

IX-331 - EXPERIÊNCIA DE COCRIAÇÃO EM SANEAMENTO: UM ESTUDO DE CASO DE COMO OTIMIZAR RECURSOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS CONSIDERANDO O ENVOLVIMENTO DO CLIENTE

Altamar Alencar Cardoso⁽¹⁾

Mestre em Economia pela Universidade Federal de Campina Grande, especialista em Automação Industrial pela Faculdade Senai. Gerente de Novos Negócios e Inovação na CAGEPA-PB. Doutorando em Administração na Universidade Federal da Paraíba.

Pedro Jácome de Moura Junior⁽²⁾

Doutor em Administração pela Universidade Federal da Paraíba, Professor do magistério superior da Universidade Federal da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Feliciano Cirne, 220 - Jaguaribe - João Pessoa - PB - CEP: 58015-570 - Brasil - Tel: (83) 3218-1200 - e-mail: altamar@cagepa.pb.gov.br

Endereço⁽²⁾: Universidade Federal da Paraíba, Cidade Universitária, Campus I, João Pessoa - PB - CEP: 58000-000 - Brasil - Tel: (83) 3216-7389 - e-mail: pjacome@sti.ufpb.br

RESUMO

No Brasil, a falta d'água é a principal causa de reclamações dos clientes nas redes sociais. Atualmente, as concessionárias atuam de forma reativa às reclamações dos clientes e/ou investem no monitoramento automático das redes de distribuição, que devido ao custo elevado de CAPEX e OPEX, não atingiram maior parte das redes de abastecimento do país. É muito frequente que o desabastecimento de um rede esteja atrelado a rompimentos de adutoras, que acarretam também no aumento das perdas e em uma menor eficiência hidroenergética do sistema. As tendências de cocriação com os clientes e os avanços das TICs em redução de custos e aumento de capacidade de processamento, estão habilitando soluções inovadoras em vários setores econômicos capazes de reduzir custos do prestador e/ou criar mais valor percebido pelo cliente. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma solução de IoT (Internet das Coisas), considerando os recursos e o engajamento do cliente. A metodologia do trabalho seguiu uma abordagem de *Design Science Research*, através da caracterização da classe de soluções de IoT, otimização da solução considerando a participação do cliente, validação do interesse do cliente na cocriação e validação dos resultados através de análise de aplicação do MVP (produto mínimo viável). Como resultado, foi possível identificar quais recursos os clientes podem compartilhar para a criação da solução de IoT, os benefícios para o negócio (eficiência hidroenergética) e os benefícios para os usuários.

PALAVRAS-CHAVE: Cocriação, Design Science Research, Abordagem Sociotécnica, Eficiência Hidroenergética, Automação.

INTRODUÇÃO

As concessionárias de abastecimento de água e tratamento de esgotos têm sido demandadas a garantir a sustentabilidade ambiental, econômica e social na prestação de seus serviços, tanto na ampliação da cobertura de abastecimento quanto no aumento da eficiência da prestação nos locais já atendidos (Cordoba, Satiel, Haleem & Penalosa, 2021). Questões do tipo “como ampliar a oferta de água potável, respeitando a capacidade de carga dos mananciais, cada vez mais impactados pelos efeitos das mudanças climáticas?” e “como conceber e manter redes de abastecimento e coleta de esgotos em comunidades com baixo adensamento populacional, como as comunidades rurais?” exemplificam como o incremento da universalização e eficiência da prestação dos serviços exigem das concessionárias novas tecnologias e novas abordagens de modelo de negócios, ao tempo em que sensibilizam a gestão e a opinião pública.

Neste setor (fornecimento de água potável e coleta de esgotos), a percepção de valor por parte dos clientes/consumidores está diretamente associada à recepção continuada (sem interrupções) dos serviços (da Silva, da Silva, Neto, da Silva, & Caffé, 2017; Lima, Arruda & Baumann, 2017) enquanto por parte dos provedores está diretamente relacionada à promoção da saúde e cidadania (Rezende, Roland, & Heller, 2022). Há, portanto, uma diferença entre expectativas que tem sido explorada à luz de abordagens teóricas convencionais, que visam estratificar clientes para entregar o valor (Kartajaya, Setiawan, & Kotler, 2021). Tais abordagens apresentam limitações por negligenciar a possibilidade de que os clientes participam da criação de valor (Vargo & Akaka, 2021, que podem ser superadas por uma perspectiva mais abrangente e que contemple não as percepções isoladas de valor, mas a integração entre atores na criação conjunta (cocriação) de valor.

O fenômeno da cocriação vem se apresentando como relevante para inovações e novos modelos de negócios (Prahalad & Ramaswamy, 2004). De acordo com Vargo e Akaka (2021), todo valor é co-criado e se dá através da interação e relacionamento mutuamente benéficos. Este é um dos princípios da abordagem da Lógica Dominante de Serviço (LDS), abordagem teórica que considera serviço como a essência da troca. Na perspectiva da LDS todos os bens produzidos têm seu valor nos serviços prestados e que só podem ser valorados pela experiência do consumidor em sua utilização (Vargo & Akaka, 2021).

Portanto, é possível otimizar recursos na adoção de soluções tecnológicas para o saneamento ao considerar o fenômeno da cocriação no design de sistemas?

