

# Framework iMercur: Processamento Contextual Direcionadas ao Usuário Final na Ciência de Situação dos Artefatos do SANEP\*

Victor Ratuchenei<sup>1</sup>, Alexandra Zimpeck<sup>1</sup>, João Lopes<sup>2</sup>,  
Renata Reiser<sup>3</sup>, Fernanda Mota<sup>1</sup>, Adenauer Yamin<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Católica de Pelotas (UCPel)

<sup>2</sup>Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

**Abstract.** *This work aims to develop the iMercur framework, which aims to contribute to the Context and Situation Awareness services used to infer the state of the different artifacts used in basic sanitation in the municipality of Pelotas. The iMercur design incorporates a messaging architecture to integrate different scientific computing platforms into the Context and Situation processing service. Thus, when using iMercur, end users can create contextual processing rules, associating them with a set of sensors and instantiating them in the most suitable hardware for their processing. For the evaluation of iMercur with the user community, the TAM Model was used. The results achieved are promising and point to the continuation of the research.*

**Resumo.** *Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento do framework iMercur, o qual visa contribuir com os serviços de Ciência de Contexto e Situação utilizados para inferir o estado dos diferentes artefatos utilizados no saneamento básico no município de Pelotas. A concepção do iMercur incorpora uma arquitetura de mensageria para integrar diferentes plataformas de computação científica no serviço de processamento de Contexto e Situação. Assim, ao utilizar o iMercur, os usuários finais podem criar regras para processamento contextual, associá-las a um conjunto de sensores e instanciá-las no hardware mais oportuno para o seu processamento. Para avaliação do iMercur junto à comunidade usuária foi utilizado o Modelo TAM. Os resultados alcançados são promissores e apontam para a continuidade da pesquisa.*

## 1. Introdução

A Internet das Coisas (IoT) vem se mostrando oportuna para o acompanhamento da situação de artefatos distribuídos em grandes áreas geográficas, como aqueles empregados pelo SANEP<sup>1</sup> no provimento de saneamento básico para a cidade de Pelotas,

---

\*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

<sup>1</sup>Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas é responsável pela captação, tratamento e distribuição de água potável, coleta, tratamento e destinação de resíduos sólidos, coleta e tratamento de esgotos sanitários e pela macrodrenagem urbana do município de Pelotas.

RS. Em uma perspectiva ubíqua, a IoT promove a integração do meio físico ao digital, ao prover suporte à captura de informações monitoradas de forma autônoma [Rahmani et al. 2022]. Esta integração tem potencial de produzir informações contextuais em massa [Qiu et al. 2018].

A Ciência de Contexto, no que lhe concerne, traduz a capacidade que um sistema computacional tem de interpretar estas informações decorrentes do meio. Por sua vez, a Ciência de Situação explora a combinação destas informações contextuais ao longo do tempo, podendo também explorar a sua projeção, para subsidiar uma tomada de decisões [Temdee and Prasad 2018].

Considerando isso, este artigo apresenta a concepção do *framework* denominado iMercur, o qual visa contribuir com os serviços de Ciência de Contexto e Situação, empregados para inferência dos estados contextuais, muitas vezes complexos, em que se encontram os diferentes artefatos utilizados no saneamento básico da cidade de Pelotas, possibilitando que as informações obtidas em plataformas que registram dados contextuais possam interagir com plataformas de computação científica para o processamento de contextos complexos.

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo de caso na perspectiva do Convênio UCPel-SANEP, o qual busca atender às necessidades do SANEP, explorando o emprego de soluções técnico-científicas que agreguem recursos de hardware/software, desenvolvidas pelos cursos da Área de Tecnologia da Universidade Católica de Pelotas (UCPel). Assim, o iMercur considera a integração com a base de software que atende o Convênio, a qual explora um *middleware* adaptativo ao contexto e baseado em serviços, que visa criar e gerenciar um ambiente ubíquo, denominado EXEHDA [Lopes 2016, de Souza et al. 2019].

