



## I-017 - O USO DO GIS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, INTEGRADO À MODELAGEM HIDRÁULICA PARA MELHORIA DA GESTÃO E OPERAÇÃO

### **Luiz Roberto Gravina Pladevall<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP). MBA em Direção de Empresas de Engenharia pela Fundação Armando Alvares Penteado (FAAP). Diretor da CPS Engenharia e Soluções LTDA.

### **Marcelo Eduardo Porem<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos. Pós-Graduado em Saneamento pela Escola Politécnica da USP. Gestor de Projetos pela Fundação Vanzolini. Administrador de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas. (FGV) Diretor da CPS Engenharia e Soluções LTDA.

### **Edson Victor de Souza<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Faculdade de Engenharia São Paulo (FESP). Mestre em Engenharia Civil – Hidráulica e Recursos Hídricos pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Diretor da CPS Engenharia e Soluções LTDA.

### **Gabriela de Oliveira Cardoso<sup>(4)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Anhanguera de São Paulo. Engenheira na CPS Engenharia e Soluções LTDA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Rêgo Freitas, 289 - 1º Andar - República - São Paulo - SP - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (11) 3034-3833 - e-mail: [pladevall@cpsengenharia.com.br](mailto:pladevall@cpsengenharia.com.br)

**Endereço<sup>(2)</sup>:** Rua Rêgo Freitas, 289 - 1º Andar - República - São Paulo - SP - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (11) 3034-3833 - e-mail: [mporem@cpsengenharia.com.br](mailto:mporem@cpsengenharia.com.br)

**Endereço<sup>(3)</sup>:** Rua Rêgo Freitas, 289 - 1º Andar - República - São Paulo - SP - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (11) 3034-3833 - e-mail: [edson@cpsengenharia.com.br](mailto:edson@cpsengenharia.com.br)

**Endereço<sup>(4)</sup>:** Rua Rêgo Freitas, 289 - 1º Andar - República - São Paulo - SP - CEP: 30310-760 - Brasil - Tel: (11) 3034-3833 - e-mail: [gabicardoso@cpsengenharia.com.br](mailto:gabicardoso@cpsengenharia.com.br)

## **RESUMO**

No Brasil, percebe-se que, apesar dos benefícios incontestáveis do georreferenciamento, o alto custo de implantação dos software não-livres, acaba inviabilizando também a capacitação das equipes técnicas e, consequentemente, limitando a disponibilização deste tipo de ferramenta. O desconhecimento, por parte das equipes técnicas, da melhoria na qualidade dos software livres e do surgimento de novas tecnologias, tem feito com que a adoção deste tipo ferramenta seja relegada a um segundo plano. Outra questão importante é que a modelagem hidráulica de sistemas de abastecimento ainda é uma ferramenta pouco utilizada para a gestão dos sistemas de abastecimento de água, apesar de sua grande importância e auxílio na tomada de decisões e no planejamento de futuras intervenções, seja para ampliações ou adequações das redes de distribuição.

Atualmente, estas duas tecnologias (georreferenciamento e modelagem hidráulica), quando utilizadas nas concessionárias de saneamento, públicas ou privadas, tem sido, em sua ampla maioria, aplicadas de maneira isolada e sua interação é feita somente através de processos complicados de exportação dos dados do cadastro para o modelo, sendo os resultados obtidos, analisados na plataforma do software de modelagem ou apresentada sobre o cadastro, através de também complicados processos de reimportação da informação.

Neste sentido, apresenta-se no presente artigo o sistema GISWATER, caracterizado como ferramenta de baixo custo para a implantação, atualização ou adequação de cadastro técnico georreferenciado de sistemas de distribuição de água, possibilitando sua integração com a modelagem hidráulica do sistema, utilizando apenas software livres, que permitem customização pelo usuário buscando a melhor personalização, com o objetivo de aprimorar a gestão, além de permitir o registro de intervenções operacionais, aprimorando também a operação destes sistemas. Como estudo de caso, apresenta-se a implantação do sistema GISWATER no SAESA SCS.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de abastecimento de água, cadastro georreferenciado, GIS, modelagem hidráulica, software livre, gestão operacional, GISWATER.

## INTRODUÇÃO

Em sistemas de abastecimento de água, o georreferenciamento possibilita a espacialização dos seus elementos e de dados de manutenção, facilitando a identificação de áreas atendidas, regiões de intervenções e manobras necessárias, além da possibilidade de interação com as características topográficas e ocupacionais destas localidades (BEUKEN *et al*, 2009).