Um estudo realizado acerca de postagens de redes sociais de usuários de 14 das maiores concessionárias de saneamento do Brasil apresentou evidências de que o problema de natureza operacional é a causa de sentimento negativo mais frequente, sobretudo questões de faltas de água (Cardoso & de Moura, 2021). Portanto, as falhas no abastecimento que geram falta d'água parece ser uma dor recorrente que os clientes sentem. Controlar as pressões na rede de abastecimento, podem evitar rompimentos das tubulações (Bezerra & Cheung, 2013), bem como o monitoramento em tempo real das pressões pode identificar com maior rapidez possíveis vazamentos e faltas d'água. Portanto, é de interesse das concessionárias expandir o monitoramento das pressões de abastecimento nas redes de abastecimento de suas responsabilidades. Entretanto, podem estar limitadas por limitações tecnológicas, como disponibilidade de rede de comunicação e energia, e/ou custos relacionados às tecnologias tradicionais.

Portanto, esse trabalho busca apresentar uma alternativa que viabilize a disseminação da tecnologia de monitoramento e controle de pressões na rede abastecimento. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é propor um artefato de construção de Internet of Things (IoT) para monitoramento de pressão da rede de abastecimento considerando os requisitos de baixo custo, menor impacto ambiental e a participação do cliente não só como consumidor, mas co-criador do serviço de abastecimento.

Sistemas de IoT podem ser subdivididos em quatro módulos: elemento sensor, suprimento de energia, processamento e transmissão de dados (Santos et al 2016). Este artigo busca rever esses quatro módulos de construção de uma solução de IoT, considerando a participação do cliente como um fornecedor de recursos para a concretização da solução. O artigo também busca introduzir a abordagem de LDS no setor de saneamento, sobretudo nas decisões de adoção de tecnologias.

Entretanto, também é necessário avaliar em que condições o cliente dos serviços de água e esgotos estariam dispostos a participar da cocriação de soluções para a gestão do abastecimento, sobretudo monitoramento de pressões da rede. Desta forma, este trabalho busca identificar as condições que os clientes disponibilizaram recursos.

Portanto, o objeto geral é decomposto em dois objetivos específicos: (i) avaliar possibilidades de cocriação a partir dos quatro módulos de composição do sistema de IoT; (ii) validar o interesse do cliente em co-criar a solução de IoT.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa se baseia no paradigma de uma Design Science Research (Dresch, Lacerda & Antunes Jr, 2015) cujo objetivo não é o de explicar a realidade conforme sua natureza real, mas propor artefatos para controlar o fenômeno. Tendo em vista o desafio de combinar tecnologias existentes considerando o ambiente ecológico, social e econômico.

Seguiu-se o framework de uma DSR conforme proposto por (Dresch et al, 2015), partindo da identificação do problema através de revisão da literatura e chegando a identificação dos possíveis artefatos. Chegou-se a identificação das soluções convencionais de IoT para monitoramento de pressões da rede, bem como alternativas de baixo custo.

