



## **TRANSFORMAÇÃO DIGITAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE PIRACICABA, SÃO PAULO**

### **Ramon Luiz Rocha Barbosa<sup>(1)</sup>**

Graduado em engenharia civil pela Universidade Federal de Minas Gerais. Engenheiro civil na Superintendência Operacional do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba.

### **Guilherme Gomes Matias<sup>(2)</sup>**

Graduado em engenharia civil pela Universidade Federal de Alagoas, com graduação sanduíche na University of California, San Diego (Estados Unidos). Engenheiro civil no Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba de fevereiro de 2020 a junho de 2022.

### **Idel Montalvo<sup>(3)</sup>**

Doutor (com honras) pelo programa de engenharia hidráulica da Universidade Politécnica de Valência (Espanha). Mestre em engenharia hidráulica (com honras) e especialista em gerenciamento de abastecimento urbano pela Universidade Politécnica de Valência (Espanha). Graduado em engenharia hidráulica pela Universidade Tecnológica de Havana (Cuba).

### **Thiago Diorio<sup>(4)</sup>**

Tecnólogo formado em Multimídia Computacional pela Universidade Metodista de Piracicaba em 2006 e Pós-Graduado em Desenvolvimento de Sistemas Web pela Faculdade Anhanguera em 2009. Analista de Suporte Técnico no Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba de janeiro de 2009 a maio de 2022.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua XV de Novembro, 2200 - Alto - Piracicaba – São Paulo - CEP: 13417-100 - Brasil - Tel: +55 (31) 99674-7780 - Fax: +55 (19) 3403-9611 - e-mail: [ramonlrbarbosa@gmail.com](mailto:ramonlrbarbosa@gmail.com).

## **RESUMO**

O abastecimento de água de maneira eficiente com o uso de ferramentas computacionais é desafiador, porém determinante para a manutenção e evolução das concessionárias de água. Nesse sentido, inicia-se a transformação digital do Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba. A construção de um modelo de simulação hidráulica que reflita a realidade das tubulações na cidade é parte primordial nesse processo. O levantamento e tratamento dos dados a partir do sistema de mapas com uso de *web services* é feito com o intuito de automatizar a leitura das informações registradas. O cadastro do sistema de abastecimento quando importado de forma programática na plataforma Watering Online cria um modelo hidráulico que pode simular as condições de operação do sistema. Além da atualização cadastral, leituras de registradores serão integradas no Watering de maneira que a calibração do modelo seja frequente e automatizada. Assim, a transformação digital foi iniciada e o modelo de simulação hidráulica foi desenvolvido, mas o empenho em melhorá-lo é constante. Os resultados, na prática, serão: diminuição das perdas físicas de água, diminuição dos custos operacionais e o aumento significativo no controle do sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Transformação Digital, Modelagem Hidráulica, Integração de Sistemas.

## **INTRODUÇÃO**

O Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE-PIRACICABA) é responsável pela captação, tratamento e distribuição da água para a cidade de Piracicaba, São Paulo. Além da prestação do serviço de abastecimento de água, promove também a coleta, transporte e tratamento de esgoto por meio de parceria público-privada. A população abastecida, conforme projeção do IBGE, é de 410.275 habitantes.

O acréscimo da demanda de água, o que acontece por diferentes motivações, impacta os sistemas de produção, adução, reservação e distribuição. Novos parcelamentos de solo são aprovados, porém a análise do impacto sobre o sistema de abastecimento nem sempre é capaz de avaliar o impacto global da nova demanda no sistema. Além disso, assentamentos informais elevam a demanda por água, através de ligações a princípio não autorizadas. Dessa forma, a demanda por água no sistema de abastecimento é continuamente alterada, sendo um desafio para o prestador de serviço de saneamento promover o abastecimento em quantidade suficiente, sem intermitências.

No cenário de escassez de recursos hídricos, o gerenciamento adequado do abastecimento de água demanda o bom conhecimento do operador de seu sistema. Portanto, ferramentas informatizadas para o monitoramento da

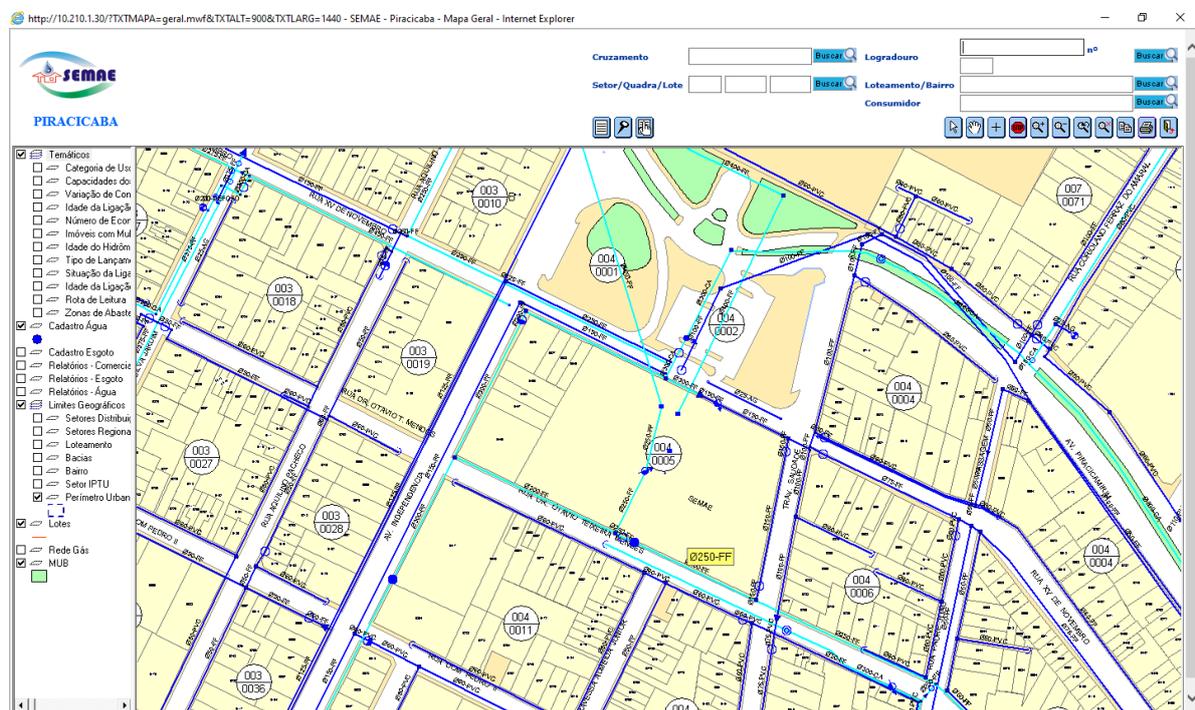
rede de distribuição de água são fundamentais para verificação das condições de abastecimento, gerenciamento de balanço hídrico e, conseqüentemente, de perdas de água. A atividade de projeto e aprovação de novos empreendimentos necessita de análise criteriosa do impacto sobre o sistema de distribuição, reservação e produção, assim a simulação hidráulica do novo empreendimento com as condições de contorno reais, por meio de modelo hidráulico atualizado e calibrado, é de suma importância para a qualidade do serviço de saneamento.