Este artigo está organizado em cinco seções. Nesta primeira, apresenta as motivações e objetivos para concepção do iMercur. Uma segunda seção que discorre sobre os Trabalhos Relacionados ao iMercur que foram identificados na literatura da área. Por sua vez, temos uma terceira e quarta seções que apresentam a concepção do iMercur e sua avaliação; e por fim uma seção que discorre sobre as considerações finais do trabalho e a perspectiva de trabalhos futuros, os quais darão continuidade aos esforços de estudo e pesquisa realizados.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nesta seção estão caracterizados os trabalhos relacionados do iMercur, identificados a partir de uma revisão de literatura na área. Para tanto, os diferentes aspectos da concepção destes trabalhos, tanto científicos, como de apropriação tecnológica, foram considerados e analisados. Ao todo foram identificados cinco trabalhos, os quais foram relevantes para a definição de potenciais funcionalidades e/ou modos de operação do iMercur.

O trabalho [Capt et al. 2021] (TR1) propõe um *framework* a partir da elaboração de um modelo estatístico utilizando diferentes técnicas, onde permite o gerenciamento de séries históricas sem personalização de regras e oferece o processamento de séries históricas somente para o mesmo conjunto de sensores. Permite a visualização de gráficos. O *framework* proposto não utiliza mensageria, bem como não trabalha com o conceito de ciência de contexto ou situação.

O trabalho de [Hu et al. 2021] (TR2), assim como o anterior, também propõe um *framework*, que entretanto utiliza diferentes algoritmos de inteligência artificial a partir de dados de séries históricas. Os dados são consumidos a partir de regras fixas. Não havendo gerenciamento da heterogeneidade dos sensores. Permite a visualização de gráficos. Não explora os conceitos de ciência de contexto ou situação.

O trabalho de [Qaisar Alvi et al. 2018] (TR3) propõe um *framework* de análise e simulação utilizando uma abordagem, que combina outros modelos definidos previamente, no caso são explorados dois modelos. Os parâmetros de consumo são estimados a partir do estudo de funções de probabilidades para o consumo de água residencial de uma família do estado da Califórnia. As regras podem ser ajustadas a partir de valores em tabelas de probabilidades utilizados no estudo. Não trabalha com conceito de ciência de contexto e situação ou sensoriamento, oferecendo ao usuário a visualização gráfica dos dados simulados.

O trabalho de [Abadi et al. 2017] (TR4) utiliza dados reais de consumo residencial capturados por medidores inteligentes, coletados por IoT, provendo um modelo de previsão a partir do emprego de um modelo preditivo utilizando dados de séries temporais. Apresenta o conceito de ciência de contexto, permitindo a visualização gráfica das informações.

O trabalho de [Nie et al. 2020] (TR5) propõe um sistema supervisor para o gerenciamento de dados reais de monitoramento de diferentes fontes, utiliza acesso a informações remotas e gerenciamento de dados históricos, sendo restrito a modelos de predição. Não permite a personalização de regras por conjunto de sensores e não permite a alteração do número de sensores. Faz a utilização de conceito de ciência de contexto, além de possibilitar, como todos os outros trabalhos, uma visualização gráfica das informações.

Na Tabela 1 são comparados os trabalhos relacionados, quanto à presença ou não das características elencadas a seguir. Estas características foram selecionadas a partir de informações decorrentes de entrevistas com a comunidade do SANEP e seus desdobramentos perante a literatura da área, as quais serão destacadas a seguir:

**Tabela 1. Comparação dos Artigos Relacionados.**

	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	iMercur
Informações Contextuais Sensoriadas de Forma Remota	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Gerenciamento de Históricos de Informações Contextuais	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Edição de Regras pelos Usuários Finais	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Personalização de Regras Considerando os Sensores Usados	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Utilização de Conceito de Ciência de Contexto ou Situação	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Restrito a Modelos de Predição	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sensores Coletados pela IoT	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Flexibilidade na Personalização do Número de Sensores	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Gerenciamento da Heterogeneidade de Sensores e Atuadores	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim
Restrito ao Processamento de Séries Históricas	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não
Inserção e Remoção de Sensores em Tempo de Execução	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Gráficos Personalizáveis	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Uso de API para Mensageria	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Uso de mais de um Processador Contextual	Não	Não	Não	Não	Não	Sim

Estes trabalhos estão em fase de consolidação da sua prototipação para disponibilização junto à comunidade usuária e apresentam limitações quanto a perspectiva de combinar dados sensoriados provenientes de várias origens, geograficamente dis-

tribuídas. Todos os trabalhos abordam uma perspectiva de investigação cujo modelo de avaliação das informações sensoriadas é predefinido quando da programação das regras empregadas.