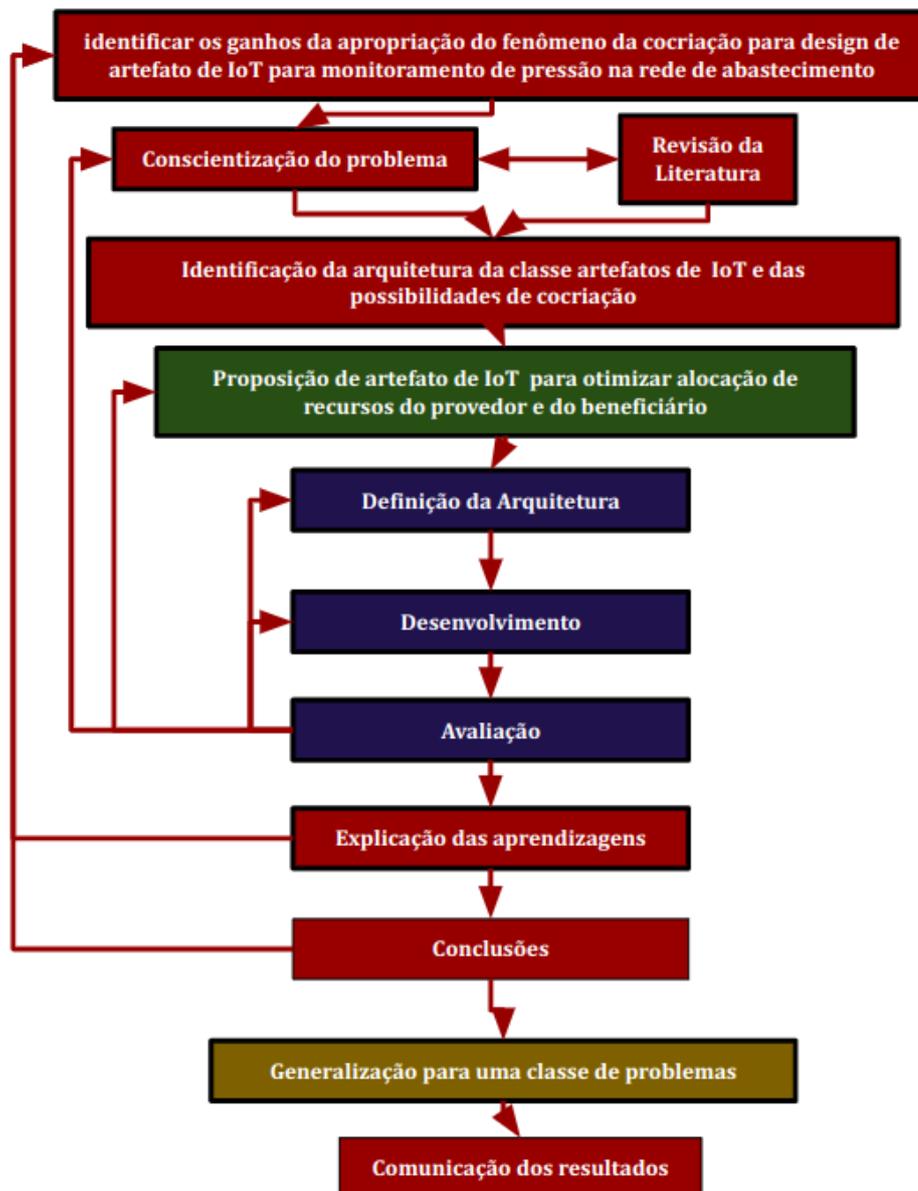


Figura 01 : framework DSR

Desenvolve-se um artefato baseado em um *Sistem on Chip* (SoC) modelo nodemcu Esp8266 que agrega os módulos de processamento e transmissão de dados. O suprimento de energia foi utilizado na própria rede de alimentação disponível na residência do cliente, bastando uma fonte simples de celular garantir o suprimento

de 5 Vdc, para módulo de sensor, utilizou-se um sensor piezoresistível de range de 0 - 120 mca. O custo total para composição da solução é de R\$ 250,00.

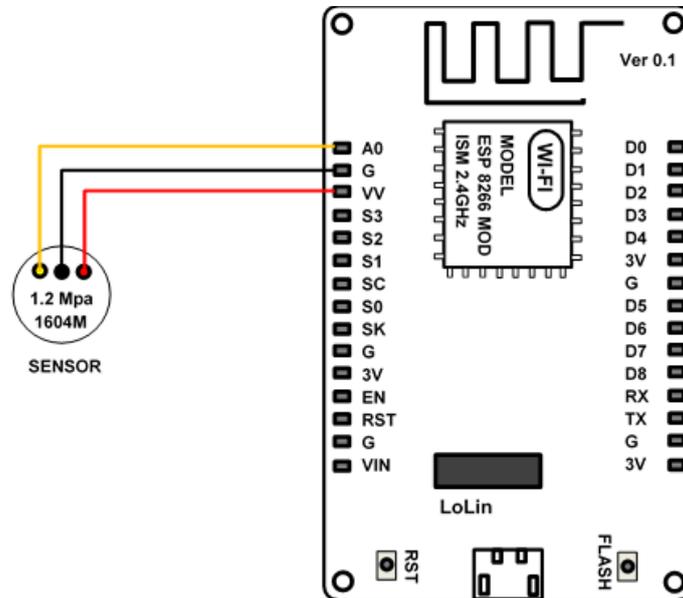


Figura 02 : esquema básico do artefato

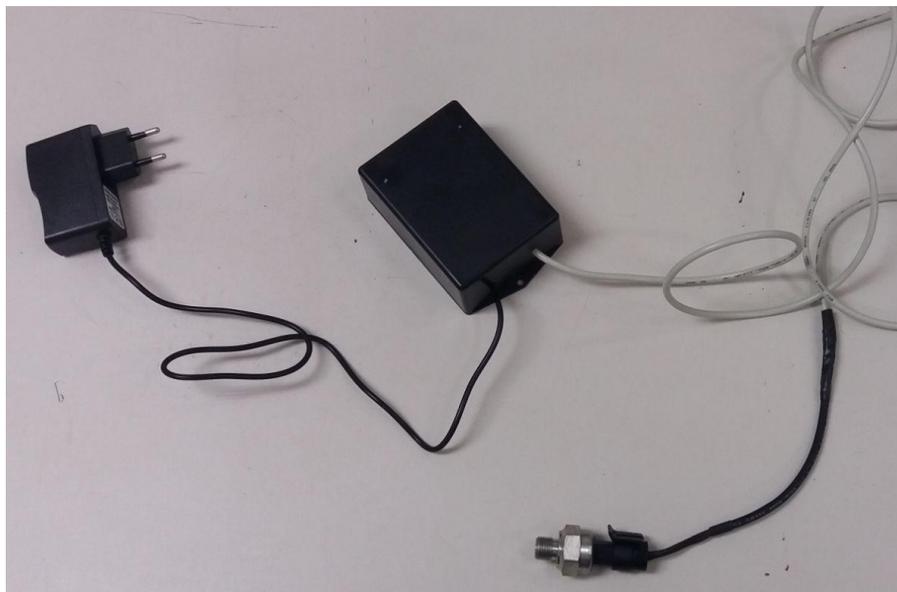


Figura 03: artefato do produto mínimo viável (MVP)



Figura 04 : Modo de instalação do sensor de pressão na torneira de jardim

O artefato foi instalado na área de abrangência de uma concessionária de abastecimento em um bairro da cidade de João Pessoa, e a informação da leitura da pressão é enviada para o Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Central da concessionária. Permitindo o comparativo com outras soluções, conforme detalhado no trabalho de Cardoso, Melo, Camboin & Dias (2021).