No Brasil, percebe-se que, apesar dos benefícios incontestáveis do georreferenciamento, o alto custo de implantação dos software não-livres, acaba inviabilizando também a capacitação das equipes técnicas e, conseqüentemente, limitando a disponibilização deste tipo de ferramenta. O desconhecimento, por parte das equipes técnicas, da melhoria na qualidade dos software livres e do surgimento de novas tecnologias, tem feito com que a adoção deste tipo ferramenta seja relegada a um segundo plano. Em algumas situações chega a ser vista como algo desejável, no entanto, inviável de ser implantado para a utilização no cadastramento técnico de sistemas de saneamento, incluindo sistema de abastecimento de água.

A modelagem hidráulica de sistemas de abastecimento, por sua vez, ainda é uma ferramenta pouco utilizada para a gestão dos sistemas de abastecimento de água no Brasil, apesar de sua grande importância e auxílio na tomada de decisões e no planejamento de futuras intervenções, seja para ampliações ou adequações das redes de distribuição. Essa condição de pouca utilização se deve por diversos fatores, como: o alto custo de licenças de software não-livres, a dificuldade na utilização de software livres em função de interfaces com o usuário pouco amigáveis e de difícil utilização e a falta de capacitação e treinamento adequado para utilização destes software, seja com a utilização de licenças pagas ou com software livres.

O ponto comum entre estas duas tecnologias citadas (georreferenciamento e modelagem hidráulica) é a caracterização dos elementos que compõem o sistema, ou seja, a disponibilização das informações destes elementos e sua adequada disposição no espaço (RAMESH *et al*, 2012). Atualmente estas duas ferramentas têm sido utilizadas isoladamente e sua interação é feita somente através de processos complicados de exportação dos dados do cadastro para o modelo, sendo os resultados obtidos, analisados na plataforma do software de modelagem ou apresentada sobre o cadastro, através de também complicados processos de reimportação da informação.

Devido à complexidade e à dinâmica das informações cadastrais dos sistemas de abastecimento de água, as quais estão constantemente sofrendo alterações, a análise, através da modelagem, quase sempre está desatualizada ou incompleta. Na maioria dos casos, o modelo, como é de se esperar, é uma simplificação da condição real do sistema a que se pretende caracterizar e analisar. A disparidade entre as informações da condição real e a condição analisada no modelo provoca um certo descrédito na qualidade dos resultados obtidos, seja através da utilização de software não-livres ou de software livres.

Dessa forma, a informação adequada, ou seja, a estruturação dos dados do cadastro técnico, passa a ser essencial para a caracterização do sistema e a disponibilização dessa informação, de forma confiável e atualizada, possibilita uma melhor análise e aumenta a confiabilidade dos resultados obtidos na modelagem hidráulica, permitindo que a gestão do sistema tenha mais elementos para uma tomada de decisão mais ágil e resulte em um planejamento adequado para as intervenções e ampliações necessárias.

Neste sentido, a maneira mais adequada de se estruturar a informação é o armazenamento das informações através da utilização de banco de dados, de forma centralizada e única, possibilitando que todos tenham acesso a essa informação, atualizada e confiável (FRANCESCHI e ANDREA, 2016).

A maioria dos software de georreferenciamento já atuam integrados a bancos de dados, onde são armazenadas as informações e as características espaciais dos diversos elementos da rede, no entanto a estruturação destes dados no banco não é compatível com a estruturação dos dados dos elementos nos modelos hidráulicos, sendo necessária a adequação destas informações para que se tornem compatíveis.

Da mesma forma, ao se retornar a informação para o cadastro, faz-se necessária uma nova compatibilização dos resultados obtidos para uma adequada apresentação.

Esta compatibilização necessita de uma ferramenta de integração, que estruture a informação a ser armazenada no banco de dados, de forma que a informação proveniente do cadastro possa a ser utilizada diretamente pelo software de modelagem e, após a execução dos cálculos, os resultados possam ser apresentados no software de georreferenciamento.

## OBJETIVO

O objeto deste trabalho é apresentar o sistema GISWATER, caracterizado como uma alternativa de baixo custo para a implantação, atualização ou adequação de cadastro técnico georreferenciado de sistemas de distribuição de água, possibilitando sua integração com a modelagem hidráulica do sistema, utilizando apenas software livres, que permitem customização pelo usuário buscando a melhor personalização, com o objetivo de aprimorar a gestão, além de permitir o registro de intervenções operacionais, aprimorando também a operação destes sistemas e ressaltar as vantagens da utilização da ferramenta em contraste à situação atual dos cadastros e mapeamentos existentes, presentes na maioria das operadoras destes sistemas.

O sistema GISWATER consiste na integração do software de georreferenciamento QGIS, utilizado para cadastramento técnico de sistemas de abastecimento, e do software de modelagem hidráulica EPANET, através da estruturação das tabelas geradas no driver de integração GISWATER e armazenadas no banco de dados PostgreSQL, permitindo ainda a integração com outros bancos de dados externos e o registro de informações operacionais que auxiliam na adequada caracterização do sistema. A **Figura 1**, a seguir apresenta a configuração esquemática do sistema proposto.