Em Piracicaba, o índice de perdas de água é de aproximadamente 45%. Nesse sentido, as principais causas das perdas físicas são as fraudes das ligações de água e os vazamentos de água tanto nos reservatórios como nas adutoras e redes de distribuição de água. Com a possibilidade de monitoramento em tempo real por meio de um sistema digitalizado, o tempo de detecção do problema diminui consideravelmente e, conseqüentemente, o tempo de resposta para o conserto.

### Considerações sobre o Cadastro Técnico - Sistema de Mapas

O *design* do cadastro técnico da rede de abastecimento de água é editado no sistema Computer-Aided Design - CAD, através do software AutoCAD da Autodesk.

As bases cadastrais são georreferenciadas em coordenadas de projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) no sistema geodésico de referência SAD69 ( South American Datum 1969). A Figura 1 a seguir é uma visão geral do Sistema de Mapas com o Cadastro de Água exibido.



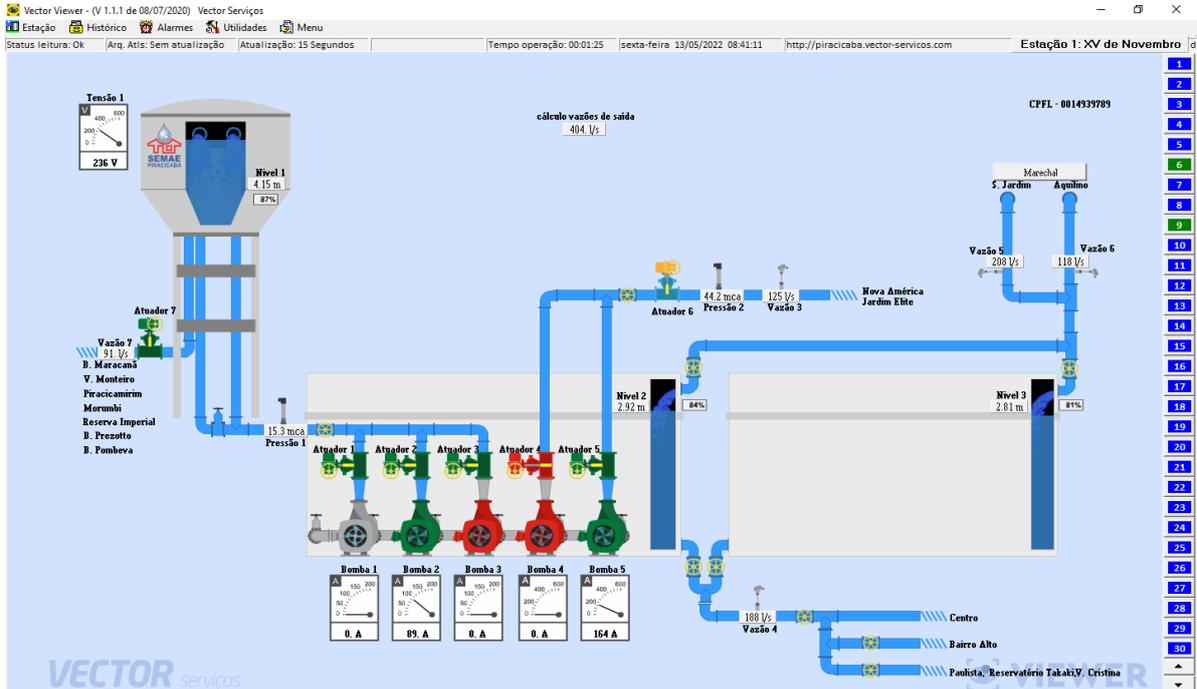
**Figura 1: Sistema de mapas do SEMAE de Piracicaba.**