Figura 06: tela de configuração do dispositivo IoT

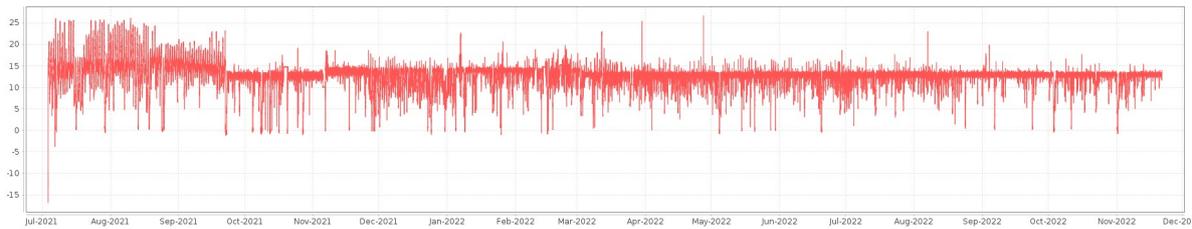


Figura 07: dados disponíveis de jul. 2021 à nov. de 2022 do SCADA Central

Para validação do artefato, foram comparados os quatro módulos que compõem uma solução de IoT, através dos dados disponíveis no Scada Central de outras sensores e controladores mais robustos, e da avaliação qualitativa de gestores e técnicos da companhia. Outra validação importante de caráter técnico, consistiu na utilização da informação de pressão da rede do artefato para modulação de sistemas de injeção direta da rede controlados por inversores de frequência.

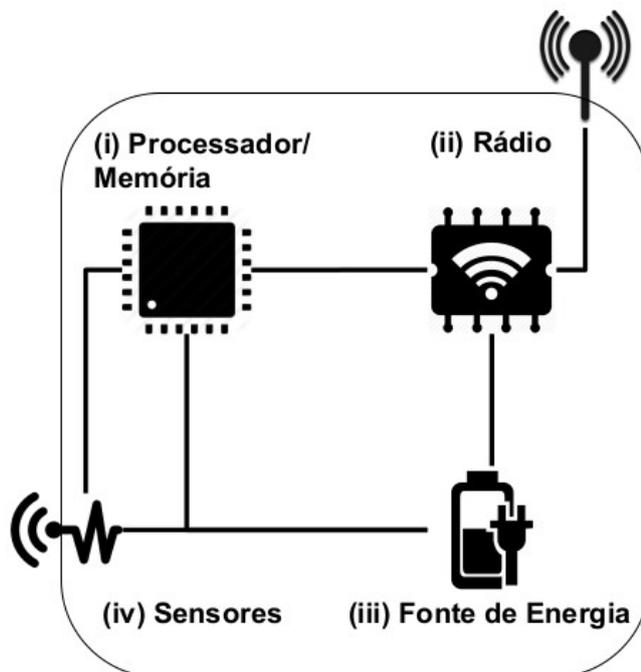


Figura 08: Arquitetura dos dispositivos de IoT Fonte: Santos et al (2016)

Para a validação do interesse de adoção por parte do cliente, foi adicionada uma pergunta a questionário de satisfação anual dos clientes do município de Campina Grande, também de responsabilidade da mesma concessionária. O questionário foi aplicado por uma empresa de especializada em levantamento estatísticos a todos os clientes do município que tiverem algum contato com concessionária para fazer solicitações e/ou reclamações.

A pergunta foi elaborada após a identificação da viabilidade técnica e econômica da possibilidade de alocação dos requisitos de suprimento de energia e acesso a rede de internet wireless por parte do cliente. Desta forma, perguntou a mais de 1,7 mil clientes em que condições ele estaria disposto a fornecer os requisitos supracitados para instalação de um equipamento de IoT em seu domicílio.

RESULTADOS OBTIDOS

Elemento sensor embora de baixo custo, apresentou precisão satisfatória para a necessidade de monitoramento de pressão da rede de abastecimento. A utilização de algoritmo de média móvel no próprio artefato aumentou a estabilidade da leitura e a comparação do sensor de baixo custo com convencional, e reduziu a necessidade de processamento do Scada Central.

Com relação ao módulo de suprimento de energia elétrica, foi realizada uma análise qualitativa em que se destacou que, por não precisar de bateria, o equipamento pode enviar dados a uma frequência maior que a solução com bateria, permitindo da informação para controle de bombeamento em malha fechada. O impacto na conta de energia é irrelevante considerando o consumo médio de 200 mW do artefato e uma tarifa média de R\$ 0,46 por kWh, tem-se um gasto de menos de R\$ 0,10/mês.

O controlador do SoC foi programa em linguagem C++, uma linguagem de alto nível, com uma comunidade bastante ativa no desenvolvimento de bibliotecas para sistemas IoT baseados no Esp8266 entre outros SoC e/ou microcontroladores. O conversor analógico digital de 10 bits é suficiente para as necessidades de monitoramento e controle.