**Figura 1: Configuração esquemática do sistema GISWATER.**

Estes software, apresentados na **Figura 1**, conforme destacados anteriormente, são livres tendo os seguintes desenvolvedores:

- ✓ **GIS: QGIS.** Este software será utilizado para o cadastramento técnico do sistema de abastecimento de água. É um Software Livre licenciado por “*GNU General Public License*”, sendo um projeto mantido pela “*OSGeo – Open Source Geospatial Foundation*” (BOSSLE, 2015);
- ✓ **Hydraulic modelling: EPANET.** É um software de domínio público, que foi desenvolvido pela “*EPA - Environment Protection Agency*” (ROSSMAN, 2000);
- ✓ **Driver de integração entre GIS e software de modelagem hidráulica: GISWATER.** Este é um software livre licenciado por “*GNU General Public License*” e foi desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa GITS da Universidade Politécnica da Catalunha e pela empresa de consultoria BGEO;
- ✓ **Banco de Dados: PostgreSQL.** É um software livre licenciado pela “*BSD License*”, tendo sido desenvolvido pela Universidade da Califórnia (ROCHA JR, 2014).



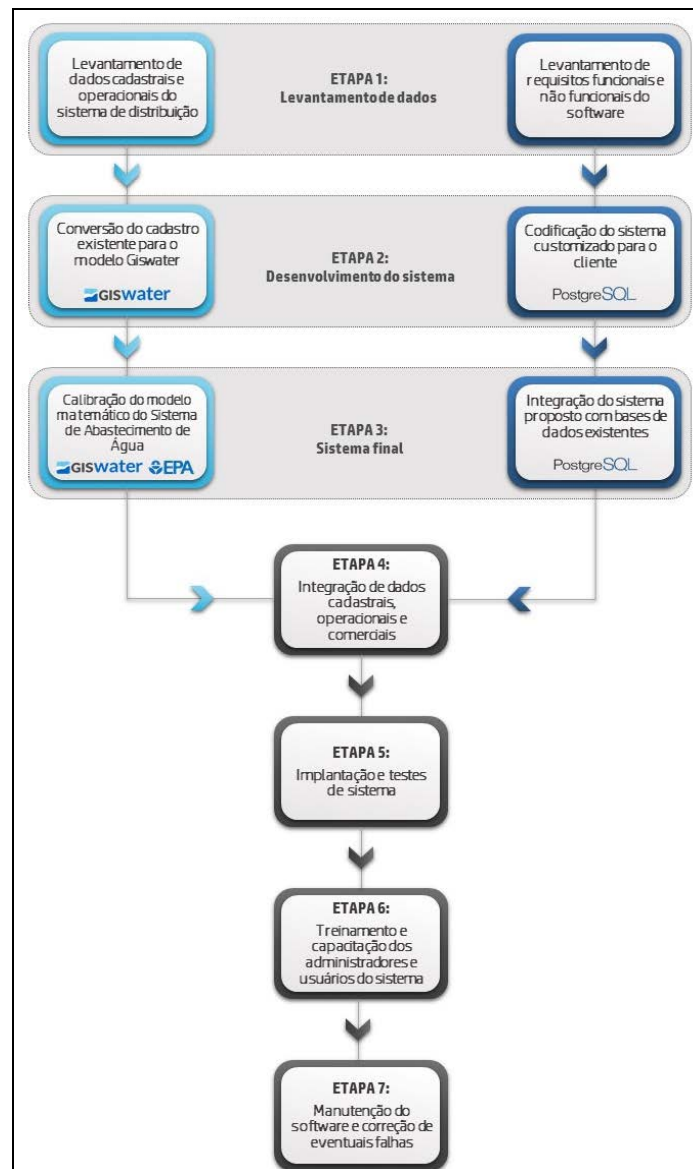
## METODOLOGIA

A integração destes software, a ser feita, por exemplo, em uma concessionária de água, permite a agilidade na modelagem hidráulica e também aprimoramento do cadastro técnico das unidades que compõem o sistema de abastecimento de água.

A metodologia proposta para o presente trabalho baseia-se na experiência dos autores em engenharia consultiva e também na potencialidade e abrangência das ferramentas descritas anteriormente. A metodologia deste artigo é composta das seguintes etapas principais:

- ✓ Etapa 1 – Levantamento de dados do sistema de distribuição e de requisitos do software;
- ✓ Etapa 2 – Desenvolvimento do sistema: conversão do cadastro e customização do software;
- ✓ Etapa 3 – Sistema final codificado, e cadastro convertido e calibrado no modelo GISWATER;
- ✓ Etapa 4 – Integração entre dados internos e externos;
- ✓ Etapa 5 – Implantação e testes do sistema proposto (hardware e software);
- ✓ Etapa 6 – Treinamento e capacitação dos administradores e usuários do sistema;
- ✓ Etapa 7 – Manutenção do software.