Assim, os trabalhos discutidos nesta seção, de modo geral, abordam modelos para análise da demanda de água em cidades e/ou para monitoramento de seu consumo por parte da população. Os trabalhos localizados, quando o estudo foi feito, são de nacionalidade estrangeira, isto evidencia a motivação para realização de mais de estudos relativos ao de monitoramento das infraestruturas de saneamento básico no Brasil.

Diante disso, oportuno ressaltar que a principal contribuição do *Framework* iMercur é permitir ao usuário final a especificação de regras, para inferência de contextos e situações, com diferentes níveis de complexidade. De modo mais específico, o iMercur foi concebido a partir de três premissas centrais relacionadas ao tratamento de dados de contexto: (1) Facultar ao usuário final um ambiente confortável para a elaboração de regras para processamento de contextos e/ou situações; (2) Disponibilizar um mecanismo para associação de regras a sensores; (3) Prover integração de plataformas de computação científica com diferentes recursos e perfis.

### 3. iMercur: Concepção e Arquitetura

Nesta seção é apresentada a concepção do *Framework* iMercur<sup>2</sup>, bem como as diferentes tecnologias que foram selecionadas para o seu desenvolvimento e operação. Estas tecnologias foram selecionadas considerando sua adoção pela comunidade técnico-científica, bem como sua disponibilização enquanto software *open source*.

A infraestrutura de software a qual o *Framework* iMercur se integra é formada por quatro unidades, conforme pode ser visto na sua Figura 1. A principal contribuição do *Framework* iMercur consiste em potencializar a participação do usuário na especificação de regras, para inferência de contextos e situações, com diferentes níveis de complexidade. Para atingir esta contribuição, o iMercur explora a interoperação com recursos de processamento de diferentes naturezas, explorando para isto o ecossistema de software de mensageria Apache Kafka.

Além do GNU Octave<sup>3</sup>, enquanto plataforma de processamento científico, que foi selecionada para ser explorada nesta etapa da pesquisa, a concepção do iMercur prevê a integração com outras plataformas de computação científica, considerando a sua conveniência em função da natureza das demandas da comunidade usuária.

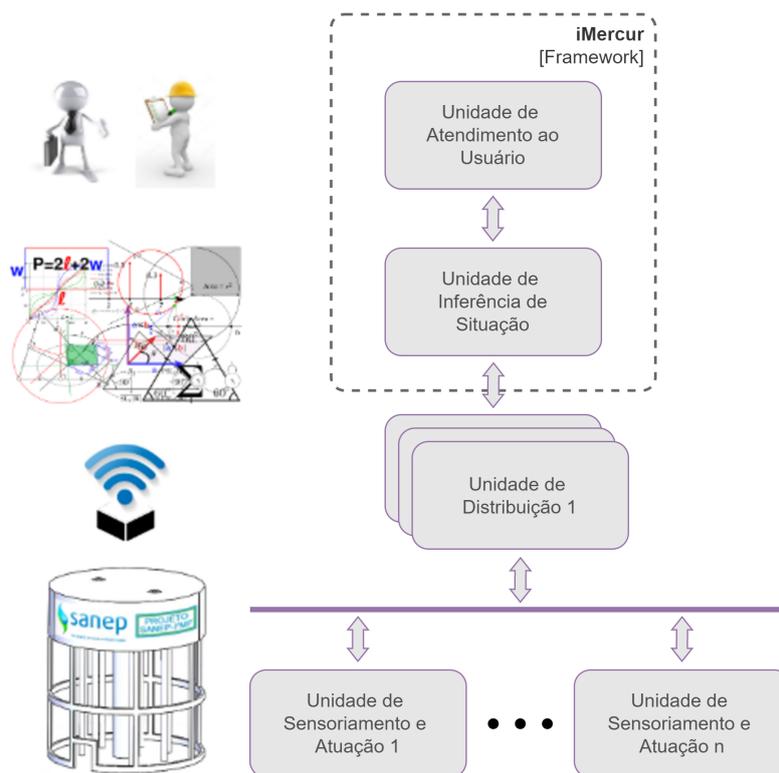
A arquitetura do *Framework* iMercur é apresentada na Figura 2, incluindo suas quatro unidades distintas concebidas para o provimento das suas funcionalidades. Cada unidade do iMercur é composta por módulos com funcionalidades específicas e suas respectivas interfaces com os módulos das unidades subjacentes e com o usuário final. A abordagem da apresentação da concepção do *Framework* neste artigo se orienta à explanação dos componentes de software desenvolvidos. As figuras diagramadas estão no padrão C4-model<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup>Mercúrio (Mercur), emissário portador das mensagens de Júpiter aos outros deuses.

