

**I-307 - ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO REMOTA ATRAVÉS DO USO DA REDE MUNDIAL DE COMPUTADORES (INTERNET) E PROTOCOLO TCP/IP PARA PARA MICRO CONSUMIDORES (HIDRÔMETROS RESIDENCIAIS)**

**Miguel Alvarenga Fernández y Fernández<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Mestrando em Engenharia Urbana pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PEU-UFRJ). Engenheiro Civil Hidráulico da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Professor do Curso de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ).

**André Amaral Horta<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Mestre em Engenharia Ambiental e Infraestrutura Sustentável pelo Instituto Real de Tecnologia (KTH - Suécia), Sócio-diretor da Horta Engenharia.

**Rafael Volquind<sup>(3)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PPGEP-UFRGS), especialista em Saneamento e Engenharia Ambiental de Obras Civas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pelo Instituto de Pós-Graduação (IPOG). Analista Engenheiro Civil da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM).

**Luiz Fernando da Silva<sup>(4)</sup>**

Engenheiro de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre em Engenharia de Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Engenheiro de Telecomunicações da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

**Ismael Santiago de Assis<sup>(5)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Souza Marques. Engenheiro Civil da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Brasil, 4365 - Manguinhos – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 21040-900 - Brasil - Tel: +55(21) 2209-2175 - e-mail: miguelyf@gmail.com

**RESUMO**

O Trabalho analisa a viabilidade técnica e econômica do desenvolvimento de um equipamento de medição remoto conectado diretamente a internet (sinal IP) para ser acoplado junto a hidrômetros residenciais individualizados. O usuário teria em tempo real dados sobre o consumo e o valor de sua conta parcial da prestadora dos serviços de saneamento local. Estas informações possibilitam o uso consciente do recurso hídrico na residência. Os moradores podem ser alertados quando seu consumo ultrapassar as faixas tarifárias, induzindo este a um uso mais controlado e racional. Para uma família típica de classe média fluminense com medição individualizada, 5 moradores consumindo 250L/hab.dia pela CEDAE, com uma redução de 5% no consumo o tempo de retorno no investimento para a compra do dispositivo de medição remota é estimado em 01 ano. Outra possibilidade de uso racional é para consumos que fujam da média parcial esperada. Através de um alerta ao usuário, este poderá iniciar a pesquisa antecipadamente por eventuais pequenos vazamentos de não fácil identificação, não necessitando esperar a próxima fatura para tomar ciência da questão. Para a mesma família estudada, essa questão poderia custar mais de R\$2.220,00. Este tipo de serviço já vem sendo implementado em grandes edificações, principalmente comerciais e industriais. Aplicando-se o conceito de domótica (casas inteligentes), uma tendência mundial, o presente trabalho estuda a possibilidade de se desenvolver um novo equipamento de medição remota para um mercado que surge com grande crescimento, focado no usuário residencial individual, o micro consumidor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Hidrômetros, medição remota, residências, casas inteligentes, domótica, uso racional da água.

## OBJETIVO DO TRABALHO

Analisar a viabilidade técnica e econômica do desenvolvimento de um equipamento de medição remoto conectado diretamente a internet (sinal IP) para ser acoplado junto a hidrômetros residenciais individualizados, visando dar acesso ao usuário em tempo real, dados sobre o consumo e o valor da conta parcial. Estas informações possibilitam o uso consciente do recurso hídrico na residência, pois o usuário pode ser alertado quando seu consumo ultrapassar as faixas tarifárias da prestadora do serviço, induzindo este a um uso mais controlado e racional, acarretando até em melhor planejamento financeiro familiar. Também possibilita que consumos que fujam da média parcial esperada sejam alertados ao usuário, que poderá iniciar a pesquisa antecipadamente por eventuais vazamentos, não necessitando esperar a próxima fatura dos serviços de saneamento para proceder por esta busca. Este tipo de serviço já vem sendo implementado em grandes edificações, principalmente comerciais e industriais. Aplicando-se o conceito de domótica (casas inteligentes), uma tendência mundial, o presente trabalho estudará a possibilidade de se desenvolver um novo equipamento de medição remota para um mercado que surge com grande crescimento, focado no usuário residencial individual, o micro consumidor.

