

# iHorus: Uma Contribuição à Gestão de Serviços no Saneamento Básico Explorando Ciência de Contexto na IoT

Lucas Ferreira<sup>1</sup>, Juliano Londero<sup>1</sup>, Fernanda Mota<sup>1</sup>, João Lopes<sup>3</sup>  
Renata Reiser<sup>4</sup>, Victoria Souto<sup>2</sup>, Adenauer Yamin<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação (MEEC/UCPEL)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Telecomunicações (INATEL)

<sup>3</sup>Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas (UFPel)

**Abstract.** *This paper presents the conception of iHorus framework as part of SANEP-I<sup>2</sup>MF, aimed at capturing sensed information in a widely distributed operational base to meet the demands of Pelotas Autonomous Sanitation Service (SANEP). The proposed solution employs the EXEHDA middleware and exploits context-awareness to infer the state of different electromechanical artifacts present in the basic sanitation infrastructure of Pelotas. The Internet of Things (IoT) is adopted as a ubiquitous resource to meet the different interoperability requirements. To evaluate iHorus, the TAM Model (Technology Acceptance Model) was used, measuring its perceived usefulness and ease of use among different segments of the user community. The results were promising and point to the continuity of the research.*

**Resumo.** *O presente artigo apresenta a concepção do framework iHorus enquanto parte do Projeto SANEP-I<sup>2</sup>MF, direcionado a capturar informações sensorizadas em uma base operacional amplamente distribuída com a finalidade de atender às demandas do Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP). A solução proposta emprega o middleware EXEHDA e explora ciência de contexto para inferir o estado dos diferentes artefatos eletromecânicos presentes na infraestrutura de saneamento básico. A Internet das Coisas (IoT, do inglês Internet of Things) é adotada como um recurso de ubiquidade para atender as diferentes interoperações necessárias. Para avaliação do iHorus, foi utilizado o Modelo TAM (Technology Acceptance Model), mensurando a utilidade percebida e a sua facilidade de uso, junto a diferentes segmentos da comunidade usuária. Os resultados foram promissores e apontam para continuidade da pesquisa.*

## 1. Introdução

O saneamento básico é um serviço fundamental para todos os cidadãos e representa um dos principais desafios enfrentados pelas autoridades públicas. Além disso, o acesso à água potável, ao saneamento e à higiene são elementos essenciais para promover a saúde pública, o desenvolvimento social e econômico e a qualidade de vida das comunidades. Entretanto, para garantir a gestão eficiente desses serviços e atender à crescente demanda por saneamento básico, faz-se necessário o emprego de tecnologias avançadas e inovadoras. Logo, a implementação de soluções tecnológicas pode ajudar a melhorar a coleta e o tratamento de resíduos, o controle de qualidade da água e a gestão dos recursos hídricos [Ighalo et al. 2020].

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*), considerando a proliferação das infraestruturas de rede com ou sem fio, se consolida enquanto alternativa para viabilização da ideia de “tudo conectado”, ou seja, de que qualquer “coisa” possa se comunicar, possuindo uma identificação única e sem a obrigatoriedade de uma intervenção humana. Essa visão da IoT promove a integração do mundo físico ao digital, ou seja, a ideia de que objetos, portando atuadores ou sensores, possam se comunicar entre si com a ajuda de uma arquitetura de software [Alaba et al. 2017].

Com base nessas premissas, está em andamento o Projeto SANEP-I<sup>2</sup>MF (*SANEP Interactive IoT-based Multisensor Framework*), cuja finalidade é dar suporte à gestão da infraestrutura utilizada para saneamento básico pelo Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), autarquia responsável pelos serviços de água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos no município de Pelotas/RS. Essa infraestrutura é composta por uma série de artefatos, tais como reservatórios, barragens e estações de tratamento de água.

Assim, este trabalho tem como objetivo central a concepção do iHorus, enquanto parte dos esforços de estudo e pesquisa do SANEP-I<sup>2</sup>MF. O iHorus explora técnicas para ciência de contexto, juntamente com a interoperabilidade oferecida pela IoT, para registrar e processar os estados ao longo do tempo dos diferentes artefatos do SANEP. A perspectiva é prover a possibilidade de uma ação proativa por parte das equipes de gestão, quando necessário [Rocha et al. 2022].