### Considerações sobre os Sistemas de Telemetria

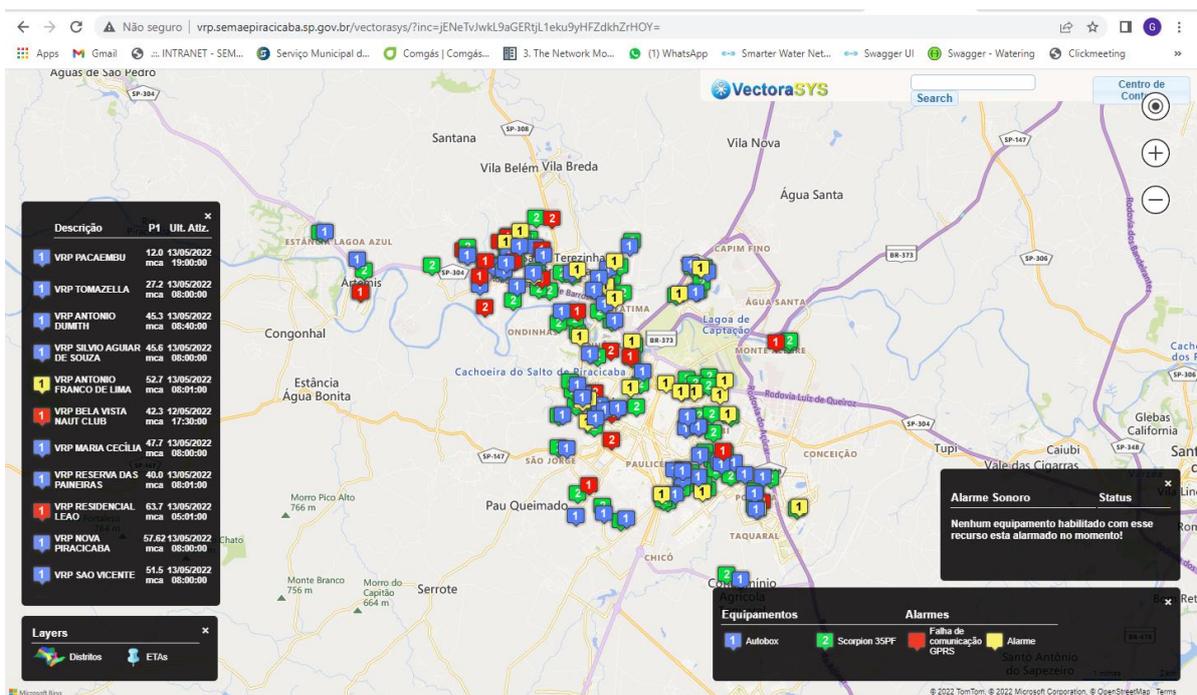
O sistema de abastecimento de água é monitorado e controlado por dois sistemas.

1. O sistema Vector (Figura 2) contém registradores analógicos com leituras de dados hidráulicos, pressão, nível e vazão, e outros dados de funcionamento em 54 sítios, incluindo captações, estações de tratamento, reservatórios e estações elevatórias, totalizando 248 registradores de nível, pressão e vazão. As medições são feitas e enviadas à base de dados a cada 15 minutos.

2. O sistema Vectora (Figura 3) dispõe de leituras de pressão e vazão em instalações de válvulas redutoras de pressão e em seus pontos críticos, totalizando 201 pontos na rede de distribuição de água. As medições são feitas a cada 15 minutos e os valores são enviados à base de dados a cada hora.



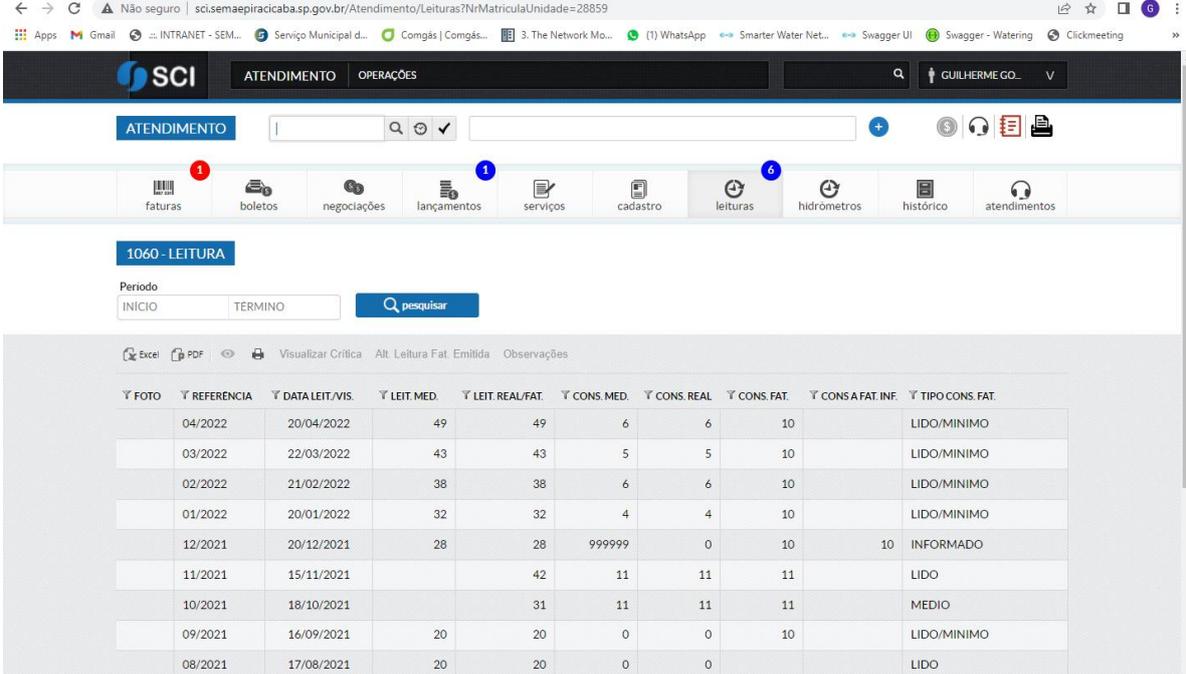
**Figura 2: Sistema Vector - monitoramento dos níveis de reservatório, pressão e vazão nas tubulações, além de corrente e tensão nos motores das bombas.**



**Figura 3: Sistema Vectora - monitoramento das válvulas redutoras de pressão e seus pontos críticos.**

## Considerações sobre o Sistema Comercial

O cadastro comercial dos usuários é gerenciado através do Sistema Comercial Integrado – SCI, visto na Figura 4 a seguir.