## METODOLOGIA UTILIZADA

O uso racional da água é um tema frequentemente abordado pela sociedade brasileira. A disponibilidade de água de fácil e barato tratamento está mais restrita para uma população que está cada vez maior e mais concentrada. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Ministério das Cidades, o preço médio nacional do metro cúbico de água vendido passou de R\$0,78 em 1996 para R\$3,74 em 2014, o que configura um aumento de 380%. Neste mesmo período a inflação acumulada oficial medida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) através do índice IPCA foi de 204%.

Com o aumento substancial do custo da água tratada, tecnologias de consumo eficiente e consciente vêm sendo empregadas pelos usuários na busca de um uso mais racional da água. Medição individualizada de água em edifícios traz benefícios ambientais, econômicos e sociais, como uso racional, gestão do consumo e justiça social devido à cobrança apenas do volume consumido (LIMA et al, 2016). Os setores industrial e comercial estão na vanguarda destes desenvolvimentos, em alguns casos pelo alto consumo pontual, mas principalmente pelo alto valor da tarifa destes setores, quando se comparado ao residencial. Por exemplo, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) possui uma estrutura tarifária atual, de agosto de 2016, onde o custo base do metro cúbico de água residencial (primeira faixa de consumo, entre 0 e 15m<sup>3</sup>/mês) é de R\$3,30, enquanto que o custo base de água para ligações industriais é de R\$17,21/m<sup>3</sup> e para comerciais, R\$11,25/m<sup>3</sup> (Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 30 de agosto de 2016).

Segundo OLIVEIRA (1999) ações que permitem um uso mais racional da água (eficiente e consciente) podem ser separadas em três categorias: econômicas, sociais e tecnológicas.

- Ações Econômicas – incentivos e desincentivos econômicos. Os incentivos podem ser propostos por meio de subsídios para a aquisição de sistemas e componentes economizadores de água e de redução de tarifas. Os desincentivos podem ser implementados elevando-se as tarifas de água;
- Ações Sociais – campanhas educativas e de conscientização dos usuários implicando a redução de consumo através da adequação de procedimentos relativos ao uso da água e da mudança de comportamento individual;
- Ações Tecnológicas – substituição de sistemas e componentes convencionais por economizadores de água, implantação de sistemas de medição setorizada do consumo de água, detecção e correção de vazamentos, reaproveitamento de água e de reciclagem de água servida.

Um dos principais vilões estruturais do mau uso de água em residências se dá nas edificações verticalizadas (prédios), onde a conta de água (economia) é única, dividida igualmente entre as unidades. AZEVEDO NETTO (2015) indica que “nas localidades onde a água é medida e cobrada, o consumo é sensivelmente menor em relação aquelas onde a medição não é efetuada”. A individualização da medição é uma tendência que caminha na direção do uso racional da água. A lei 11.445 que define as diretrizes do saneamento básico foi altera pela lei 13.312 quanto aos seus aspectos econômicos e sociais, onde foi estabelecido que “torna obrigatória a medição individualizada do consumo hídrico nas novas edificações condominiais”. Muitos municípios e até estados já haviam legislado sobre a obrigatoriedade da individualização da medição de novas

edificações, mas em cinco anos essa será uma realidade das novas construções civis no Brasil. A Figura 1 apresenta um exemplo de uma nova edificação já ajustada as condições de medição individualizada de água ao lado esquerdo e de gás ao lado direito.