Com relação a validação do interesse do cliente em permitir a instalação em sua residência. Cerca de 6,7% dos respondentes aceitariam fornecer energia e acesso a internet para a concessionária instalar o equipamento de IoT, e pagariam pelo acesso aos dados na forma de alertas de falta de água ou vazamentos. Ao considerar os que aceitariam instalar sem custo ou se tivessem desconto na conta, esse percentual sobe para mais de 1/3 dos clientes. Comprovando que existe uma parcela considerável de clientes que aceitariam compartilhar seus recursos disponíveis para co-construir uma solução que os beneficie individualmente. Observa-se que escolaridade e nível de renda aumentam o interesse na solução (considerando a soma dos três níveis de confirmação de interesse).

Tabela 01: interesse em co-criar em relação à escolaridade

Nível de escolaridade	Não tem interesse	Não sabe	Não informou	Sim, estaria disposto a pagar uma taxa para acesso aos dados	Sim, se recebesse acesso aos dados sem custo	Sim, se recebesse um desconto na conta
s/ escolaridade	59,60%	14,90%	2,10%	2,10%	17,00%	4,30%
1º grau	54,60%	7,90%	2,50%	5,10%	19,70%	10,20%
2º grau	51,10%	6,10%	1,70%	7,00%	26,50%	7,70%
3º grau	44,00%	5,30%	1,50%	8,70%	28,90%	11,20%
pós-graduado	53,20%	2,10%	0,00%	6,40%	21,30%	17,00%
geral	48,70%	6,70%	4,40%	6,50%	24,90%	8,80%

Tabela 02: interesse em co-criar em relação à renda familiar

Faixa de renda familiar mensal	Não tem interesse	Não sabe	Não informou	Sim, estaria disposto a pagar uma taxa para acesso aos dados	Sim, se recebesse acesso aos dados sem custo	Sim, se recebesse um desconto na conta
até R\$ 2,9 mil	53,60%	6,60%	1,50%	4,80%	22,80%	10,60%
entre R\$ 2,9 mil e R\$ 7,1 mil	47,00%	5,10%	0,60%	9,80%	27,60%	9,80%
superior a R\$ 7,1 mil	49,00%	8,00%	1,00%	9,00%	26,00%	7,00%
geral	48,70%	6,70%	4,40%	6,50%	24,90%	8,80%

Constatou-se também que a partir da disponibilidade do IoT, foi possível otimizar o consumo de energia da unidade operacional que abastece a área de influência monitora pelo dispositivo. Considerando o período de mudança de regime a partir de julho de 2021, em relação ao período de janeiro de 2020 a junho de 2021, observa-se uma economia média de consumo de 27%. Adotando uma tarifa média de R\$ 0,46, estima-se uma economia mensal na ordem de R\$ 8.000,00 por mês. No gráfico abaixo é possível observar um decaimento durante o período de transição, depois uma estabilidade em um nível de consumo inferior a partir de então. A análise de variância entre os consumos dos dois períodos apresenta um p-valor < 0,05, sendo considerado uma diferença estatística do consumo de Kwh/mês significativamente diferente. O consumo, embora tenha apresentado uma leve queda, de cerca de 1%, foi considerado estatisticamente insignificante, p-valor > 0,05.

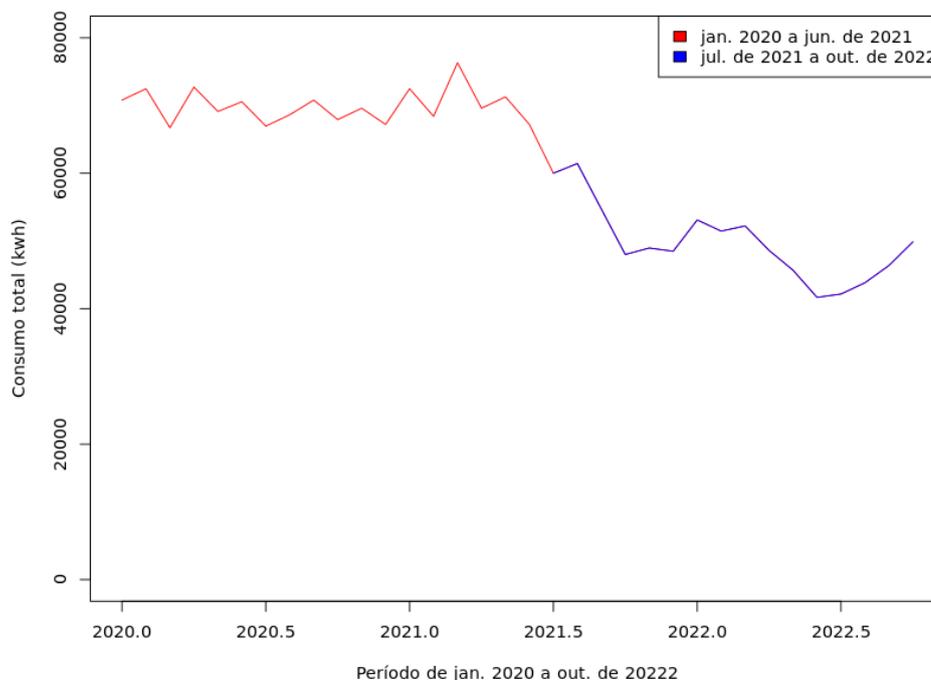


Figura 09: Evolução do consumo de energia da unidade operacional que abastece a região monitorada pelo dispositivo de IoT