Y FOTO	Y REFERENCIA	Y DATA LEIT./VIS.	Y LEIT. MED.	Y LEIT. REAL/FAT.	Y CONS. MED.	Y CONS. REAL	Y CONS. FAT.	Y CONS A FAT. INF.	Y TIPO CONS. FAT.
	04/2022	20/04/2022	49	49	6	6	10		LIDO/MINIMO
	03/2022	22/03/2022	43	43	5	5	10		LIDO/MINIMO
	02/2022	21/02/2022	38	38	6	6	10		LIDO/MINIMO
	01/2022	20/01/2022	32	32	4	4	10		LIDO/MINIMO
	12/2021	20/12/2021	28	28	999999	0	10	10	INFORMADO
	11/2021	15/11/2021		42	11	11	11		LIDO
	10/2021	18/10/2021		31	11	11	11		MEDIO
	09/2021	16/09/2021	20	20	0	0	10		LIDO/MINIMO
	08/2021	17/08/2021	20	20	0	0			LIDO

**Figura 4: Sistema Comercial Integrado (SCI) - interface de usuário do sistema comercial do SEMAE, onde são obtidos os dados das micromedições.**

Além do endereço (logradouro, número, loteamento, bairro), o usuário é georreferenciado nesse sistema utilizando-se o DATUM WGS-84. O consumo de água do usuário é lido e armazenado no sistema mensalmente.

## Considerações sobre o Modelo de Simulação Hidráulica Existente

Com o intuito de cumprir o Plano Diretor de Combate às Perdas, elaborado entre 2013 e 2014, um modelo de simulação hidráulica das redes de água do SEMAE foi desenvolvido. No entanto, trata-se de um modelo computacional sem atualização automática dos elementos do sistema.

Devido à constante atualização cadastral, faz-se necessária a atualização manual do modelo hidráulico para compatibilidade da simulação computacional com a situação real. Por não haver pessoal dedicado exclusivamente a essa atividade, a atualização do modelo não acompanhou a atualização do sistema após a sua elaboração.

Dessa maneira, por mais de 6 anos, as alterações no sistema de abastecimento de água não foram refletidas no modelo hidráulico existente. Tornando-o não utilizável para as atividades de estudo e projeto. A partir desse interstício, a demanda para a sua atualização manual é inviável. Portanto, é necessário a criação de novo modelo hidráulico.

## Considerações sobre o Watering Online

O Watering Online é uma plataforma online, pertencente à Ingeniousware, start-up localizada em Karlsruhe na Alemanha, com a capacidade de criação, análise e monitoramento de modelos hidráulicos. O ambiente pode ser acessado a partir de navegadores de internet sem exigir qualquer instalação de programa adicional. Essa plataforma é pioneira em permitir edição multiusuário de modelos hidráulicos de redes de distribuição online. Um usuário pode criar, editar e remover um elemento e os outros usuários conectados ao mesmo cenário de



projeto receberão as alterações automaticamente em suas telas. É semelhante ao Google Docs, mas para modelos hidráulicos de redes de distribuição de água.

Os cálculos hidráulicos são executados em servidor virtual em nuvem, o que diminui os requisitos mínimos do computador do usuário, possibilitando o cálculo rapidamente a partir de qualquer máquina. Os resultados dos cálculos são todos salvos em um banco de dados. Os resultados de qualquer dos cálculos anteriores podem ser recuperados em qualquer momento por qualquer dos usuários conectados com o projeto. Isso poupa tempo de cálculo e disponibiliza os resultados diretamente para todas as pessoas envolvidas em um projeto.

Relevante para o caso deste projeto é o *web service* associado ao Watering Online. Todas as funcionalidades do Watering Online são acessíveis por meio de um *web service*. Isso possibilita a interação com a plataforma de forma programática e facilita sua integração a qualquer outra plataforma de software existente.

Além da construção de modelos hidráulicos de redes de distribuição de água e a execução de simulações, o Watering Online pode gerenciar medições de sensores provenientes de diferentes fontes de dados. Uma vez que uma fonte de dados de medição tenha sido definida no Watering Online, as medições recebidas podem ser usadas para atualizar automaticamente os modelos e executar o monitoramento da rede de água. Os resultados do modelo e as medições do sensor são combinados para alcançar o monitoramento da rede de água com sucesso.

O Watering possui um mecanismo denominado Measurement-Mapping para definir as associações entre as medições do sensor e seus nós correspondentes no modelo da rede hidráulica. Portanto, essa associação vai além da localização do sensor na rede, incluindo o que exatamente está sendo medido e a sua unidade de medida.

Os dados de sensores que não estão transmitindo dados online para nenhum servidor ou onde não é possível acesso externo ao *web service* podem ser integrados de qualquer maneira ao Watering Online. Valores coletados manualmente, por exemplo, podem ser salvos em um arquivo Excel e uma Macro criada em VBA pode fazer o trabalho de carregar as medições através de *web service* do Watering Online. Os usuários também podem recuperar as medições de *web service* do Watering Online para apresentar as informações em Excel e utilizá-las em qualquer relatório personalizado.

## OBJETIVO

Integrar os sistemas digitais do SEMAE para a melhor atividade de projeto de novas redes e monitoramento e controle das redes existentes com o uso da modelagem hidráulica.

