com dados da rede de distribuição e de ocorrências de vazamentos facilitou a análise da situação, o que auxiliou no controle de perdas operacionais e gastos na manutenção da rede de distribuição pela concessionária de saneamento, contribuindo para a resolução de problemas, gerando resultados adequados para a gestão do sistema de abastecimento de água.

### 3.2 Cruzamento dos dados em SIG

O cruzamento, em ambiente SIG, dos dados contidos no banco de dados “vazamentos” gerou resultados importantes para a caracterização dos vazamentos ocorridos no 3º setor de distribuição de água, possibilitando a construção de mapas.

Entre os relacionamentos citados pode ser destacada a relação entre os dados de localização (bairro ou logradouro), de material da tubulação (PVC, FoFo, Cimento Amianto) e tempo de vazamento em dias; e a relação entre os dados de mês e ano da ocorrência de vazamento por localização da tubulação (passeio ou rua).

Com isso, foi constatado que o maior número de vazamentos ocorreu em tubulações de cimento amianto, na Avenida Nazaré, no bairro de Nazaré, com 18 ocorrências, e apenas 1 ocorrência em tubulações de PVC, totalizando 163 dias com vazamento durante o período estudado, 0,12 vazamentos por dia.

A Rua Bernal do Couto apresentou 11 ocorrências de vazamentos em tubulações de cimento amianto e 7 ocorrências em tubulações de PVC, num total de 68 dias com vazamentos, 0,26 vazamentos por dia, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Ruas com maior frequência de vazamentos por material da tubulação e tempo de duração do vazamento no período de janeiro a dezembro de 2012

Endereço	Material			Total de Vaz.	Dias com Vaz.	Vaz/ dia
	Cimento Amianto	FoFo	PVC			
Av. Nazaré	18	-	1	19	163	0,12
Rua Bernal do Couto	11	-	7	18	68	0,26
Rua Domingos Marreiros	7	-	5	12	25	0,48
Tv. Quintino Bocaiúva	9	1	1	11	25	0,44
Av. Generalíssimo Deodoro	1	1	8	10	38	0,26
Rua Boaventura da Silva	7	-	3	10	23	0,43
Rua Dom Romualdo de Seixas	2	1	6	9	39	0,23
Rua Soares Carneiro	-	-	9	9	39	0,23
Tv.14 de Março	3	-	6	9	34	0,26
Rua Antonio Barreto	-	-	8	8	22	0,36
Rua João Balby	5	-	3	8	18	0,44
<b>TOTAL GERAL</b>	<b>63</b>	<b>3</b>	<b>57</b>	<b>123</b>	<b>494</b>	<b>0,502</b>

Esses valores foram registrados no banco de dados possibilitando a geração de mapa, no qual é possível identificar a distribuição espacial das ruas com maior ocorrência de vazamentos por material no período estudado. Como exemplo, é apresentada a Figura 11, que mostra o mapa de vazamentos ocorridos em tubulações de PVC, Ferro fundido e cimento amianto por material da tubulação.

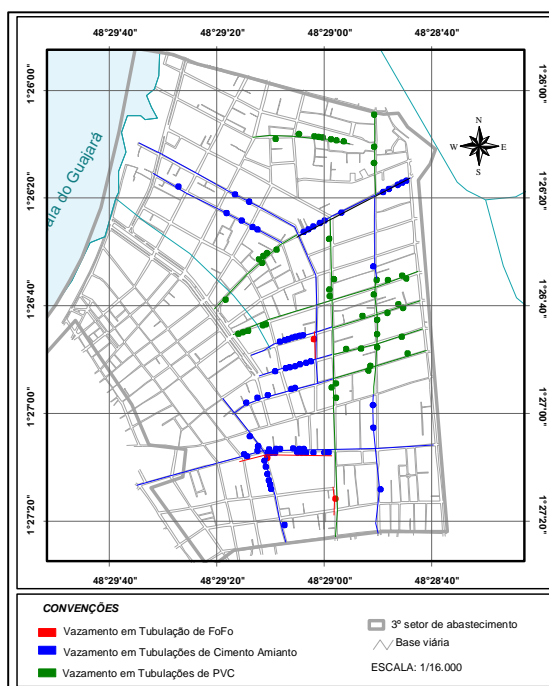


Figura 10 – Ruas com maior frequência de vazamentos por material da tubulação

O cruzamento dos dados de diâmetro da tubulação por tipo de material permitiu verificar que o maior percentual de vazamentos (64,41%) ocorreu em tubulações de cimento amianto com diâmetro de 75 mm. Nas tubulações de ferro fundido, a maior incidência de vazamentos (36,36%) foi observada

no em tubulações com diâmetro de 150 mm, enquanto que nas tubulações de PVC, o maior percentual de registro de vazamentos (83,19%) ocorreu em tubulações com 75 mm de diâmetro.