Para fornecer uma visão abrangente dos esforços de estudo e pesquisa relativos ao iHorus, este artigo foi estruturado em seis seções distintas. A primeira seção tem como propósito apresentar a motivação e o objetivo central deste trabalho. A segunda seção aborda os trabalhos relacionados à pesquisa. Na terceira seção, é introduzido o *middleware* EXEHDA, com ênfase em suas principais funcionalidades para a obtenção da ciência de contexto. A quarta seção detalha a abordagem iHorus, descrevendo suas características arquiteturais e funcionalidades. A quinta seção apresenta a avaliação da proposta, resumindo os resultados e conclusões obtidos com o desenvolvimento do trabalho. Por fim, as considerações finais são apresentadas na sexta seção.

## 2. Trabalhos Relacionados

Nesta seção são discutidos os trabalhos identificados na literatura como similares ao *framework* apresentado neste artigo. As diferentes decisões de projeto destes trabalhos foram consideradas na concepção dos aspectos arquiteturais do iHorus, bem como auxiliaram nas diferentes apropriações tecnológicas realizadas.

Em [Panduman et al. 2022], os autores apresentam a concepção e a implementação da plataforma IoT chamada *Smart Environmental Monitoring and Analytical in Real-Time* (SEMAR) para integrar dispositivos distribuídos. Dados de dispositivos para diferentes sensores podem ser lidos por meio de uma conexão física realizada diretamente na plataforma, ou com o uso de conexões de rede. Os sensores são tratados a medida que as publicações acontecem, sendo disponibilizados por interfaces tanto gráficas, como textuais, ou mesmo por meio de uma API REST.

Já em [Correa et al. 2022] é proposto um sistema de monitoramento de qualidade da água baseado em IoT e processamento de borda embutido. O sistema é projetado para monitorar a qualidade da água de irrigação e de poços de água potável na região central

do Chile, considerando as condições topográficas da região, que afetam severamente a disponibilidade de energia e recursos de comunicação. Os dados capturados são armazenados para posterior processamento conforme os diferentes modelos de qualidade da água pesquisados.

No trabalho [Júnior et al. 2021], os autores desenvolveram um sistema para monitorar e gerenciar recursos hídricos, chamado *Internet of Water Things* (IoWT). O sistema de captura de informações da água bruta é composto por sensores de nível, temperatura e de volume de água, instalados em poços tubulares. Os dados são coletados a cada minuto e enviados a cada hora para o sistema IoWT, onde são processados e analisados.

Em [Sejdiu et al. 2021], é apresentado um sistema chamado *IoT Semantic Annotations System* (IoTSAS), que integra diferentes anotações semânticas para processar e interpretar dados de sensores em tempo real. Estas anotações são processadas por uma Ontologia, e tratam informações pertinentes a qualidade da água, tais como: pressão, temperatura, turbidez, dentre outras.

Já em [Gonçalves et al. 2020], os autores descrevem uma arquitetura chamada *REFlex Water*, que combina IoT, Processamento de Eventos Complexos (CEP, do inglês *Complex Event Processing*) e processos declarativos para o gerenciamento de sistemas de abastecimento de água. Para atingir tal objetivo, os autores recorrem a uma plataforma chamada FIWARE (<https://www.fiware.org/>), a qual provê um conjunto de APIs para o desenvolvimento de aplicações voltadas a cidades inteligentes.