## METODOLOGIA UTILIZADA

### Obtenção de dados do sistema de mapas

Os elementos do sistema de abastecimento de água são organizados no ambiente CAD em camadas, conforme as suas denominações. Objetivando-se a adequada organização da base de dados, tabelas são relacionadas às camadas do ambiente CAD, para tal há na base de dados 66 tabelas. Portanto, há tabelas na base de dados para os diferentes tipos de elementos do sistema de abastecimento, por exemplo, captações, estações elevatórias de água, hidrantes, válvulas, curvas 90° etc.

*Web Services* foram utilizados para a modelagem do sistema de abastecimento de água. Por meio deste método, todos os dados de cadastro técnico armazenados podem ser consultados através de *url*, sendo recebidos em formato JavaScript Object Notation - JSON. A autenticação para acesso a *url* é feita por *token*, para garantir a segurança dos dados.

O cadastro técnico é georreferenciado em coordenadas de projeção no datum SAD69, então foi necessária a transformação para coordenadas geográficas em graus no datum WGS-84 para que se adequassem ao Watering Online. A Calculadora Geográfica do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais - INPE (disponível no sítio eletrônico <<[www.dpi.inpe.br/calcula](http://www.dpi.inpe.br/calcula)>>), disponibilizada em linguagem de programação PHP, foi utilizada para essa transformação.

O cálculo transforma primeiramente a coordenada plana em coordenada geodésica para que então faça a transformação do sistema geodésico SAD69 para WGS-84. Os parâmetros de transformação de sistema geodésico foram conforme a Tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros de transformação de coordenadas. Fonte: IBGE, 2015**

Parâmetro	Valor (Metro)
$\Delta X$	- 67,35
$\Delta Y$	+3,88
$\Delta Z$	-38,22

As entradas e saídas da Calculadora Geográfica do INPE são em radianos. Portanto, os valores de saída dos pares de latitude e longitude foram obtidos por meio da calculadora em radianos e então transformados em graus para que pudessem ser arquivados na base de dados e, assim, estarem disponíveis para exportação.

As elevações aproximadas de elementos foram obtidas a partir de *web service* gratuito Open Topo Data (disponível no sítio eletrônico <<<https://www.opentopodata.org/>>>) para cada par de coordenadas. A precisão da elevação é de apenas 1 metro.

Três *web services* foram criados a partir do banco de dados do sistema de mapas para a obtenção dos dados do sistema de abastecimento, organizados nestas *urls*:

- URL 1 - Propriedades dos trechos da rede
- URL 2 - Listagem das tabelas da base de dados
- URL 3 - Propriedades dos elementos do mapa

As propriedades comprimento, diâmetro, identidade do nó inicial e do nó final dos tubos são obtidas a partir da URL 1. Além da identidade do nó inicial e final, as suas coordenadas geográficas em graus no datum WGS-84 e elevação aproximada são também obtidas pela URL 1.

O exemplo do elemento número 1 dos trechos da rede pode ser observado na Figura 5. O total de trechos é de 44282.

```
{
  - "rede": [Array[200]
    - 0: {
      "RN": "1",
      "TIPO": "REDE",
      "SBSAMKEY": "BA4-K55",
      "DIAMETRO": "50",
      "NO_INICIO": "2A3E-K55",
      "NO_FIM": "4FB-K55",
      "MATERIAL": "FF",
      "EXTENSAO_DIGITAL": "4,8",
      "NINI_COORDX": "-22.731997940731",
      "NINI_COORDY": "-47.639475223349",
      "NFIM_COORDX": "-22.732016792765",
      "NFIM_COORDY": "-47.639426928106",
      "TOTAL": "44282",
      "NINI_ELEVACAO": "566",
      "NFIM_ELEVACAO": "567"
    }
  ]
}
```

**Figura 5: URL 1 - o *web service* que fornece os dados dos trechos.**

Cada trecho de tubulação da rede de distribuição é iniciado e terminado em um nó, o qual na prática é uma peça do tipo cruzeta, tê, curva ou outras. Para cada tipo de peça, há um tipo de camada no ambiente CAD e, então, uma tabela na base de dados.

As tabelas da base de dados podem ser consultadas por meio do *web service* do URL 2. As informações das diferentes camadas são armazenadas em tabelas distintas. Nesse sentido, há um código de referência para cada tabela, pelo qual é possível consultar os dados contidos na tabela codificada por meio do *web service* do URL 3.

Na Figura 6 a seguir, “CODBLOCK” é o código referência das diferentes tabelas da base de dados. Por exemplo, “A004” é o código para a tabela na qual estão armazenadas as informações dos *boosters*. Há o total de 66 tabelas na base de dados, como pode ser observado na linha “TOTAL”.

```
{
  - "componentes": [Array[42]
    -0: {
      "CODBLOCK": "A002",
      "SBSAMDESC": "PEÇA",
      "LAYER": "RA_PECA",
      "GRUPO": "PECAS",
      "FUNCAO": "",
      "TOTAL": "66"
    },
    -1: {
      "CODBLOCK": "A003",
      "SBSAMDESC": "CONTINUIDADE",
      "LAYER": "RA_CONTINUIDADE",
      "GRUPO": "",
      "FUNCAO": "",
      "TOTAL": "66"
    },
    -2: {
      "CODBLOCK": "A004",
      "SBSAMDESC": "BOOSTER",
      "LAYER": "RA_BOOSTER",
      "GRUPO": "",
      "FUNCAO": "",
      "TOTAL": "66"
    }
  ]
}
```

**Figura 6: URL 2 - o *web service* que fornece o conjunto de tabelas do banco de dados.**

A consulta das propriedades dos elementos cadastrados que não são trechos de tubulação pode ser consultada por meio da URL 3. A Figura 7 a seguir demonstra o exemplo de uma das 21938 peças (conexões) da rede de distribuição que foram consultadas, nesse caso, uma curva 90° do material PVC do diâmetro 60 mm. As coordenadas geográficas em graus no datum WGS-84 e elevação aproximada também são obtidas.