A **Figura 2** a seguir apresenta o fluxograma das etapas e detalha cada uma delas:



**Figura 2: Fluxograma de Etapas.**

A partir da implantação do GISWATER, a expectativa é implementar em concessionária de saneamento, pública ou privada, um sistema de gestão técnico e operacional, com solução de georreferenciamento, que possibilite, inclusive, a integração deste sistema ao banco de dados comercial da concessionária, assim como aos dados de sistemas supervisórios ou mesmo outras bases de dados externos.

Este sistema de gestão, após implantado, possibilita que a concessionária tenha uma visão sistêmica de seu sistema de abastecimento de água, agilizando a tomada de decisões e buscando a maximização na utilização dos recursos hídricos.

Na seqüência, apresenta-se um estudo de caso, contendo a implantação do GISWATER no SAESA SCS – Sistema de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de São Caetano do Sul (antigo DAE São Caetano do Sul), demonstrando as vantagens dessa integração para o gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água e a possibilidade de seu uso no auxílio de ações e decisões operacionais, com base no uso de banco de dados para estruturação do sistema em formação.

## RESULTADOS

Em 2015, foi implantado o sistema GISWATER no SAESA SCS (Sistema de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de São Caetano do Sul), que é uma autarquia municipal (concessionária pública de saneamento) responsável pelos estudos e trabalhos técnicos relativos à construção, ampliação e remodelação dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos sanitários; manutenção, operação e exploração dos serviços de água e esgoto; lançamento, fiscalização e arrecadação das taxas e tarifas referentes aos serviços prestados à população; e ainda cadastro das propriedades beneficiadas pelos seus serviços.

São Caetano do Sul é um município da região metropolitana de São Paulo, com 160.275 habitantes, de acordo com a estimativa do IBGE para 2018, tendo 100% da população atendida com abastecimento de água, 37.136 ligações, extensão de rede igual a 455,09km e três setores de abastecimento.

A implantação do sistema GISWATER no SAESA SCS foi parte de uma solução integrada para gestão, controle, supervisão e monitoramento de todo sistema de distribuição, coleta de esgotos e drenagem. Os objetivos deste projeto eram:

- ✓ Reduzir à perda física de água de 25% para 15%;
- ✓ Atender ao PMSB, SNI e Lei 11445/07;
- ✓ Planejar a gestão dos ativos para garantir a universalização dos serviços;
- ✓ Obter a excelência operacional, através da melhoria contínua;
- ✓ Ter gestão proativa, através da integração e colaboração entre os processos.

A solução integrada contendo o sistema GISWATER, denominada GCO (Gestão de Controle Operacional), consistiu em cinco módulos de controle, conforme apresentado na **Figura 3**:



**Figura 3: Estrutura do GCO do SAESA SCS.**

Esses módulos tem a função de incorporar dados comerciais, cadastrais e operacionais ao sistema e retornar resultados e análises em formas de tabelas, gráficos e mapas temáticos, resultando em uma plataforma fundamental para a estratégia de investimento a longo prazo, com foco na eficiência operacional e redução de perdas.

Resumidamente, a **Figura 4** demonstra a integração do sistema GISWATER com as diversas bases de dados do SAESA SCS.



**Figura 4: Integração GISWATER com as bases de dados do SAESA SCS.**

Para o controle e gestão da rede de distribuição de água houve primeiramente um projeto de setorização dos três setores de abastecimento existentes. Partindo deste projeto, através do módulo PEA, foram instalados novos medidores de vazão, válvulas redutoras de pressão e medição de pontos críticos no sistema.

Todos os medidores e válvulas redutoras de pressão novos e existentes passaram a ser monitorados então através do módulo GCD, e seus dados de medição foram compartilhados instantaneamente com os outros módulos do GCO através da integração de bancos de dados, sendo gerenciados pelo GISWATER.

Os dados em tempo real do sistema de abastecimento de água, como por exemplo as informações instantâneas de medições de vazão e pressão na rede de abastecimento de água, a verificação do funcionamento das unidades operacionais (reservatórios, boosters, válvulas redutoras de pressão e medidores de pressão), são apresentados e gerenciados pelo GISWATER e também são mostrados no painel instalado no GCO, conforme apresentado na **Figura 5**.

Destaca-se que além destes dados operacionais em tempo real, a implantação do GISWATER também possibilitou a realização de simulações hidráulicas do sistema de distribuição de água e simulações de manutenção na rede de distribuição (ferramenta “TRACING”), selecionando a rede a ser reparada, onde todos os registros a serem fechados, redes a serem desabastecidas e consumidores afetados eram identificados, facilitando muito o trabalho da operação.