<sup>3</sup>O software Octave se destina dentre outras funcionalidades para a realização de cálculos de diferentes naturezas, usando uma linguagem que é compatível com o Matlab.

<sup>4</sup>C4 é um modelo de diagramas para visualização e documentação de arquitetura de software.



**Figura 1. Visão Geral da Infraestrutura de Software**

**Unidade de Interface de Usuário:** por esta Unidade o usuário final tem acesso a recursos que permitem a configuração dos canais de dados de contexto, o gerenciamento de regras para análises contextuais e o acesso a diferentes alternativas para visualização gráfica das informações.

**Unidade de Mensageria:** nesta Unidade são carregados os dados do contexto de interesse a partir do Repositório de Informações Contextuais (RIC) nos canais configurados pelo usuário final, disponibilizando estes dados para a Unidade de Inferência de Situação. Esta unidade é composta por uma API Web responsável pelas chamadas ao ecossistema do Apache Kafka, sendo utilizados como principais recursos para este trabalho: o próprio Apache Kafka, que é o *broker* gerenciador das filas de mensagens; o *framework* Kafka Connect, que funciona como um serviço produtor/consumidor entre a fonte de dados contextuais e as filas do *broker*; e o *framework* KSqlDB, que é um banco de dados de fluxo de eventos desenvolvido especificamente para aplicações que utilizam processamento de fluxos de dados. A Figura 3 mostra a ligação entre esses componentes.

**Unidade de Inferência de Situação:** antes desta Unidade ser ativada, os dados contextuais são carregados dos canais e são dispostos nas regras de contexto definidas pelo usuário. Para isto, esta Unidade se vale de uma API com métodos de leitura de canais, interpretada pelo iMercur, que se integra ao código da regra e tem como retorno os dados numéricos carregados a partir da leitura do canal configurado. No momento da execução da regra, ocorre um mapeamento dos métodos da API de leitura, onde são substituídos pela matriz de dados numéricos retornada.