**Figura 1. Exemplo de edificação com medição individualizada**  
**Fonte: Autores (2016)**

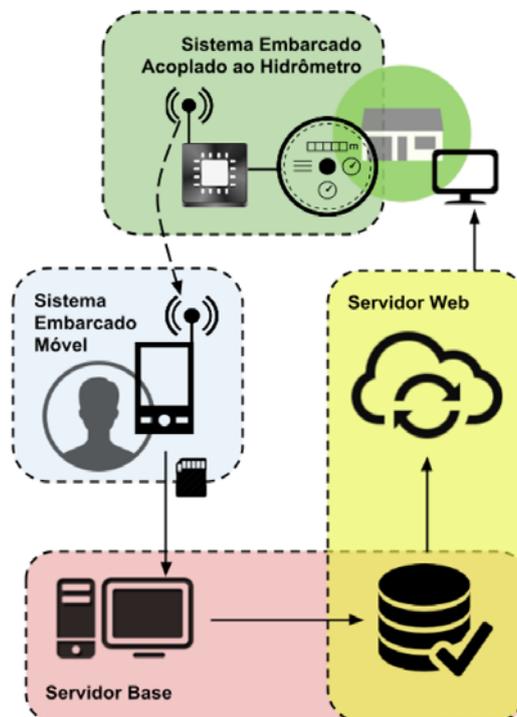
Com a individualização das medições de consumo de água por unidade residencial, a telemedição ou medição remota tende a ser para o usuário uma possibilidade interessante de potencial financeiro. Hidrômetros com este dispositivo conectados com a internet permitiriam que o usuário soubesse “online” e “ontime” o consumo parcial de sua residência por um “smartphone” ou qualquer outro dispositivo que permita conexão com a internet. Essa informação além de poder ser uma importante ferramenta de planejamento orçamentário familiar, possibilitaria o uso mais consciente da água por parte do usuário que seria alertado toda vez que o consumo mensal ultrapassasse as chamadas “bandeiras” tarifárias por faixa de consumo. Além disso, a identificação de vazamentos poderia ser mais rápida, pois estas geram consumos que fogem da média parcial esperada o que acarretaria em alertas ao usuário, que poderia iniciar previamente a pesquisa antes mesmo da conta de água do mês seguinte (LOUREIRO ET AL, 2007).

A tecnologia de medição remota para insumos como energia, água e gás está consolidada principalmente na área industrial. Observa-se que os conceitos dos equipamentos desenvolvidos foram para atender a realidade deste setor, que exige baixo custo, segurança, garantia e controle nos dados enviados para o seu centro de comando. O principal tipo de envio de sinal optado pelos desenvolvedores destes equipamentos de medição remota foi o de radiofrequência.

O mais provável é que quando a tecnologia de medição remota foi migrada para o setor residencial, os conceitos empregados no desenvolvimento do setor industrial foram herdados. Primeiramente esta tecnologia veio para atender aos interesses das companhias prestadoras do serviço de abastecimento de água. A ideia principal era de redução nos custos de medição com redução de pessoal, redução de tempo e também de erros das anotações.

Empresas privadas observaram neste desenvolvimento tecnológico uma oportunidade de negócio também pelo lado do usuário. Com os sucessivos aumentos acima da inflação nas tarifas dos serviços de saneamento, a implantação de tecnologias de uso racional da água passou a ter viabilidade econômica, mesmo para edificações residenciais. Na última década surgiram no mercado algumas dezenas de empresas espalhadas pelo território brasileiro que trabalham no emprego de tecnologias de redução de perdas, eficiência e controle no uso da água. No estado de São Paulo, por exemplo, a ONG ProAcqua possui uma parceria com a SABESP de quase dez anos no sentido de promover a individualização e medição remota do consumo das edificações.