Na URL 3, o código da tabela “CODBLOCK” é o parâmetro da *url* que define a tabela ser pesquisada, sendo assim a consulta das diferentes tabelas é feita alterando-se esse parâmetro. Na cadeia de caracteres da *url*, o antepenúltimo e penúltimo parâmetro define o intervalo de pesquisa, assim é possível fazer a pesquisa gradativamente, visando não sobrecarregar o servidor com a pesquisa de muitos dados simultaneamente.

No exemplo a seguir, é demonstrado a estrutura da *url* para a consulta de dados dos itens de 1 a 200 da tabela A002, por meio da URL 3.

Exemplo da URL 3: <https://sgi.semaepiracicaba.sp.gov.br/webAPI/componentesLista/1/200/A002>



```
{
  - "componentesLista": [Array[200]
    - 0: {
      "RN": "1",
      "SBSAMKEY": "4AB-K108",
      "COORDX": "-22.746537017705",
      "COORDY": "-47.716629758101",
      "COBLOCK": "A002",
      "ROTACAO": ",35",
      "ALTITUDE_Z": "0",
      "COTA_TERRENO": "0",
      "FONTE": "",
      "DT_IMPLANT": "",
      "DT_ABANDONO": "",
      "DIAMETRO1": "60",
      "DIAMETRO2": "0",
      "MATERIAL": "PVC",
      "INSERIDO_POR": "ADMIN",
      "OBSERVACAO": "",
      "TIPO": "CURVA 90º",
      "ESCALA_DESENHO": "1",
      "TOTAL": "21938",
      "ELEVACAO": "536"
    }
  ]
}
```

Figura 7: URL 3 - o *web service* que fornece os detalhes de uma tabela a partir do código da tabela.

### Integração de sistemas

Como mencionado anteriormente, todas as funcionalidades do Watering Online são acessíveis por meio de um *web service*, assim pode-se criar, editar e remover um elemento do modelo de forma programática.

Na Figura 8 a seguir é possível observar uma captura de tela de uma planilha Excel habilitada para macros para a leitura, criação e exclusão de *reservoirs* no Watering Online.

Para a leitura, o método “GET” é utilizado para enviar as identidades do projeto e o cenário a ser pesquisado. Então, todos os *reservoirs* pertencentes a essas condições serão listadas.

O método “POST” é utilizado para enviar os parâmetros do *reservoirs* a ser criado. Os dados são definidos conforme a leitura dos dados do Sistema de Mapas, importados a partir da URL 3. A exclusão é feita pelo método “DELETE”, definindo-se a identidade do *reservoir* a ser excluído.

Portanto, para cada tipo de elemento do sistema de mapa, um diferente *webservice* é utilizado para integrá-lo ao modelo hidráulico. Para isso, é necessário a interpretação dos dados, pois para a simulação hidráulica elementos como bombas e válvulas são como trechos, então nós adicionais precisam ser criados no modelo hidráulico para conectar as extremidades inicial e final de válvulas ou bombas aos tubos obtidos pela URL 1.



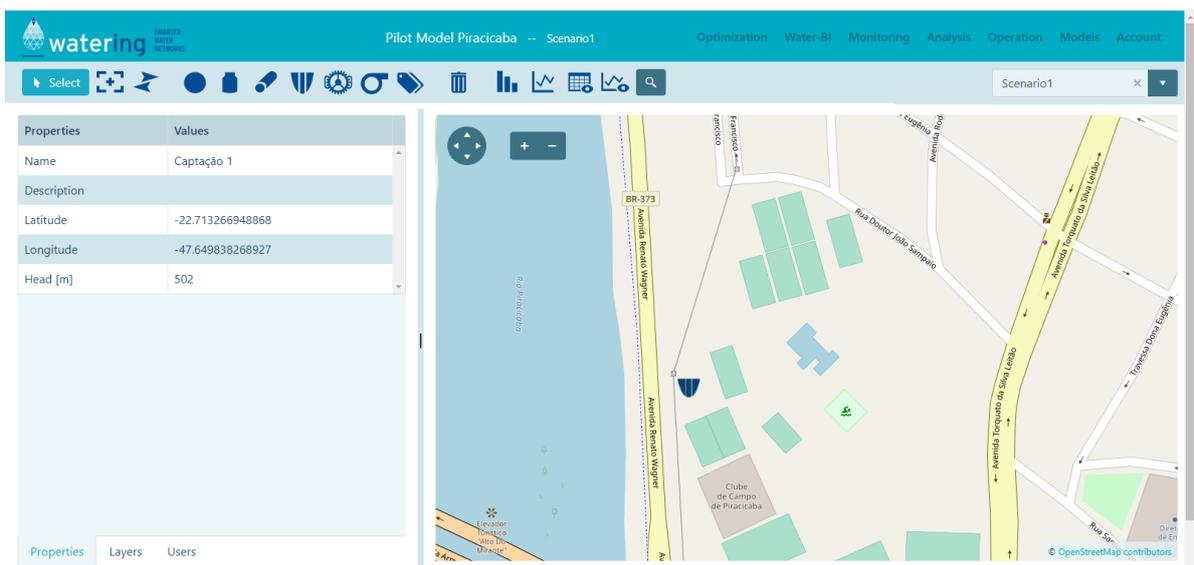
**Figura 8: Captura de tela de planilha para edição e exclusão de *Reservoir* do Watering Online**

Os outros sistemas informatizados envolvidos com o sistema de abastecimento foram integrados ao modelo hidráulico na plataforma Watering Online. Os *web services* dos sistemas de Vector e Vectora já estão disponíveis, porém é necessário ajustar os pontos dos registradores de pressão, vazão e volume aos nós e trechos do modelo hidráulico.