A utilização de mapas no gerenciamento de vazamentos em rede de distribuição de água facilita o conhecimento da informação e a atuação da equipe de manutenção responsável pela recuperação dos vazamentos, sendo ferramenta importante para o controle operacional e a redução do volume perdido em redes de distribuição de água.

## 4 Conclusões

Com base nos resultados apresentados no trabalho foi constatado que as tecnologias de SIG são ferramentas adequadas para o registro e a espacialização de ocorrências de vazamentos em redes de distribuição de água, pois permitiu ao gestor da rede de distribuição da área estudada, a rápida visualização das ocorrências de vazamentos e a identificação de possíveis problemas.

Os dados levantados para a aplicação de SIG no controle e espacialização dos pontos de vazamentos em rede de distribuição de água, como data da ocorrência de vazamento, endereço, bairro, diâmetro da tubulação, localização (rua ou passeio), data da solicitação de recuperação e data da recuperação permitiram caracterizar e detalhar os vazamentos ocorridos na área de estudo.

A construção do banco de dados georreferenciado, contendo os dados de ocorrência de vazamentos vinculados às suas respectivas bases cartográficas espacializadas em SIG, possibilitou a sistematização das informações, facilitando a visualização, o gerenciamento dos dados e a identificação em SIG dos pontos de ocorrências de vazamentos, sendo fundamentais para a operação e para o controle de perdas de água na rede de distribuição de água estudada. Portanto, construir o banco de dados e organizar as informações cartográficas obtidas para a elaboração do relatório de ocorrências de vazamentos é prática que deve ser incentivada nas empresas de saneamento.

A classificação e o cruzamento dos dados das 248 ocorrências de vazamentos no 3º setor de distribuição de água da RMB, durante o período estudado, possibilitou a construção de gráficos e mapas específicos da rede de distribuição avaliada, sendo identificados, por exemplo: o número de ocorrências de vazamentos por mês, com o maior valor para o mês de julho de 2012 (36 vazamentos); e o número de ocorrências de vazamentos por diâmetro de tubulação, com o maior valor em tubulações de 75 mm de diâmetro. Esse resultado mostrou-se tendencioso, já que a maior parte da rede de distribuição da área estudada é constituída de tubulações de 75 mm de diâmetro.

Os mapas construídos em ambiente SIG permitiram a visualização espacial dos dados de pontos de vazamentos por bairro, com o maior número de vazamentos ocorridos no bairro do Umarizal (147 ocorrências), seguido do bairro de Nazaré (101 ocorrências), não sendo identificada nenhuma ocorrência de vazamento no bairro do Reduto. Em relação ao material da tubulação, o maior número de vazamentos ocorreu em tubulações de PVC (119 ocorrências), seguido de 111 ocorrências em tubulações de cimento amianto, o que pode ser explicado por diversos fatores, como fragilidade do material da tubulação, pressão da água na rede, idade da rede de distribuição, periodicidade da manutenção etc., sendo fatores a serem melhor investigados em estudos futuros. Além disso, as informações sobre a incidência de vazamentos por tipo de material da tubulação pode sugerir a correção ou até mesmo a troca de tubulações, facilitando a manutenção preventiva.

Assim, a utilização de SIG no monitoramento, controle e recuperação de vazamentos em redes de distribuição de água pode ser aplicada em qualquer local, pois a ferramenta SIG possibilitou facilidade e rapidez no processamento de dados cartográficos e tabulares da área estudada, favorecendo a gestão do abastecimento de água.

Nesse contexto, é importante ressaltar que essa ferramenta de gerenciamento deve ser constantemente atualizada, pois a validade da sua utilização é condicionada a segurança e confiabilidade dos dados, razão para ser recomendado amplo treinamento e acesso dos funcionários da empresa.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento do Pará, ao Grupo de Pesquisa Hidráulica e Saneamento – GPHS/UFPa e ao Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento – LENHS/NORTE pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

## Referências

ALEGRE, Helena. Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água. Trabalho em curso no âmbito da IWSA; 2009 aug 26. Available from: <<http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/138.pdf>>.

BRASIL, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento, Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Brasília (Brasil): Ministério das Cidades, 2013.

BRASIL, Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento técnico de apoio A2: Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água. Brasília (Brasil): Ministério das Cidades, 2004.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. Base Viária. Belém, 1999. 1 CD-ROM.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARÁ. Base cartográfica da rede de distribuição de água do 3º Setor de Abastecimento. Belém, 2007.1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. Plano Diretor do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana de Belém. PEREIRA, José Almir Rodrigues (Coord.). Belém: UFPa/GPHS, 2006.

SANTOS, Aline C. P. A. Espacialização de Informações na Gestão de Sistemas de Abastecimento de Água Utilizando Sistema de Informação Geográfica. [dissertation]. Belém: Centro de Tecnologia/Universidade Federal do Pará; 2010.113p.

SILVA, Fernando José Araújo da. Perda de água em sistemas públicos de Abastecimento no Ceará. Revista Tecnológica, Fortaleza, 2005;v. 26, n. 1:p. 1-11.

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de água. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento, 2006.