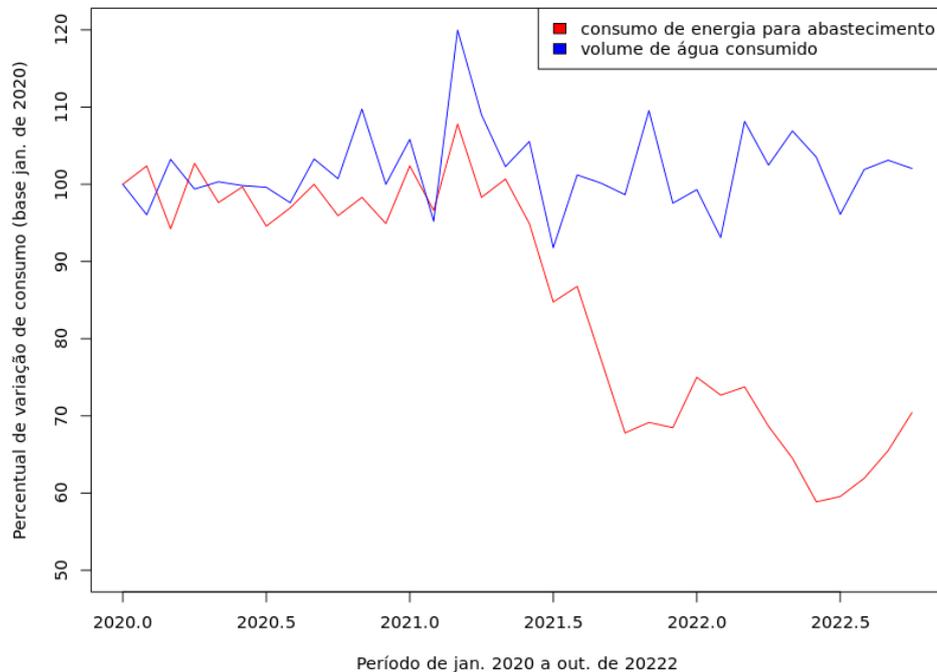


Figura 10: Evolução comparativa entre consumo de energia para abastecimento e consumo de m³ de água dos clientes da área monitorada pelo dispositivo de IoT

ANÁLISE DOS RESULTADOS

O artefato proposto, ao considerar a participação do cliente como co-criador, pôde alocar ao cliente os requisitos de suprimento de energia e rede de dados, viabilizando o envio de informações com frequência maior a um custo menor. Este resultado implica em uma capacidade de fornecer maior quantidade de informação no tempo (mais dados por dispositivo) e espaço (maior quantidade de dispositivos devido o custo unitário do dispositivo).

Assim como a resolução de uma imagem digital depende da quantidade de pixels, a qualidade da precisão do monitoramento da rede de abastecimento depende da quantidade de pontos de medição. Portanto, a redução do custo de um ponto de medição é um fator relevante para um monitoramento e controle mais eficiente da rede de abastecimento.

Esse resultado técnico se traduz em impacto social quando a disponibilidade desses dados possibilitam a identificação de falta de água com maior precisão, bem como habilita a adoção de soluções de controle de pressão na rede através da modulação em malha fechada de injeções da rede de abastecimento, garantindo pressão suficiente mesmo nos horários de maior consumo.

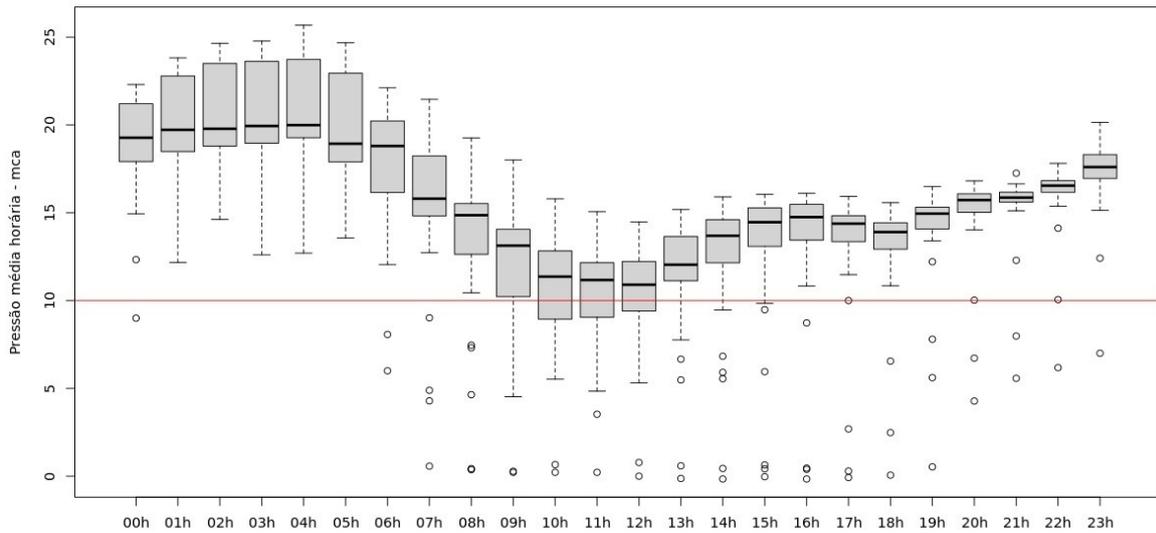


Figura 11: Boxplot da média horária de pressão da rede de abastecimento durante o mês de Julho de 2021