Um sistema modelo de medição remota consiste de um hidrômetro padrão residencial (multijato) que custa, sem obras civis, instalado em torno de R\$300,00. Para o envio dos sinais de medição remota é necessário a instalação de Sensores Emissores de Sinal de Radiofrequência, que custam em média R\$400,00 cada. Estes sensores são projetados para se ajustarem a diversos fabricantes de hidrômetros. Alguns fabricantes já produzem tipos de hidrômetros com o envio de sinal de telemedição incorporado, que tem um custo total semelhante ao do hidrômetro e do sensor emissor quando adquiridos separadamente. Em linhas gerais o sistema padrão de telemedição funciona da seguinte forma: o sinal enviado em radiofrequência pelo hidrômetro é captado por um dispositivo específico que tem como objetivo armazenar os dados originais e enviá-los para um servidor. Deste servidor os dados são armazenados em um banco de dados, cujas informações poderão ser disponibilizadas, via internet, para os usuários através de uma plataforma web ou algum aplicativo para uso em dispositivos. A Figura 1 ilustra este sistema.



**Figura 1. Diagrama da estrutura um sistema padrão de medição remota**  
Fonte: PASSON, I., QUADROS, M.A.C., AVEIRO, T.G. (2015)

A concepção desta estrutura padrão é de que os dados sejam primeiro encaminhados para um servidor de “controle” para depois serem disponibilizados para o usuário. Este modelo encarece o processo quando o objetivo final for simplesmente disponibilizar os dados ao usuário, pois são necessárias 3 etapas intermediárias até que os dados estejam acessíveis no servidor web. Entretanto, se o sinal de pulso enviado pelo sensor emissor instalado no hidrômetro for em IP ao invés de radiofrequência, seria possível de forma muito mais barata e simples, disponibilizar os dados de medição ao usuário diretamente e constantemente. Fazendo uma analogia tecnológica esta solução seria algo semelhante ao que hoje é feito nas televisões que são adaptadas para “Smart TVs” através de “dongles” (dispositivos que são conectados à porta HDMI/USB e permitem que a televisão se conecte a internet).

Assim, foram estudadas duas principais situações sobre a ótica do consumidor, que podem ser atraentes para um usuário ter interesse em adquirir um equipamento de medição remota para seu hidrômetro:

- 1) Consumo “racionalizado” através da informação da mudança da faixa tarifária;
- 2) Correção ou mitigação de vazamento de forma antecipada ou anomalias no consumo.

## RESULTADOS OBTIDOS

- Caso 1 – Faixa Tarifária

Considerando uma casa com cinco moradores de classe média de uma cidade grande, onde cada morador consoma em média 250L/dia, conforme estimado por AZEVEDO NETTO (2015), teremos em um mês um consumo de aproximadamente 37,5m<sup>3</sup> nesta economia. Para fins de exemplo e análise de viabilidade financeira, será considerado a estrutura tarifária da CEDAE vigente, que está apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1 - Estrutura Tarifaria CEDAE – Fonte: Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 30ago2016**

Preço por faixa de Consumo -Tarifa Residencial - CEDAE - ago2016					
m <sup>3</sup> /mês	0-15	15-30	31-45	45-60	>60
R\$/m <sup>3</sup>	3,30995	7,28189	9,92985	19,8597	26,4796

Importante identificar que o custo final da conta em locais com esgotamento sanitário é multiplicado por 2 (dois), pois além de ser cobrado o abastecimento de água é cobrado também a coleta e o tratamento do esgoto gerado. Assim, a cobrança média mensal pelos serviços de saneamento desta casa, para 37,5m<sup>3</sup>/mês, seria de R\$466,70.

Partindo da premissa estabelecida que os moradores desta casa com o dispositivo de medição remota, com o aviso de mudança de faixa de cobrança, vão reduzir o consumo, podemos simular a Tabela 2, onde é calculada a economia total em valor presente considerando uma taxa de juros de 0,5% ao mês, através de reduções de consumo (0-25%), por um período de tempo estabelecido de até no máximo 3 anos.