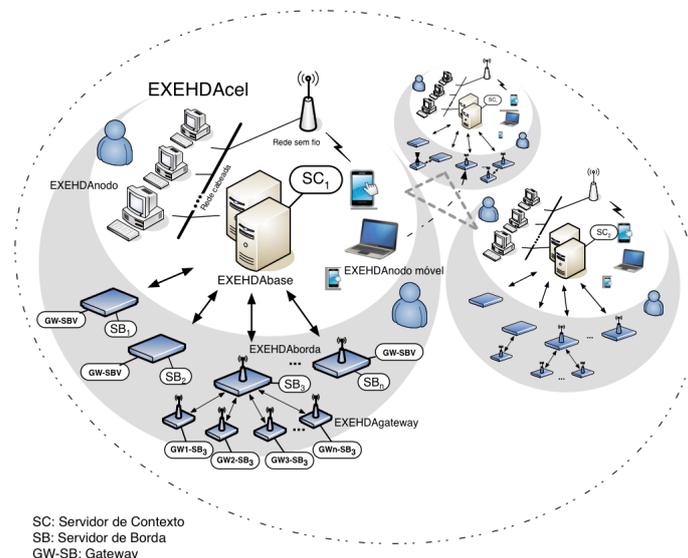
Por fim, os autores em [Júnior 2019] apresentam a modelagem de uma abordagem para coleta e análise de dados multiparamétricos com o propósito de auxiliar os profissionais das Ciências Agrárias no monitoramento automático da qualidade da água utilizada, a partir da análise das grandezas sensoriadas. Neste trabalho foram utilizados sensores de pH, umidade e temperatura ambiente, condutividade elétrica e temperatura da água, sendo uma das suas primeiras aplicações voltada para a área de hidroponia.

O iHorus compartilha com os trabalhos relacionados identificados o aspecto de promover um monitoramento multiparamétrico relacionado à água. Entretanto, apesar de propostas semelhantes, os trabalhos estão em diferentes estágios de maturidade tecnológica. Alguns desses trabalhos, apesar de contemplarem a integração com a IoT, não explicitam como gerenciariam a aquisição distribuída de informações, considerando a necessidade de seu cruzamento para tomada de decisões. É importante destacar que a perspectiva autônoma no gerenciamento da aquisição de forma distribuída e seu armazenamento, bem como o processamento dos dados de contexto empregando regras personalizáveis, inclusive combinando dados provenientes de vários artefatos, constitui um diferencial do *framework* iHorus, cuja concepção é apresentada neste artigo.

### 3. Middleware EXEHDA

O EXEHDA (*Execution Environment for Highly Distributed Applications*) é um *middleware* baseado em serviços, que visa criar e gerenciar um ambiente computacional largamente distribuído, bem como promover a execução de aplicações cientes do contexto sobre o mesmo. O *middleware* tem sido explorado pelo Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído (G3PD) em frentes de pesquisa que tratam desafios da IoT [LOPES et al. 2014].

Conforme pode ser observado na Figura 1, o EXEHDA possui uma organização composta por um conjunto de células de execução. Cada célula, no que tange ao provimento de ciência de contexto, é composta por um Servidor de Contexto e vários Servidores de Borda e *Gateways* [Souza et al. 2018].



**Figura 1. Ambiente para IoT provido pelo EXEHDA.**

Os *Gateways* coletam informações contextuais provenientes de sensores físicos ou lógicos, com a finalidade de tratar a heterogeneidade dos diversos tipos de sensores, em aspectos tanto de *hardware* como de *software*. Eles transferem essas informações coletadas de forma normalizada aos Servidores de Borda.

No EXEHDA, o processamento das informações contextuais é distribuído, ficando uma parte com o Servidor de Borda e outra com o Servidor de Contexto. Isso faz com que o *middleware* permaneça operacional mesmo durante os períodos de desconexão planejada, ou seja, situações em que não hajam fontes de comunicação do tipo inter-células ou inter-nodos.

Os dados recebidos pelos diversos Servidores de Borda são transmitidos ao Servidor de Contexto, que os gerencia e realiza as etapas de armazenamento e processamento contextual. O Servidor de Contexto pode combinar os dados provenientes dos Servidores de Borda com informações históricas, que ficam registradas em um Repositório de Informações Contextuais (RIC).

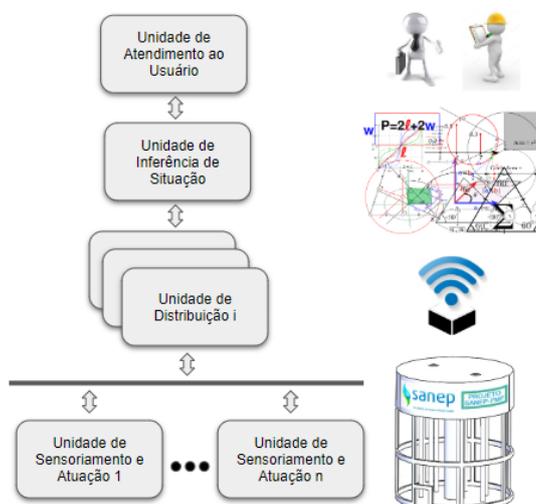
#### 4. iHorus: Arquitetura e Funcionalidades

Nesta seção, é apresentada a arquitetura do SANEP-I<sup>2</sup>MF com as unidades e módulos constituintes, bem como o iHorus, *framework* que possibilita a manipulação de suas funcionalidades pelos usuários.