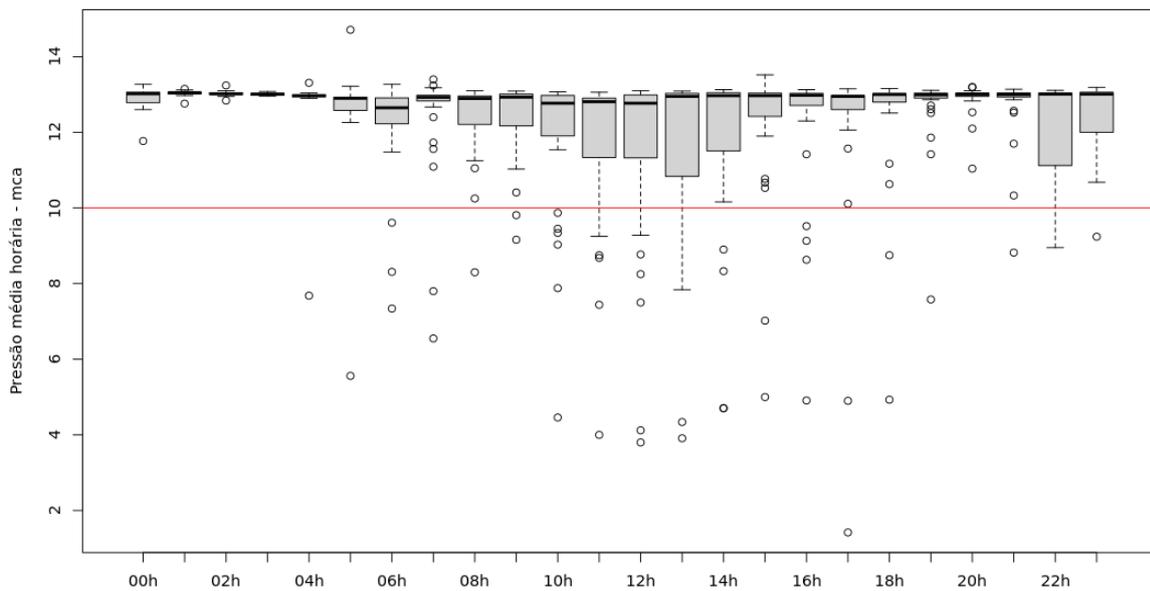


Figura 12: Boxplot da média horária de pressão da rede de abastecimento durante o mês de Julho de 2022

Do ponto de vista ambiental, a arquitetura simples do artefato minimiza a utilização de componentes eletrônicos, assim como o não usa baterias, reduzindo a quantidade de lixo eletrônico. Com a disseminação do seu uso, ao fomentar a redução de perdas de água, otimiza a captação de água dos mananciais, minimizando o risco de ultrapassar a capacidade de carga do recurso hídrico.

Do ponto de vista econômico, o custo médio do dado é muito inferior às soluções que não consideram a participação dos recursos dos clientes, isso se converte em maior cobertura. Além da economia do custo do suprimento de energia, a solução habilita aplicações que economizam no custo energético do abastecimento de

água através da modulação da pressão necessária para as necessidades do cliente. A despesa com suprimento de energia elétrica tem uma participação relevante dos orçamento das empresas de saneamento, em média 17% da arrecadação das concessionárias de abrangência regional, segundo dados do SNIS 2020.

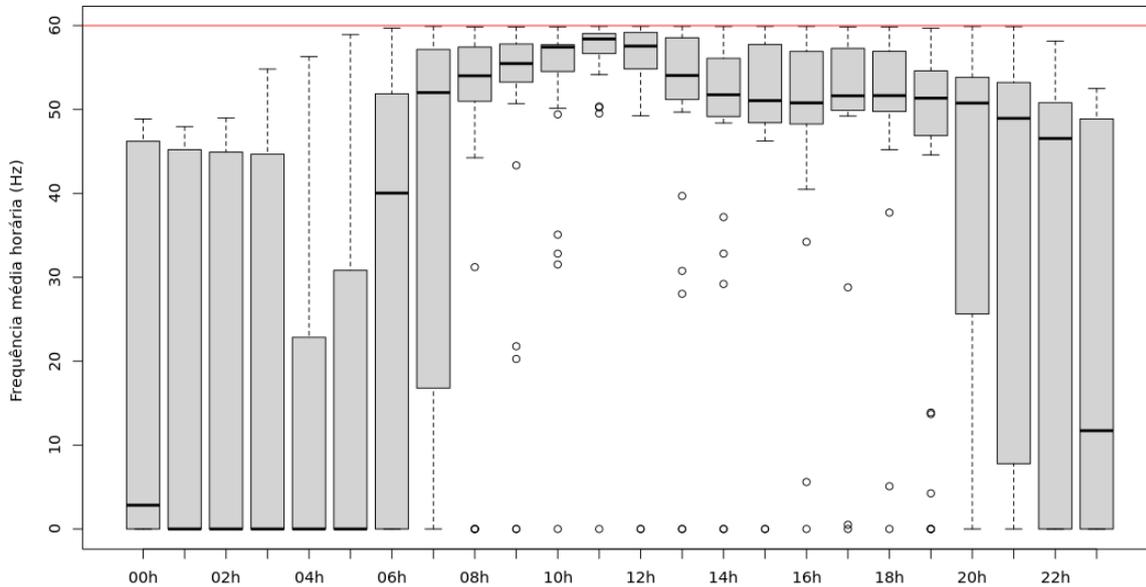


Figura 13: Boxplot da média horária da frequência do booster de injeção na rede de abastecimento