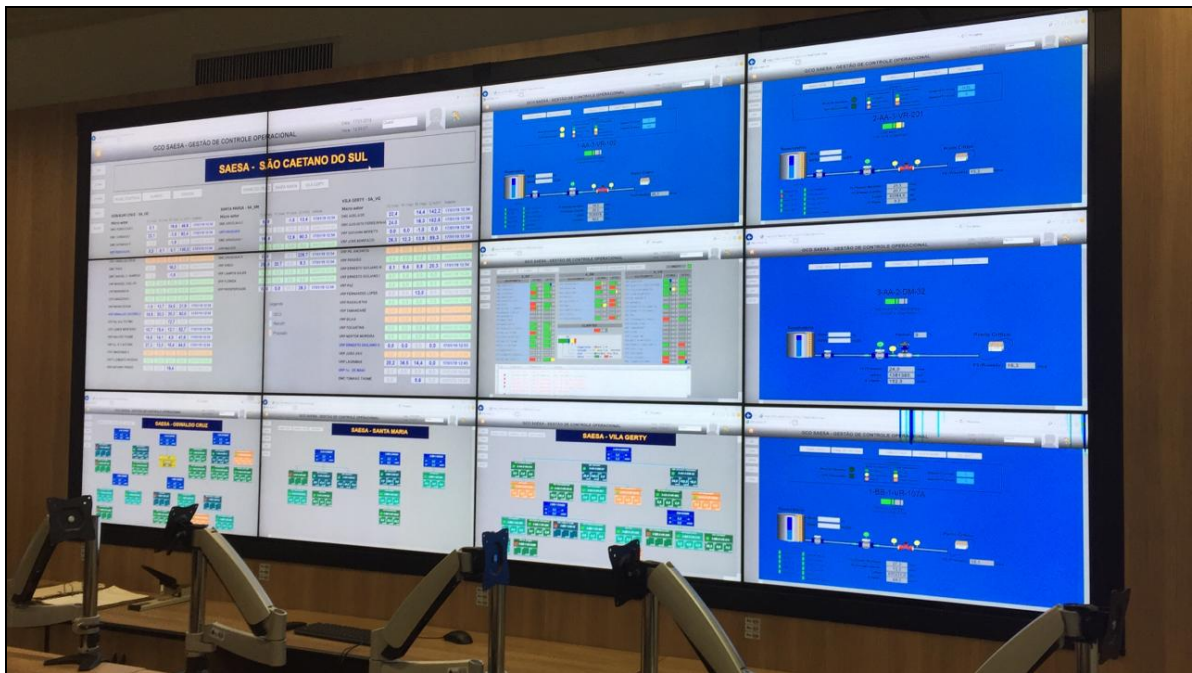


Figura 5: Painel GCO.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A implantação da solução GISWATER no SAESA SCS trouxe uma série de benefícios para esta concessionária, destacando-se:

- ✓ Cadastro georreferenciado;
- ✓ Interface personalizada;
- ✓ Informação unificada, contemplando, inclusive informações de manutenção e operação das redes e acessórios do sistema;
- ✓ Integração dos dados cadastrais com outros bancos;
- ✓ Modelagem hidráulica automática;
- ✓ Cálculo de perdas baseados em medições instantâneas ou históricas, com a apresentação de balanço hídrico e indicadores de perdas;
- ✓ Simulações de manutenção na rede de distribuição (ferramenta “TRACING”);
- ✓ Não há gastos com licenças;
- ✓ Não há limites de usuários ou dados.

Neste sentido, tem-se que a compatibilidade e a facilidade na visualização dos resultados da modelagem hidráulica sobre a própria plataforma de cadastramento georreferenciado (no QGIS) amplia a capacidade de análise, de gestão e de operação do sistema de abastecimento, de forma que é possível instantaneamente avaliar as alterações e variações nos resultados em função do propósito a que se destina a modelagem, além de se conseguir uma maior confiabilidade das informações fornecidas, e conseqüentemente dos resultados obtidos.

Ainda, além de possibilitar a modelagem hidráulica, o sistema GISWATER contribui para a melhoria da situação operacional do sistema de distribuição de água, pois, unifica os dados de manutenção e operação, assim como dos indicadores de perdas, atuando diretamente na qualidade da informação e proporcionando, entre outros benefícios: consistência e confiabilidade dos dados; aumento do poder de análise e gestão; melhoria na gestão operacional; e universalização da informação.