O *web service* do sistema comercial foi conectado ao Watering Online para extrair os dados de consumo de água. No Watering, esforços adicionais foram realizados para tornar os dados relevantes para a demanda de água nos nós do modelo hidráulico.

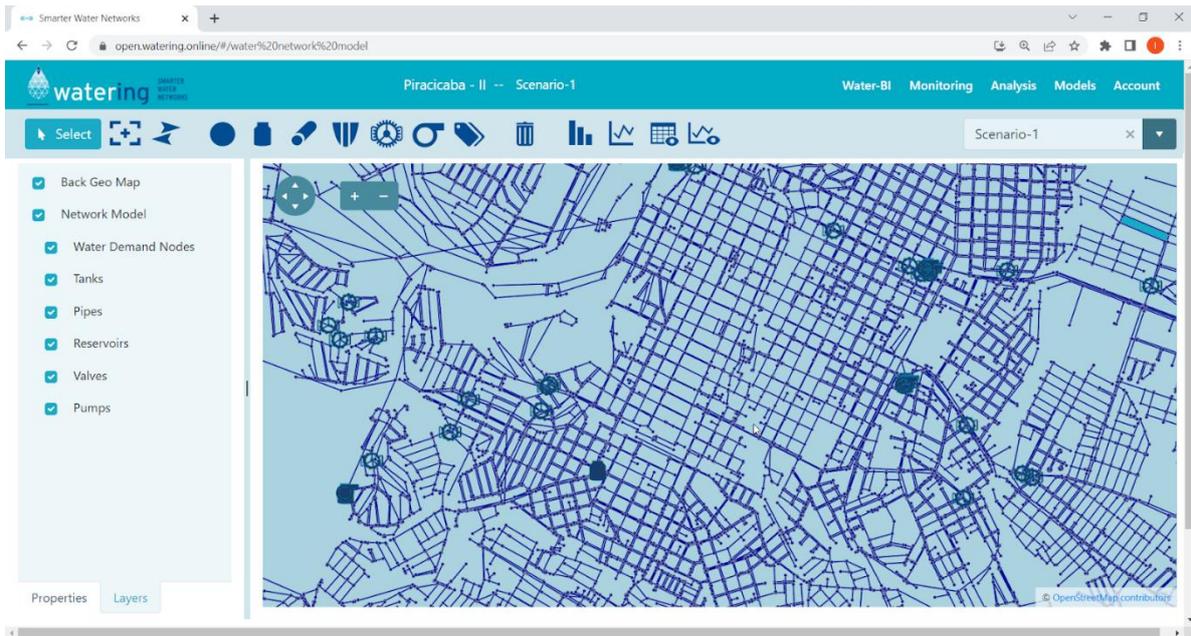
## RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 9 a seguir, observa-se, o exemplo da Captação 1 importada a partir do sistema de mapas e inserida no Watering Online conforme planilha da Figura 8. O uso dos *web services* foi testado para um elemento e, então, no próximo passo replicado para todo o sistema.



**Figura 9: Captura de tela de Captação 1 no Watering Online após ser inserida pela planilha da Figura 8.**

De forma programática, toda a rede de distribuição foi inserida no Watering Online e, então, a simulação pode ser executada. A Figura 10 a seguir demonstra uma visão ampla da modelagem hidráulica da rede de distribuição no Watering Online.



**Figura 10: Captura de tela de tela da rede distribuição de água no Watering Online**

## **ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O principal resultado obtido é a organização das bases de dados e a validação da metodologia por meio de *web services* para a criação e edição de modelos hidráulicos.

Além da validação da metodologia por meio de *web services*, a transformação das coordenadas geodésicas também foi validada, conforme comparação da Figura 9 e da Figura 11.