O disparo de qualquer regra de processamento contextual é a própria chegada

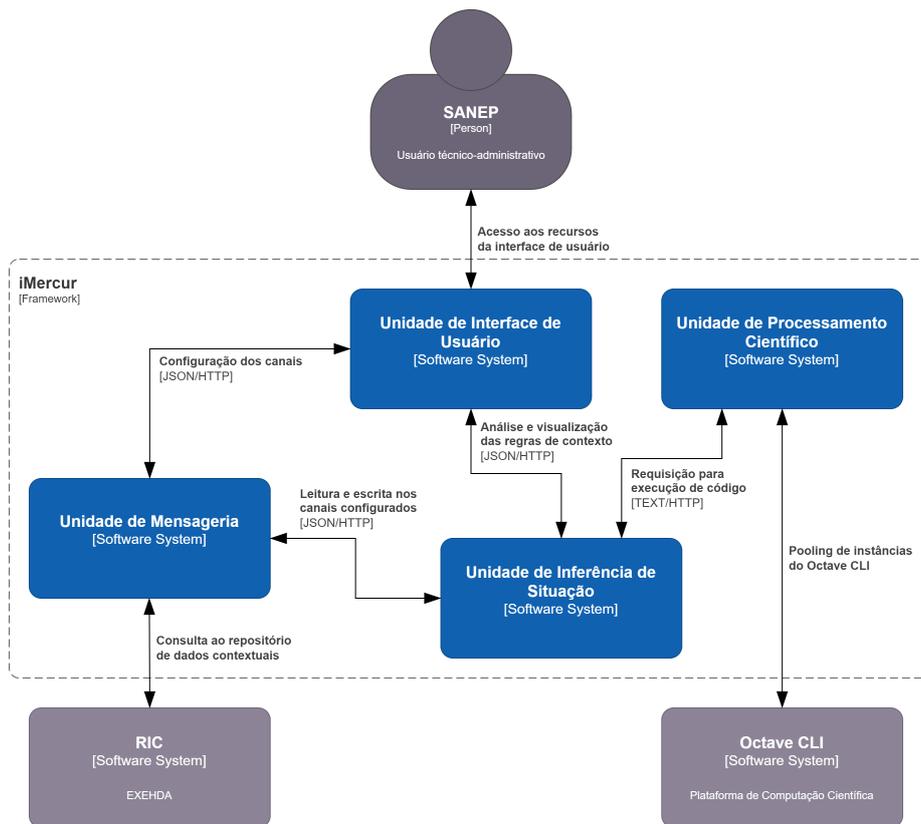


Figura 2. Diagrama da Interação das Unidades do *Framework* iMercur

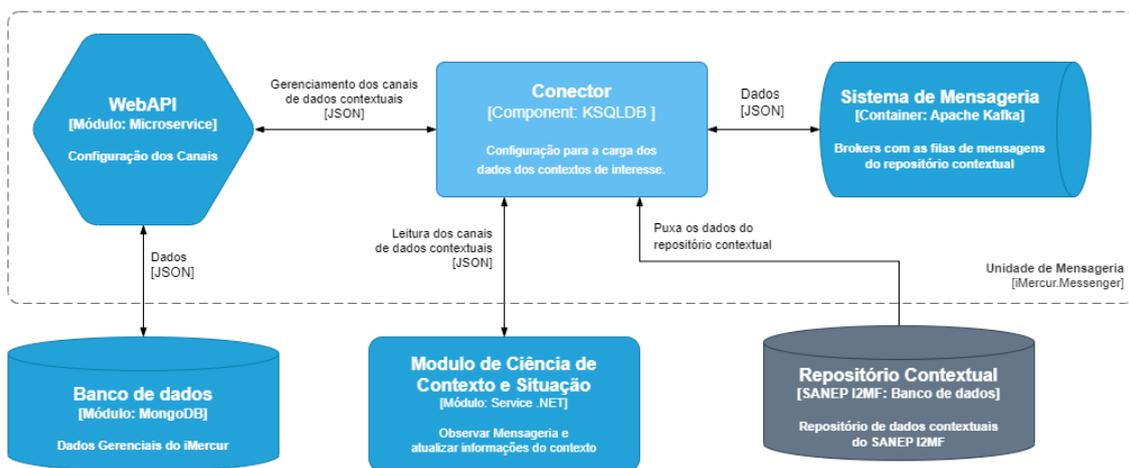


Figura 3. Diagrama da Unidade de Mensageria

do dado contextual na Unidade de Inferência de Situação, para isso as regras precisam estar configuradas para execução recorrente. Além disso, eventos de captura de contexto, cuja ocorrência é de natureza periódica, ou produzidos por estados pré-definidos para os diferentes sensores envolvidos, podem disparar regras. Desta inferência são identificadas situações, as quais podem disparar diferentes ações. As regras de contexto são construídas a partir dos mecanismos de seleção dos dados contextuais, os quais serão escolhidos com suporte das funcionalidades propostas pelo iMercur, acessíveis a partir do Módulo de

Interface do Usuário, na Unidade de Atendimento ao Usuário.