O baixo custo de implantação do sistema, por serem utilizados no processo, exclusivamente, software livres e, portanto, disponíveis a todos os usuários, de acordo com os níveis de acesso e permissões estabelecidos, torna essa ferramenta totalmente acessível a todos os níveis de utilização, abrindo portas para a melhoria da qualidade e rapidez na atualização dos cadastros, registros de dados de manutenção e operação dos sistemas e planejamento.



Para ilustrar o funcionamento e interface do sistema GISWATER implantado no SAESA SCS, são apresentadas na sequência figuras contendo exemplos de mapas gerados no GISWATER, assim como algumas telas do sistema.



Figura 6: Mapa base do sistema de abastecimento de água de São Caetano do Sul



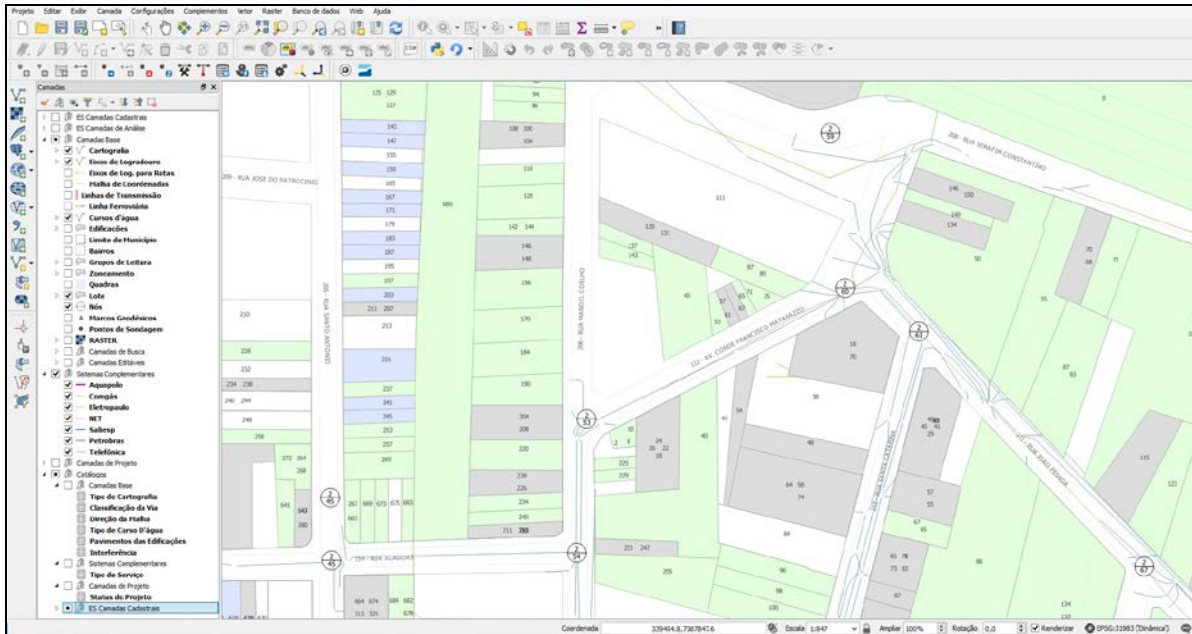


Figura 7: Mapa contendo arruamento e lotes georreferenciados (QGIS)