**Tabela 2 – Simulação de economia na conta de água/esgoto – Caso 1**

Tempo (Anos)	Redução de Consumo	Unidades	0%	5%	10%	15%	20%	25%
		(l/hab.dia)	250	238	225	213	200	188
	Redução gastos	R\$/mês	0,00	37,24	74,47	111,71	148,95	186,18
1	Economia Total	R\$	0,00	432,65	865,31	1.297,96	1.730,61	2.163,27
2	Valor Presente		0,00	840,17	1.680,34	2.520,52	3.360,69	4.200,86
3	Juros 0,5% a.m.		0,00	1.224,02	2.448,03	3.672,05	4.896,06	6.120,08

- Caso 2 – Vazamento

Uma torneira aberta gera um vazamento médio de 10L/min. Em uma madrugada de 6 horas com uma torneira esquecida aberta não identificada, uma situação bastante plausível de ocorrer, teremos um vazamento de aproximadamente 3,6 m<sup>3</sup>, o que resultaria para as condições do exercício anterior um custo adicional de R\$71,50 para aquela casa. Um simples vazamento por gotejamento contínuo em um sanitário desregulado gera em média um consumo de água de 6,5m<sup>3</sup>/mês o que acarretaria em um custo adicional de R\$129,09/mês.

Em edificações verticalizadas, a medição individualizada de água é destacada como uma “ferramenta-chave” da gestão de consumo de água (CARVALHAES e MEIRELLES, 2015). Com a hidrometração individualizada o dispositivo de medição remota poderia alertar os moradores diretamente sobre qualquer consumo constante por mais de um período pré-determinado, por exemplo um vazamento oculto, evitando que este só fosse descoberto após o recebimento da cobrança da companhia. Muitas vezes os moradores demoram meses até desconfiar que existe um pequeno vazamento. Nos casos de condomínio com casas, essa situação pode levar a

uma análise mais profunda da instalação hidráulica, pois o dispositivo de medição remota teria que ter alguma conexão com a boia da cisterna e da caixa de água superior.

## **ANÁLISE DOS RESULTADOS**

No caso 1, pode-se observar que mesmo a condição limite de análise, redução de consumo em 5% e tempo de retorno em 1 ano, a economia gerada de R\$432,65 em teoria seria o suficiente para comprar um dispositivo de medição remota. Em termos tecnológicos é válido considerar que o custo do dispositivo apresentado neste estudo custará aproximadamente o mesmo que o um de radiofrequência, pois os custos das peças são semelhantes. Claro que um novo dispositivo terá custos iniciais adicionais de desenvolvimento, inserção no mercado e escala que podem vir a aumentar o custo inicial de uma unidade, mas com o tempo não há motivos para não crer que a tendência é estabilizar em preços de venda próximos ou até mais baratos.

No caso 2, como vazamentos são eventos esporádicos, não faz sentido uma análise de retorno do investimento com base em custo contínuo, mas a ordem de grandeza dos custos observados nos exemplos demonstra a importância econômica que este dispositivo pode gerar aos usuários.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O desenvolvimento de um Sensor Emissor de Sinal por IP para Medição Remota de Hidrômetros demonstra ter viabilidade financeira, principalmente na Análise Econômica do Caso 1 sobre os alertas para busca por redução de consumo para não ingressar em faixas tarifárias de maior custo por metro cúbico, como pode ser observado através dos resultados da Tabela 1.

Mesmo que o custo deste dispositivo venha a ser 4 (quatro) vezes maior que o de Radiofrequência por se tratar de uma tecnologia nova que ainda não ganhou escala de produção para redução de custo de fabricação, este se pagaria em 3 (três) anos sobre a condição limite de redução em só 5% de consumo.

A análise econômica do caso 2 não nos permite fazer uma avaliação de projeção por não se tratar de um evento contínuo, mas nos permite analisar o risco financeiro que um vazamento não identificado pode representar. Por exemplo de extrapolação, mas que não se configura em um caso absurdo, em um hidrômetro sem medição remota constante com alertas de fuga de padrão de consumo, um pequeno vazamento de 1 litro por minuto não visível que inicie no meio do mês e que só será identificado após o recebimento da fatura, durará em média até uns 30 dias para ser sanado. Este vazamento pode custar para uma família média residencial sobre as tarifas da CEDAE mais de R\$2.200,00. Um único evento seria o suficiente para pagar o dispositivo.