**Unidade de Processamento Científico:** a partir dos dados contextuais carregados dos canais e das regras de contexto definidas pelo usuário, a Unidade de Inferência de Situação envia essas informações para a Plataforma de Computação Científica selecionada para uso. Os resultados das regras empregadas por esta plataforma são disponibilizados ao usuário final por meio da Unidade de Interface de Usuário. Esta Unidade implementa um método de requisição POST que capta a regra do corpo da requisição enviada pela Unidade de Inferência de Situação que por sua vez interopera com a Plataforma de Computação Científica, como mostra na Figura 4.

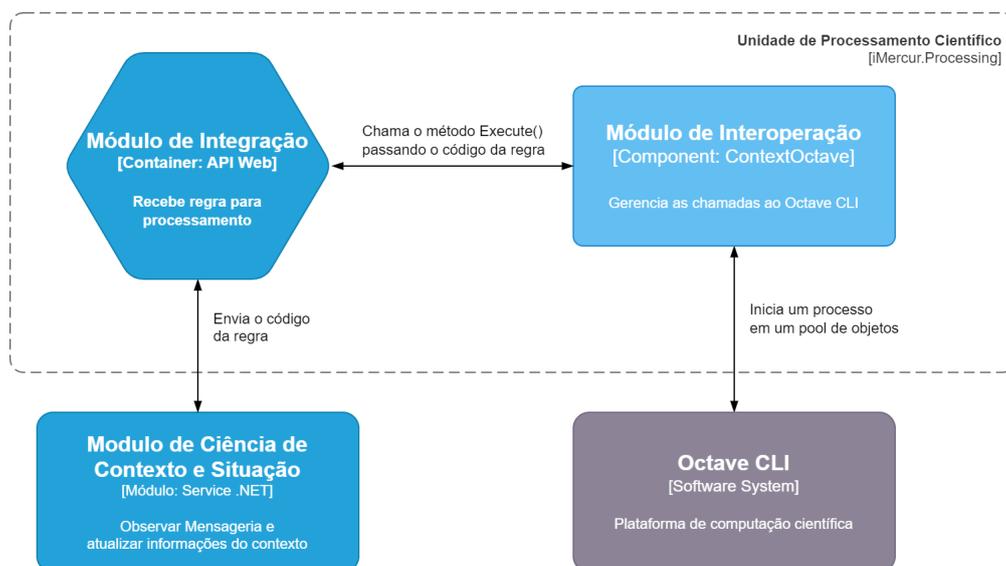


Figura 4. Diagrama da Unidade de Processamento Científico

#### 4. iMercur: Avaliação de Usabilidade e Utilidade

Nesta avaliação, foi feita a apresentação e exploração das funcionalidades do *Framework* iMercur junto aos profissionais da área de Tecnologia da Informação de uma empresa de grande porte. O grupo que participou do instrumento de avaliação foi composto por doze colaboradores no total: seis Engenheiros de Software, dois de Engenheiros de Qualidade, dois de Arquitetos de Software e dois da área de Gestão dos times de desenvolvimento de produtos. Os colaboradores atendem as áreas da empresa denominadas Inteligência Comercial e Produtos Digitais.

O Instrumento respondido, apresentado na Tabela 2, foi aplicado no mês Dezembro de 2022, em uma reunião de 1h30m de duração, na qual foram abordados o Modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) [Enu-Kwesi and Opoku 2020] e as funcionalidades do *Framework* iMercur. Uma visão das funcionalidades do iMercur estão disponíveis neste <https://github.com/imercur/Document>.

Este instrumento, em consonância com o Modelo TAM, teve por foco a apreciação das funcionalidades do iMercur, quanto a facilidade de uso e a utilidade percebida pelos participantes da pesquisa, indicando a capacidade da arquitetura em atender os requisitos dos usuários, bem como pode possibilitar a verificação do correto funcionamento de seus módulos [Knappmeyer et al. 2013].