##### 4.1. Arquitetura

A Figura 2 apresenta uma visão geral da arquitetura de *software* do SANEP-I<sup>2</sup>MF, incluindo suas quatro unidades. Com o intuito de preservar um crescimento modular, bem

como prover avanços em pontos específicos, os diferentes módulos das unidades desempenham funções coesas.



**Figura 2. Visão Geral da arquitetura do SANEP-I<sup>2</sup>MF.**

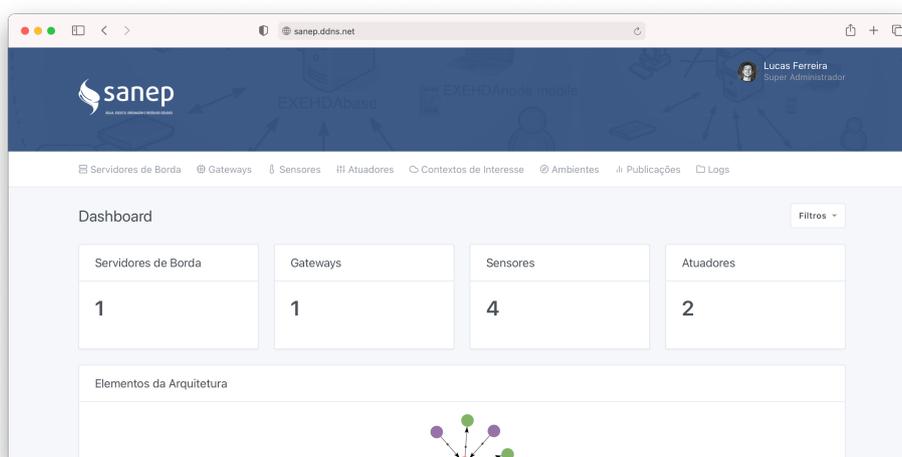
A Unidade de Sensoriamento e Atuação é constituída pelos módulos de Sensoriamento, Persistência, Interoperação, Agendamento e Atuação. Estes módulos são responsáveis, respectivamente, pela coleta de dados a partir de sensores físicos, pela preservação das grandezas sensoriadas até o envio automatizado para camadas superiores, pelo gerenciamento da troca de informações entre as unidades, pela execução de operações em intervalos de tempo definidos pelo usuário e pela gerência de diferentes atuadores. Suas funcionalidades exploraram uma instanciação do EXEHDAgateway. Os intervalos de aquisição das informações sensoriadas ou mesmo das atuações, quando periódicas, podem ser especificadas por regras que executam na unidade de Inferência de Situação, uma vez que a Unidade de Sensoriamento e Situação pode receber dados via o protocolo MQTT (<https://mqtt.org/>).

A Unidade de Distribuição possui três módulos, explorando os aspectos arquiteturais do Servidor de Borda do EXEHDA. O primeiro, Módulo Local de Persistência, é responsável pela preservação das informações provenientes de todas as Unidades de Sensoriamento e Atuação subordinadas. O segundo, Módulo de Interoperação, promove a comunicação entre as unidades. O terceiro, Módulo Local de Regras, registra regras de caráter emergencial cuja execução não é oportuna para a Unidade de Inferência de Situação localizada em outro equipamento, o Servidor de Contexto, cujo acesso depende de redes de longa distância.

A Unidade de Inferência de Situação, contempla aspectos do Servidor de Contexto do EXEHDA, sendo constituída por quatro módulos: o Módulo de Base de Dados, que armazena os dados de configuração necessários para a operação e também os dados provenientes dos sensores; o Módulo de Processamento de Contexto, que realiza tarefas de manipulação das informações contextuais; o Módulo de Interoperação, responsável pelo gerenciamento e troca de informações entre as Unidades; e o Módulo Global de Persistência, que recebe as informações sensoriadas da Unidade de Distribuição e dispara ações.