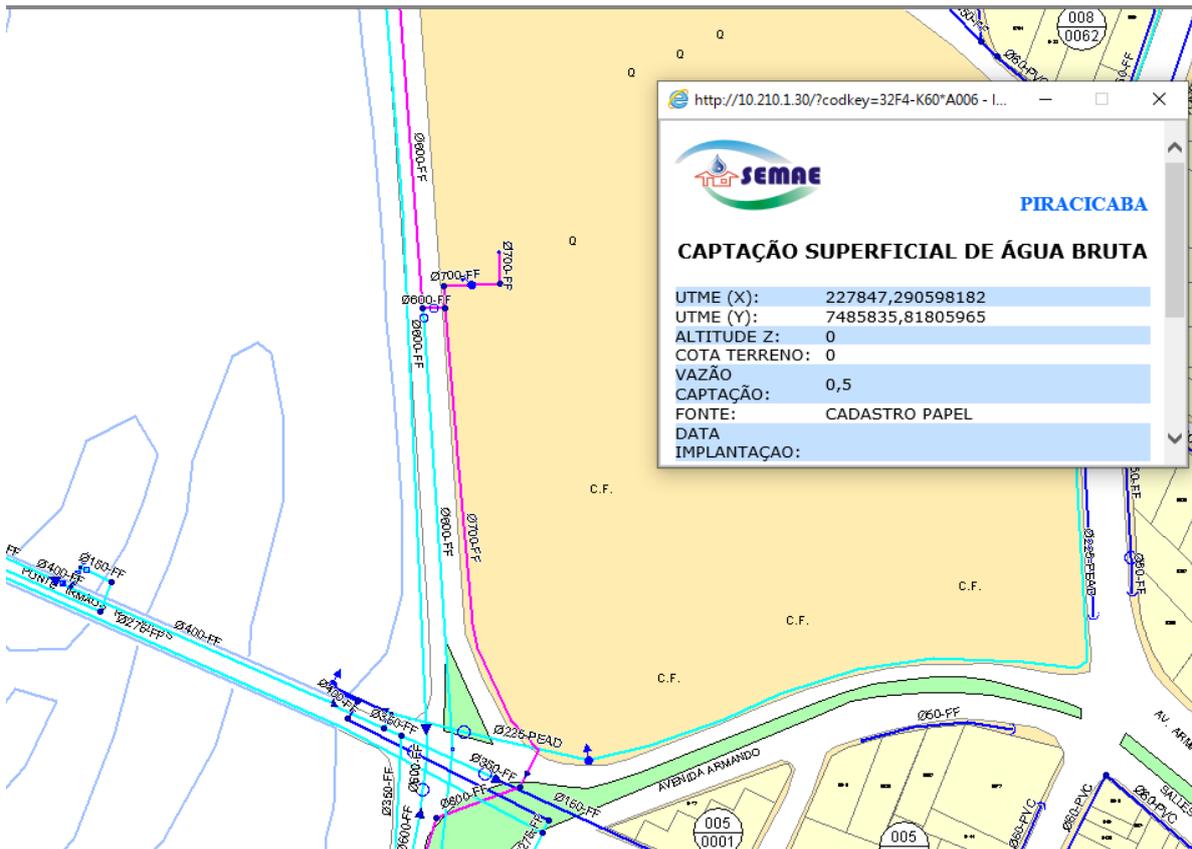


Figura 11: Detalhe da Captação 1 no Sistema de Mapas (fonte de água ou reservóir)

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

O objetivo final dessa transformação digital é reduzir os custos com água não faturada e operação por meio da detecção rápida de anomalias. Estamos confiantes de que é possível alcançar com uma implementação progressiva de um gêmeo digital e os passos que temos dado até agora vão nessa direção

A transformação digital foi iniciada no âmbito do SEMABE Piracicaba, pois foi já construída a ferramenta para a atualização do modelo hidráulico a partir da atualização do cadastro técnico. Portanto, a edição do arquivo do modelo hidráulico se tornou automática, não necessitando do trabalho de atualização do cadastro técnico e da modelagem hidráulica separadamente.

Esta sincronização com o cadastro técnico ajuda a manter o modelo atualizado com as últimas mudanças que ocorrem na rede real. No entanto, para um bom modelo hidráulico não é suficiente. Como próximo passo, estaremos focados na calibração do modelo com base nas medições do sensor recebidas e nos algoritmos de otimização incluídos no Watering.

O recebimento desses dados de leituras em tempo real possibilita a calibração do modelo para as diferentes condições de abastecimento por meio da criação de diferentes cenários de simulação para cada momento.

Uma vez concluída a parte de calibração, iniciaremos a fase de monitoramento. Dessa forma, a simulação hidráulica se aproxima de um sistema supervisor, pois há a possibilidade da utilização dos dados monitorados para o controle do sistema. Em um cenário de longo termo, a expectativa é tornar essa representação virtual um gêmeo digital. Seguindo uma abordagem holística, as próximas ações serão focadas na avaliação e otimização da quantidade de sensores instalados e suas localizações na rede.

O sucesso da integração dos sistemas, possibilitando no futuro a existência de um gêmeo digital, depende do envolvimento das diferentes equipes de trabalho, pois a qualidade das informações inseridas nos sistemas

informatizados é de suma importância para que a representação digital reflita a condição física de abastecimento de água. Então, a modelagem hidráulica deve ser desenvolvida estruturalmente no SEMAE, ou qualquer outro prestador de serviço de saneamento, para que os colaboradores desenvolvam suas atividades de forma coparticipativa com o objetivo de se construir um gêmeo digital.

Atualmente, o cadastro técnico é satisfatório para as redes de distribuição e adutoras, porém outros elementos do sistema de abastecimento não são devidamente cadastrados no sistema de mapas. Em próximo passo, há a necessidade de corrigir inconsistências cadastrais de dispositivos eletromecânicos, tais como válvulas e conjuntos moto-bombas, e reservatórios, para que o modelo construído se torne perfeitamente executável.

A análise do georreferenciamento do cadastro comercial indica erros de posicionamento dos usuários, então para o adequado levantamento de demanda de água e cálculo do balanço hídrico, o posicionamento desses terá que ser validado. Além disso, as leituras de unidades de macromedidores e micromedidores de condomínios precisam ser consultadas separadamente para que os subtotaís dos consumos micromedidos não se some ao consumo macromedido.

A otimização das localizações dos sensores, melhorias na calibração e estimativa de demanda serão realizadas nas etapas subsequentes para ter um modelo capaz de reproduzir a realidade da melhor forma possível e capaz de identificar qualquer anomalia que ocorra no sistema.

Por último, mas não menos importante, devemos observar que a quantidade de recursos necessários para realizar essas etapas da transformação digital é perfeitamente acessível por praticamente qualquer prestador de serviço de saneamento em nossa região. A transformação digital não deve ser algo exclusivo para grandes empresas ou para empresas com grandes orçamentos. Com a tecnologia de hoje, a transformação digital também é uma opção para pequenas e médias empresas e esperamos que nosso trabalho também as inspire.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTICA. Nota Técnica: Término do Período de Transição para Adoção no Brasil do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (Sirgas), em sua Realização de 2000,4 (Sirgas2000). 2015. Disponível em [http://geoftp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/nota\\_tecnica\\_termino\\_periodo\\_transicao\\_sirgas2000.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/nota_tecnica_termino_periodo_transicao_sirgas2000.pdf). Acesso em: 11/05/2022.