Por utilizar uma rede doméstica de internet em substituição a redes específicas que dependem de uma infraestrutura dedicada de gateways, é possível utilizar o IoT em pequenas comunidades de forma descentralizada. A instalação na residência de clientes aumenta a segurança contra furtos e vandalismos.

CONCLUSÕES

Os resultados apresentam evidências de que é possível otimizar recursos em soluções de IoT para saneamento a partir da cocriação com os clientes. Considerando os quatro módulos que compõem uma solução de IoT, foi identificado que os módulos de suprimento de energia e comunicação de dados são os módulos com maior impacto na abordagem de cocriação. Também foi evidenciado o interesse do cliente em co-criar através do fornecimento de local seguro para instalação, energia elétrica e rede de internet Wi-Fi.

Portanto, a adoção de práticas de cocriação para o desenvolvimento de soluções tecnológicas para gestão do saneamento podem trazer economias de recursos e aumento da sustentabilidade desses investimentos das concessionárias, e um aumento do valor percebido do cliente promovido pela redução dos períodos de falta de água e manutenção das pressões adequadas durante todo o dia.

Embora os protótipos instalados em ambiente real tenham apresentado uma vida útil superior a 3 anos, trata-se de um equipamento não industrializado. Sua produção em larga escala pode reduzir os custos unitários e aumentar a robustez. O baixo custo da solução é atribuído ao design de cocriação, em que aproveita o interesse e a disponibilidade de recursos do próprio cliente.

A interface de configuração do IoT é intuitiva, porém não foi testado a capacidade do próprio cliente de configurar o equipamento. Outra forma de cocriação também não avaliada é a definição de APIs de recepção de dados para que outros agentes, empresas e ou pessoas com capacidade para desenvolvimento de dispositivos possam criar seus dispositivos e enviar dados para as concessionárias.



As concessionárias de saneamento, através de um instituição que as represente, poderia estabelecer um padrão de “ingestão” de dados para acelerar a cocriação de soluções de monitoramento e controle dos sistemas de abastecimento e esgotamento, incluindo outras variáveis de processo, como parâmetros de qualidade da água e de efluentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEZERRA, S. D. T. M., & CHEUNG, P. B. Perdas de água: tecnologias de controle. Editora da UFPB, João Pessoa, 2013.
2. CARDOSO, A. A. & DE MOURA JR, P. J. Efeitos da análise de sentimentos sobre crenças de tomadores de decisão: Evidências ex-ante e ex-post. 5a. Conferência sobre Sistemas de Informação na América Latina, Curitiba, 2021.
3. CARDOSO, A. A., MELO, P. F., CAMBOIN, T. C. M & DIAS, L. A. Arquitetura de automação de baixo custo para sistemas de abastecimento de água: um experimento em uma empresa de saneamento. XXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Anais. Curitiba, PR, 2021.
4. CORDOBA, C. L., SALTIEL, G., HALEEM, N. M. S. A. E., PENALOSA. Utility of the Future : Taking Water and Sanitation Utilities Beyond the Next Level (Portuguese). Washington, 2021.
5. da SILVA Jr, C. B., da SILVA, G. W., NETO, J. M., da SILVA, N. M., & CAFFÉ Filho, H. P.. Avaliação dos Serviços Prestados pela Companhia Pernambucana de Saneamento no Município de Petrolina. Revista de psicologia, 2017.
6. DRESCH, A., LACERDA, D. P., & ANTUNES Jr, J. A. V. Design science research: Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Bookman Editora, 2015.
7. LIMA, A. S. C., SCALIZE, P. S., ARRUDA, P. N., & BAUMANN, L. R. F. Satisfação e percepção dos usuários dos sistemas de saneamento de municípios goianos operados pelas prefeituras. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2017
8. KARTAJAYA, H., SETIAWAN, I., & KOTLER, P. Marketing 5.0: Technology for humanity. John Wiley & Sons, 2021
9. PRAHALAD, C. K., & RAMASWAMY, V. . Co-creation experiences: The next practice in value creation. Journal of Interactive Marketing, 2004.
10. REZENDE S., ROLAND, N., & HELLER, L. O Projeto Nacional de Saneamento Rural (1985-1989) no Brasil: limites e potencialidades 1. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR), 2022.
11. SANTOS, B. P., SILVA, L. A., CELES, C. S., BORGES, J. B., PERES, B. S., VIEIRA, M. A. M. & LOUREIRO, A. A. Internet das coisas: da teoria à prática. 2016.
12. VARGO, S. L., & AKAKA, M. A.. Value Cocreation and Service Systems (Re)Formation: A Service Ecosystems View. Service Science, 4(3), 207–217. 2012.