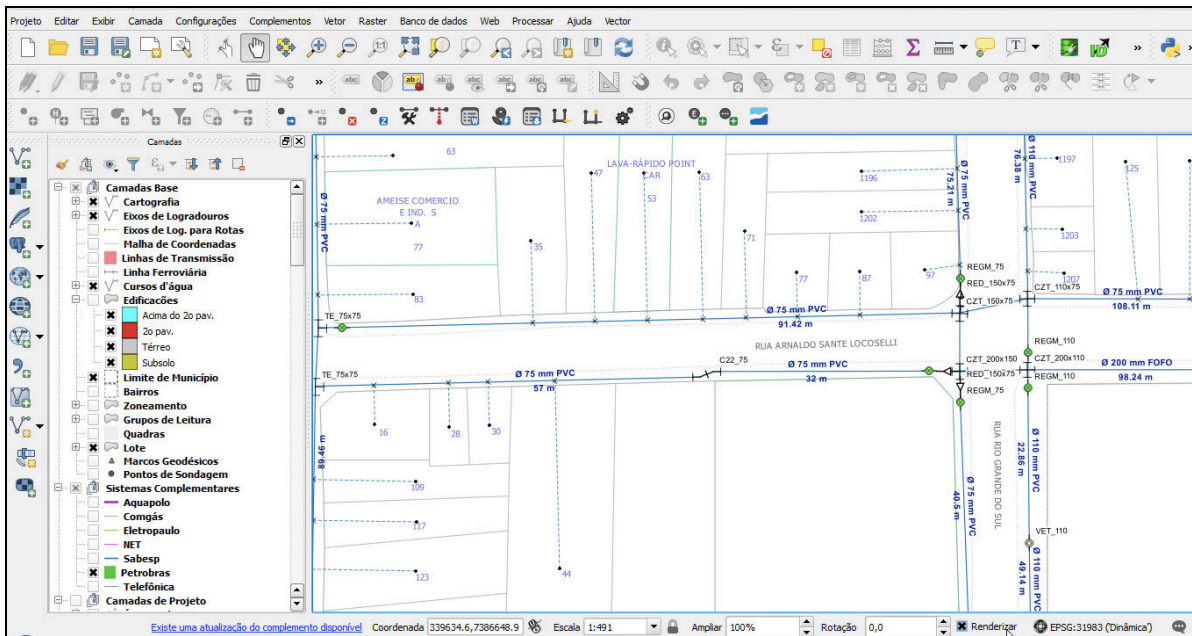


Figura 8: Cadastro Técnico georreferenciado do sistema de abastecimento de água

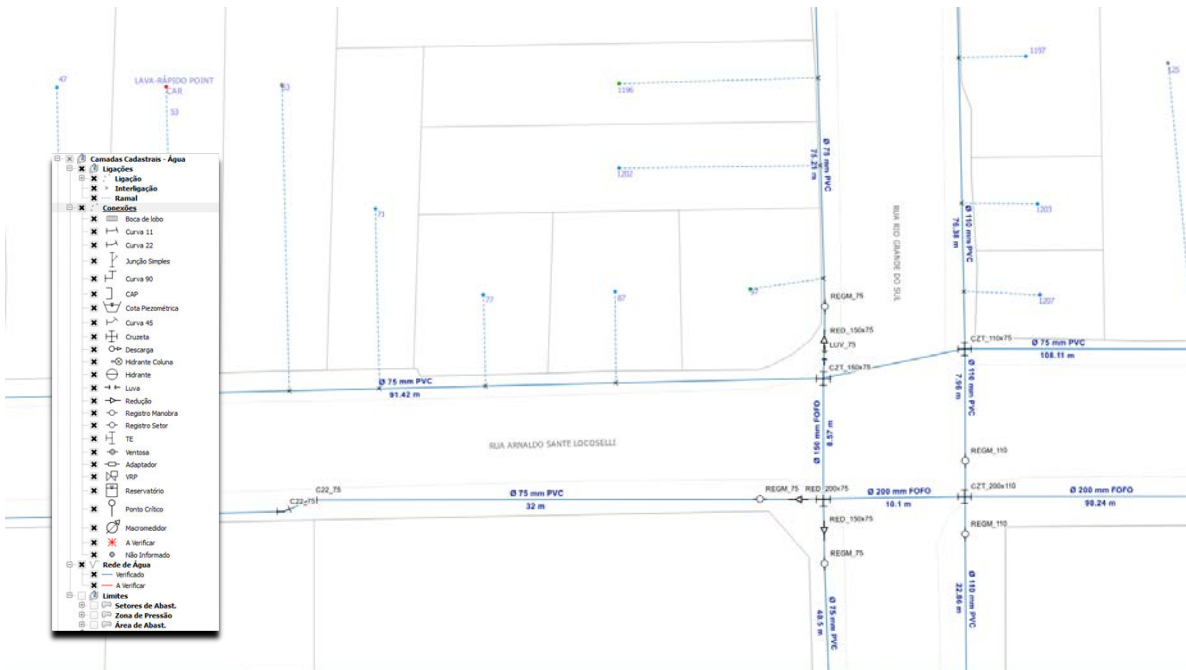


Figura 9: Detalhe do cadastro de Abastecimento de Água

COD_DAE	SPTU	Nome	Telefone	Categoria	Qtd. Economias	Nº Hidrômetro
1 8050005	080020019	LAVA-RÁPIDO POINT CAR	0	INDUSTRIAL	1	409L323530

SPTU	COD_DAE	Período	Consumo (m³/mês)	Customizado (m³)
1	080020019	8050005	2016-3	6
2	080020019	8050005	2016-7	6
3	080020019	8050005	2016-5	6
4	080020019	8050005	2016-8	4
5	080020019	8050005	2016-9	4
6	080020019	8050005	2016-6	5
7	080020019	8050005	2016-4	5

Figura 10: Exemplo de Catálogo de Ligações (Hidrômetro e Consumo)