O instrumento de coleta de dados considerou todos os níveis de afirmação da Escala Likert [South et al. 2022]. Os entrevistados especificaram seu nível de concordância com uma afirmação proposta em um item (assertiva atitudinal), mediante um critério que pode ser objetivo ou subjetivo. Assim, foi medido o nível de concordância ou não à afirmação proposta.

**Tabela 2. Afirmativas do Instrumento de Avaliação TAM**

Construto	Afirmativa
Facilidade de Uso Percebida	1 - As funcionalidades de gerência do iMercur são fáceis de entender.
	2 - Os diferentes parâmetros a serem definidos nas funcionalidades do iMercur são claros e objetivos.
	3 - Com pouco esforço consigo definir regras contextuais no iMercur explorando o Octave.
Utilidade Percebida	4 - As funcionalidades oferecidas pelo iMercur são relevantes para o SANEP.
	5 - O iMercur provê informações que podem auxiliar na gerência distribuída dos artefatos do SANEP.
	6 - O iMercur pode minimizar riscos na operação dos artefatos do SANEP.

Considerando as respostas obtidas no questionário e convertendo os itens da Escala Likert, foi gerada a tabela apresentada na Tabela 3. Foram calculadas as variâncias individuais de cada afirmação, bem como a variância dos totais da pontuação de cada usuário, que foram utilizadas para o cálculo da variância total. Os resultados obtidos são promissores, apontando bons escores tanto para a Facilidade de Uso Percebida, como para a Utilidade Percebida do iMercur.

**Tabela 3. Análise Descritiva das Respostas do Instrumento de Avaliação TAM**

Usuários	Afirmações						Totais
	1	2	3	4	5	6	
1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
3	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	5,25
4	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
5	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
7	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	5,25
8	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
9	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	1,00	5,75
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
Variância	0,0086806	0	0,0086806	0,00477431	0	0,0086806	0,077691
Média	0,95833	1,00	0,95833	0,97917	1,00	0,95833	
Soma das Variâncias das Afirmações				0,031			
Média dos Totais dos Usuários				5,85			
Variâncias dos Totais dos Usuários				0,077691			
Alpha de Cronbach				0,72			

A partir dos dados tabulados da Tabela 3 utilizou-se o valor do Alfa de Cronbach igual a 0,72. De acordo com [DeVellis 2016], os valores aceitáveis do Alfa de Cronbach variam entre 0,70 e 0,95. Um baixo valor de alfa pode ser devido a um baixo número de

perguntas, baixa inter-relação entre itens ou construções heterogêneas. Se o alfa for muito alto, pode sugerir que alguns itens sejam redundantes, neste sentido é recomendado um valor alfa máximo de 0,90 [Streiner 2003]. A partir da análise do resultado da avaliação decorrentes das contribuições deste grupo com expertise em Tecnologia de Informação, serão feitas melhorias no iMercur e um novo Instrumento de Avaliação será aplicado junto ao corpo técnico-administrativo do SANEP.

## 5. Considerações Finais

A revisão de literatura realizada apontou que existem poucas abordagens como o iMercur, que facultam aos usuários finais a criação de modo confortável de modelos para análise do saneamento básico em cidades.

A maioria dos trabalhos encontrados ainda são de nacionalidade estrangeira, notadamente evidenciando a necessidade de estudos mais aprofundados relativos ao suporte para o gerenciamento dos recursos para o saneamento no Brasil. Por sua vez, no que tange à interoperabilidade entre os equipamentos que compõem o Serviço para Ciência de Situação, o iMercur contempla uma abordagem compatível com a expectativa de operação escalável necessária ao SANEP, utilizando protocolos padrões da Internet para as comunicações e plataformas *open-source* para concepção de sua arquitetura de software.

Estes aspectos potencializam a possibilidade de que o iMercur possa ser expandido e/ou integrado às novas plataformas a serem desenvolvidas na continuidade das pesquisas envolvendo o SANEP, com uma boa perspectiva de que possam ser mantidos os padrões de manutenibilidade e escalabilidade da solução oferecida como um todo.