Por fim, a Unidade de Atendimento ao Usuário contempla quatro módulos, processando sobre o mesmo *hardware* do Servidor de Contexto: Módulo de Interface com Usuário, que oferece ao mesmo recursos de visualização textual ou gráfica, dando acesso a todas as funções oferecidas pelo iHorus; o Módulo de Alertas, que envia mensagens instantâneas para os usuários; o Módulo de Interoperação, que gerencia a troca de informações entre as unidades; e o Módulo de Mensagens Agendadas, que permite ao usuário solicitar informações e/ou agendar o envio periódico dessas informações.

## 4.2. Funcionalidades



**Figura 3. Dashboard do iHorus.**

A *Dashboard* (vide a Figura 3) exhibe as grandezas sensoriadas nos artefatos da cidade em formato textual ou gráfico, explorando *cards*. Os *cards* são direcionados as diferentes naturezas de informação contempladas, factíveis de ajustes automáticos em função do conteúdo. Os usuários podem filtrar os dados por contexto, sensor e janela temporal. Além disso, a *Dashboard* é sensível ao contexto das informações. Ao realizar a filtragem, ela se adapta exibindo novos formatos de visualização, que por sua vez se adequam aos dados contidos.

Um exemplo disto pode ser visto na Figura 4, na qual é exibida a filtragem da Temperatura Ambiente do Reservatório SANEP R4, o qual passa ser denominado Contexto de Interesse, (vide informação logo abaixo do título da página). Nota-se neste exemplo, que os *cards* se adaptaram baseados nos dados referentes ao tipo de informação (temperatura), que por sua vez inseriu novas formas de visualização.

O *card* Linha do Tempo Sensoriada é destacado neste sentido. Ele exhibe os dados coletados durante intervalos de tempo predefinidos de forma gráfica, permitindo a interação do usuário com a informação. Destaca-se, ainda, a possibilidade de visualização dos dados, a critério do usuário responsável pelo sensoriamento, poder ocorrer de forma pública, sem a necessidade de ser efetuado o *login* no iHorus.

Dentre as outras várias funcionalidades, além do *Dahsboard*, destacamos também a possibilidade do usuário final, técnico administrativo do SANEP, poder criar suas regras para geração de alertas, empregando uma interface amigável.



**Figura 4. Sensoriamento de Temperatura Feito no Reservatório SANEP R4.**

Na Figura 5, é possível examinar a tela responsável pela gerência das regras posicionais e sensíveis ao contexto. Conforme o usuário arrasta os blocos referentes às condicionais, eles vão se adaptando quanto as cores para melhor agrupar visualmente as informações.

Além da concepção do iHorus, outra contribuição ao projeto SANEP-I<sup>2</sup>MF se deu pela seleção das tecnologias, tanto de *hardware* quanto de *software* a serem empregadas em seu desenvolvimento. Dentre as tecnologias de *software* utilizadas na concepção do iHorus, temos as linguagens de programação *JavaScript* e *Python*, o formato de troca de informações JSON (*JavaScript Object Notation*), a linguagem de programação *MicroPython*, tecnologias diversas empregadas no desenvolvimento *Web*, o banco de dados *PostgreSQL*, a plataforma do mensageiro instantâneo *Telegram* e o protocolo de troca de mensagens MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*).