Uma dificuldade estrutural que o Sensor de Medição Remota por IP possa encontrar é da necessidade de que a casa já possua uma rede sem fio (Wi-Fi, WiMAX, 4G, etc.), interligada a algum provedor/operadora de Internet, e que este sinal tenha cobertura até o local onde o hidrômetro esteja instalado. Porém, com a tendência de cada vez mais as casas se tornarem “smart houses”, a necessidade da presença do sinal de WI-FI de internet constante por toda sua área se torna presente também pelos outros todos sistemas “smarts” que já existam ou por ventura venham a ser implantados. Um usuário interessado em instalar um controle remoto para conhecimento de seu consumo de água, dificilmente já não possuirá esta infraestrutura instalada em sua casa, justificando o fato de este custo não ter sido adicionado na análise.

Outro ponto de dificuldade é o da calibração do “software”, seja um aplicativo de celular ou uma plataforma digital. A gama de diversos tipos de tarifas por diferentes localidades, com seus reajustes periódicos, gera uma complexidade que o desenvolvedor do “software” deve planejar para mitigar os ajustes manuais necessários pelo usuário. Uma questão que pode gerar pequenos erros de valor final da fatura e o estimado pelo sistema remoto é que as companhias prestadoras do serviço de saneamento nem sempre realizam a leitura do hidrômetro no mesmo dia do mês. Em alguns casos chegam a cobrar um consumo estimado ao invés de medir, fazendo a correção só no mês seguinte. Nesta situação a companhia pode estar superfaturando a cobrança ao estar enquadrando o seu consumo de forma “errônea” em uma faixa tarifária superior. A medição remota permitiria uma fácil identificação deste problema.

Por fim, recomenda-se um estudo aprofundado com vista nos custos de desenvolvimento de Sensores Emissores de Sinal por IP para Medição Remota não só de Hidrômetros, mas também para os medidores de energia elétrica e gás. A viabilidade financeira nestes outros setores pode ser até maior do que na de saneamento. A domótica para obtenção de dados na busca de consumo eficiente e consciente é uma tendência mundial, logo desenvolvimento de tecnologias nesta direção tendem a ser úteis e viáveis. Recomenda-se também que o mesmo estudo de viabilidade econômica seja realizado para outras grandes prestadoras de serviço, variando as faixas de consumo e tarifárias, afim de ratificar a viabilidade econômica do dispositivo em escala nacional.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AZEVEDO NETTO, FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ, M. Manual de Hidráulica, Ed. Edgard Blucher Ltda, 9ª Edição, São Paulo, 2015, p. 408 e 412.
2. CARVALHES, M. C., MEIRELLES, C. R. M. Gestão de Água em Edifícios: Medição Individualizada. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.11, p. 148-463, 2005.
3. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Série Histórica do IPCA, <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em: 24 de outubro de 2016.
4. LIMA, B.C., YAMAGUCHI, J. K., KUSSABA, L. L., FERREIRA, E. T. Sistema de Medição Individualizada de Água Estudo de Caso de Edifício Comercial em São Paulo. REEC – Revista Especializada de Engenharia Civil, v.11, p.56-66, 2016.
5. LOUREIDO, D., ÁLVARES, A., COELHO, S>T. Aplicação de Sistemas de Telemetria Domiciliária em Sistemas de Distribuição de Água. In. I conferência INSSAA – Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água, Barcelos (Portugal). Livro de Atas de Conferência Nacional. Barcelos: Iniciativa nacional para a Simulação de Sistemas de Abastecimento de Água, 2007.
6. OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em sistemas prediais. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
7. PASSON, I., QUADROS, M.A.C., AVEIRO, T.G., Sistema de Telemetria de Hidrômetro Residencial. Curitiba, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Computação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
8. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, CASA CIVIL, Lei 13.312 de 12 de julho de 2016.
9. SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Ministério das Cidades, <http://www.snis.gov.br/>. Acessado em: 24 de outubro de 2016.