RED DE PRESSÃO	VALVE	C/P	250 mm
50020	VRP_250		

TRECHO	PVC-HD_75	PPE	PVC	75 mm
10823				

Figura 11: Catálogo de Válvulas e Catálogo de Redes

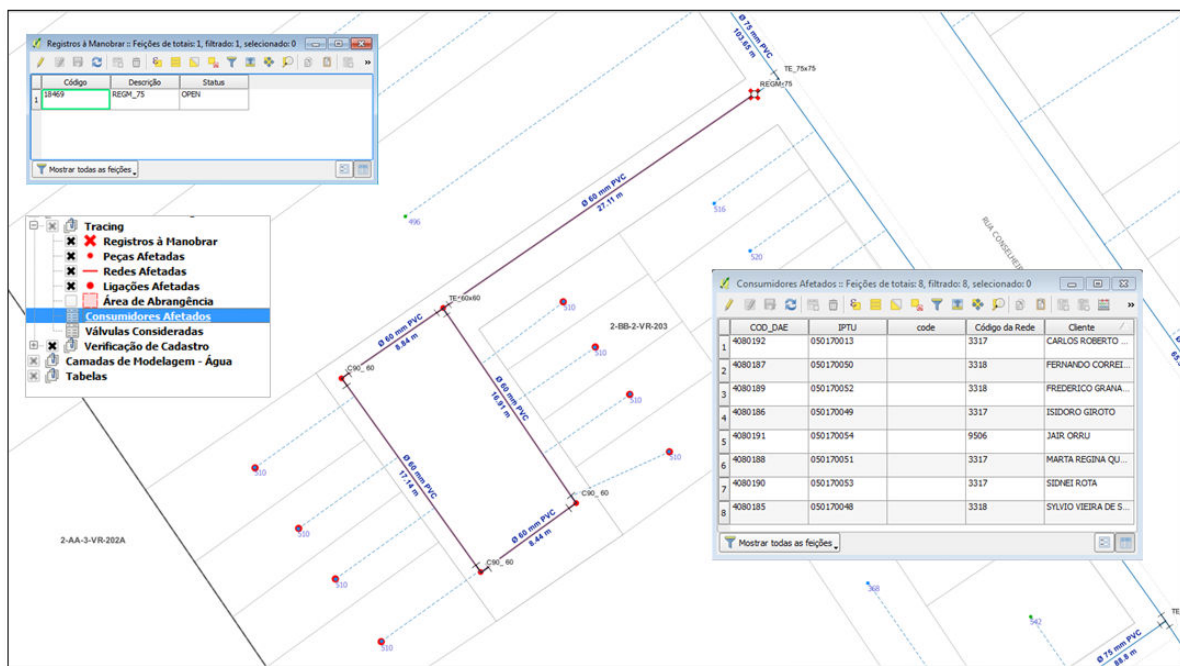


Figura 12: Exemplo de Aplicação do “TRACING”

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A ferramenta proposta apresenta-se como uma inovação tecnológica no que se refere a viabilizar o georreferenciamento dos cadastros existentes, quase sempre desatualizados e indisponíveis. A facilidade de instalação e disponibilidade dos software livres permite que a informação seja amplamente divulgada e disponibilizada.

Para a área de gestão operacional os ganhos são ainda maiores, visto que a informação de entrada, realizada de forma unificada e georreferenciada, possibilita que a análise seja mais rápida e especializada. Da mesma forma, esta informação pode ser utilizada para a análise de simulações hidráulicas de adequações e ampliações do sistema, com maior confiabilidade dos dados cadastrais.

Estes benefícios também se estendem para a melhoria operacional do sistema, tornando possível o mapeamento de intervenções e identificação de áreas de maior incidência de manobras e manutenção, além da possibilidade de interação com o sistema comercial e a geração de históricos de manutenção e a melhor caracterização das condições operacionais das redes de adução e distribuição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEUKEN, R.H.S., VAN DAAL, K.H.A., PIETERSE-QUIRIJINS, E.J., ZOUTENDIJK, F.J.M. “The use of GIS for analysis of water distribution networks”. Tenth International Conference on CCWI. Sheffield, UK. Pub.: CRC Press Inc., p. 93-98, 2009.
2. RAMESH, H., SANTHOSH, L., JAGADEESH, C.J. “Simulation of Hydraulic Parameters in Water Distribution Network Using EPANET and GIS” International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences, Dubai, p. 350-353, 2012.
3. FRANCESCHI, S., ANDREA, A. “GIS tools for water supply systems: an implementation using JGrassTools and gvSIG”. 11th International gvSIG Conference. Valencia, Spain. 2016.
4. BOSSLE, R.C. “QGIS e Geoprocessamento na Prática”. 1ª edição. Ed. Íthala. Curitiba, Brasil, 2015.
5. ROSSMAN, L.A. EPANET 2 User’s manual. USEPA, Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory. Cincinnati, USA, 2000.
6. ROCHA JR, A.S. “SQL Passo a Passo Utilizando PostgreSQL”, 1ª edição. Ed. Ciência Moderna. Rio de Janeiro, Brasil, 2014.