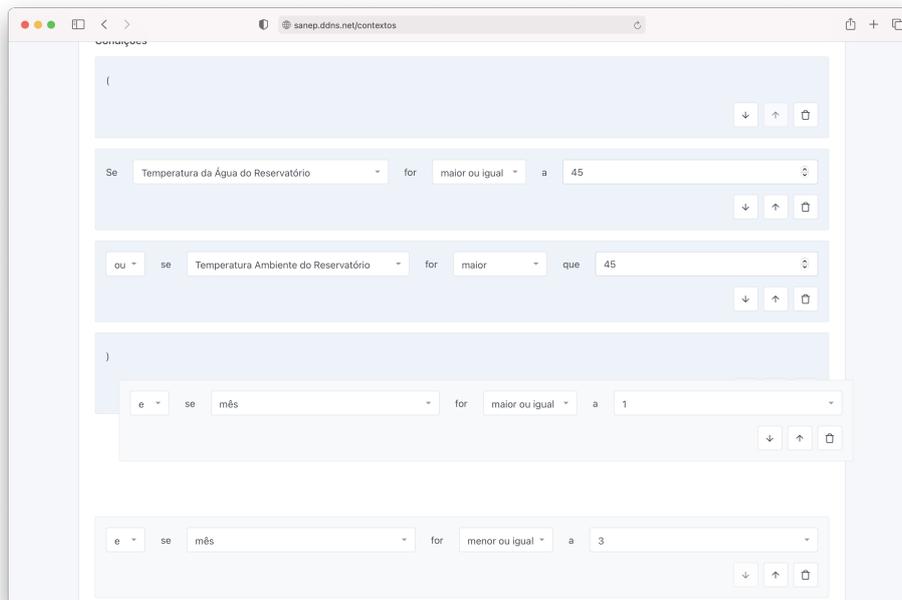
Quanto as tecnologias de *hardware* utilizadas, destaca-se o sistema embarcado *Raspberry Pi*, o *System on Chip* (SoC) ESP32 e os sensores de temperatura DS18B20, umidade DHT22, nível de água e de cloro.

Informações para auxiliar o emprego do iHorus pela comunidade usuária, podem ser encontrados em <https://ihorus.exehda.org>. Neste documento podem ser vistas as funcionalidades disponíveis no estágio atual do trabalho.

## 5. iHorus: Avaliação

Neste trabalho, consideramos o método TAM (*Technology Acceptance Model*) para avaliação do iHorus em relação à utilização da arquitetura para processar informações de sensoriamento dos artefatos contidos na infraestrutura do SANEP e sua percepção por usuários.

O TAM foi proposto inicialmente por [Davis et al. 1989] e vem sendo empregado



**Figura 5. Tela de cadastro das regras composicionais com *Drag-and-Drop*.**

na criação de modelos de aceitação em tecnologia da informação [Lah et al. 2020]. De acordo com o modelo, quando os usuários são apresentados a uma nova tecnologia, a utilidade e a facilidade de uso percebida são fatores que influenciam na decisão de como e quando seus usuários utilizarão a nova tecnologia. A utilidade percebida se refere ao grau em que o usuário acredita que o uso do sistema aumentaria seu desempenho no trabalho, enquanto a facilidade de uso percebida se refere ao grau em que o usuário acredita que o uso do sistema seria livre de esforço [Davis et al. 1989].

A coleta de dados para pesquisas que seguem a proposta do modelo TAM pode ser feita por meio de um instrumento contendo afirmações fechadas com opções de resposta utilizando a escala de Likert. Essa escala é composta por cinco categorias, variando de “Discordo totalmente” a “Concordo totalmente” [Joshi et al. 2015].

Para avaliar o iHorus, foram realizadas duas reuniões em dias diferentes, com a participação de membros da gestão do SANEP, diretores, engenheiros e técnicos. Durante a apresentação do *framework*, que durou cerca de 180 minutos, foram discutidos o trabalho, as funcionalidades, respondidos questionamentos e debatidos trabalhos futuros. As afirmações que integraram o instrumento TAM utilizado têm alinhamento com as funcionalidades providas pelo SANEP-I<sup>2</sup>MF, e estão elencadas na Tabela 1. Também foram coletadas opiniões não passíveis de sistematização neste artigo, positivas ou não.

**Tabela 1. Instrumento TAM aplicado.**

Construto	Afirmativa
Facilidade de uso percebida	1- As funcionalidades de visualização e gerência do iHorus são de entendimento intuitivo.
	2- Os procedimentos para definição dos parâmetros necessários às funcionalidades do iHorus são claros.
	3- Com pouco esforço, consigo definir regras contextuais para os sensores associados aos artefatos.
Utilidade percebida	4- As funcionalidades oferecidas pelas aplicações do iHorus são relevantes para o SANEP.
	5- O iHorus pode auxiliar a gerência distribuída dos artefatos do SANEP.
	6- O iHorus pode reduzir custos com tempo e recursos para gerência dos artefatos do SANEP.

Na avaliação junto à comunidade usuária, foi utilizado um instrumento de avaliação que considerou todos os níveis de afirmação da Escala de Likert. 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 concordância a uma afirmação feita a respeito da funcionalidade sendo avaliada.