O iMercur, além de informações textuais, emprega gráficos para caracterizar o comportamento dos diferentes sensores previstos. Outrossim, também disponibiliza um ambiente para o usuário final, que propicia a criação de regras e sua associação aos sensores que as mesmas irão tratar. Estas regras podem ser disparadas de forma assíncrona, a qualquer momento, pelos usuários, ou a partir da coleta de informações provenientes de sensores associados às mesmas.

Dentre as possíveis alternativas para a continuidade da pesquisa desenvolvida para concepção da abordagem, destacam-se as frentes de trabalho elencadas a seguir: (1) estender a conectividade do iMercur para outros protocolos de comunicação com a finalidade de flexibilizar a criação de canais para diferentes repositórios contextuais; (2) integrar o *Framework* iMercur com outras plataformas de computação científica, que possam atender demandas específicas de processamento contextual; (3) implementar uma aplicação *front-end* mais robusta, garantindo que os novos recursos incorporados ao *Framework* viabilizem a usabilidade do usuário final.

## Referências

Abadi, M. L., Samé, A., Oukhellou, L., Cheifetz, N., Mandel, P., Féliers, C., and Chesneau, O. (2017). Predictive classification of water consumption time series using non-homogeneous markov models. In *2017 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics (DSAA)*, pages 323–331.

- Capt, T., Mirchi, A., Kumar, S., and Walker, W. S. (2021). Urban water demand: Statistical optimization approach to modeling daily demand. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 147(2):04020105.
- de Souza, R. S., Barbará Lopes, J. L., Resin Geyer, C. F., da Rosa Silveira João, L., Afonso Cardozo, A., Corrêa Yamin, A., Gadotti, G. I., and Victoria Barbosa, J. L. (2019). Continuous monitoring seed testing equipments using internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 158:122 – 132.
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications*, volume 26. Sage publications.
- Enu-Kwesi, F. and Opoku, M. (2020). Relevance of the technology acceptance model (tam) in information management research: a review of selected empirical evidence. *Pressacademia*, 7:34–44.
- Hu, S., Gao, J., Zhong, D., Deng, L., Ou, C., and Xin, P. (2021). An innovative hourly water demand forecasting preprocessing framework with local outlier correction and adaptive decomposition techniques. *Water*, 13(5).
- Knappmeyer, M., Kiani, S. L., Reetz, E. S., Baker, N., and Tonjes, R. (2013). Survey of Context Provisioning Middleware. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 15(3):1492–1519.
- Lopes, J. L. B. (2016). Uma arquitetura para provimento de ciência de situação direcionada às aplicações ubíquas na infraestrutura da internet das coisas.
- Nie, X., Fan, T., Wang, B., Li, Z., Shankar, A., and Manickam, A. (2020). Big data analytics and iot in operation safety management in under water management. *Computer Communications*, 154:188–196.
- Qaisar Alvi, M. S., Mahmood, I., Javed, F., Malik, A. W., and Sarjoughian, H. (2018). Dynamic behavioural modeling, simulation and analysis of household water consumption in an urban area: a hybrid approach. In *2018 Winter Simulation Conference (WSC)*, pages 2411–2422.
- Qiu, T., Chen, N., Li, K., Atiquzzaman, M., and Zhao, W. (2018). How can heterogeneous internet of things build our future: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(3):2011–2027.
- Rahmani, A. M., Bayramov, S., and Kiani Kalejahi, B. (2022). Internet of things applications: opportunities and threats. *Wireless Personal Communications*, 122(1):451–476.
- South, L., Saffo, D., Vitek, O., Dunne, C., and Borkin, M. A. (2022). Effective use of likert scales in visualization evaluations: a systematic review. In *Computer Graphics Forum*, volume 41, pages 43–55. Wiley Online Library.
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1):99–103.
- Temdee, P. and Prasad, R. (2018). *Context-Aware Communication and Computing: Applications for Smart Environment*. Number 1 in Springer Series in Wireless Technology. Springer International Publishing, Switzerland.