Após a aplicação do instrumento de avaliação, foram calculadas as variâncias individuais de cada afirmação e a variância dos totais da pontuação de cada usuário. Essas variâncias foram utilizadas para calcular o Alfa de Cronbach, que ficou igual a 0,9. Como valores aceitáveis para o Alfa de Cronbach variam de 0,70 a 0,95 [DeVellis 2016], podemos considerar que a avaliação feita pelos profissionais do SANEP, segundo a metodologia proposta pelo TAM, possui uma considerável confiabilidade, demonstrando ser uma solução eficaz. A Tabela 2 apresenta os dados numéricos do questionário.

**Tabela 2. Dados numéricos referentes ao questionário de avaliação.**

Usuários	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5	Questão 6	Total
A	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
D	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
E	0,75	0,75	1,00	0,75	0,75	1,00	5,00
F	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00
G	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00
<b>Variância</b>	0,0076531	0,0076531	0,0000000	0,0076531	0,0076531	0,0000000	0,1224490
<b>Média</b>	0,96	0,96	1,00	0,96	0,96	1,00	5,84
<b>Soma das variâncias afirmativas</b>			0,030612245				
<b>Alfa de Cronbach</b>			0,9				

## 6. Considerações Finais

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que o SANEP-I<sup>2</sup>MF destaca-se pela sua capacidade de gerenciar, de forma automatizada e distribuída, a aquisição, armazenamento e processamento de dados de contexto, independentemente das aplicações finais dos usuários. Além disso, o *framework* proposto trata grupos de sensores a partir de regras personalizadas, tornando-o propício para contribuir com a gestão do SANEP. Isso porque a gestão do saneamento não deve depender da atuação das pessoas de forma síncrona à ocorrência dos eventos.

A partir da exploração do TAM junto à comunidade usuária, entende-se que a interface de gerenciamento do SANEP-I<sup>2</sup>MF se mostra intuitiva e de fácil compreensão, viabilizando sua manipulação por usuários com diferentes perfis de interesse.

Como trabalhos futuros, pretende-se investigar o uso do *hardware* e *software* concebidos por esta solução para cenários de cidades inteligentes. Desse modo, o SANEP-I<sup>2</sup>MF pode contribuir com as demandas relacionadas à coleta de lixo e tratamento de resíduos urbanos, também gerenciadas pelo SANEP e de significativa relevância social e ambiental.

## Referências

Alaba, F. A., Othman, M., Hashem, I. A. T., and Alotaibi, F. (2017). Internet of things security: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 88:10–28.

- Correa, C., Dujovne, D., and Bolaño, F. (2022). Design and implementation of an embedded edge-processing water quality monitoring system for underground waters. *IEEE Embedded Systems Letters*, pages 1–1.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8):982–1003.
- DeVellis, R. F. (2016). *Scale development: Theory and applications*, volume 26. Sage publications.
- Gonçalves, R., J. M. Soares, J., and M. F. Lima, R. (2020). An IoT-based framework for smart water supply systems management. *Future Internet*, 12(7).
- Ighalo, J. O., Adeniyi, A. G., and Marques, G. (2020). Internet of things for water quality monitoring and assessment: A comprehensive review. In *Artificial Intelligence for Sustainable Development: Theory, Practice and Future Applications*, pages 245–259. Springer International Publishing.
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., and Pal, D. K. (2015). Likert scale: Explored and explained. *British journal of applied science & technology*, 7(4):396.
- Júnior, A. C. D. S., Munoz, R., Quezada, M. D. L. A., Neto, A. V. L., Hassan, M. M., and Albuquerque, V. H. C. D. (2021). Internet of water things: A remote raw water monitoring and control system. *IEEE Access*, 9:35790–35800.
- Júnior, W. B. L. (2019). Modelagem de um sistema multiparâmetro para monitoramento da qualidade da água utilizando internet das coisas. Dissertação de mestrado em modelagem computacional de sistemas, Programa de Pós-Graduação Profissional em Modelagem Computacional (PPGMCS/UFT), Palmas-TO.
- Lah, U., Lewis, J. R., and Šumak, B. (2020). Perceived usability and the modified technology acceptance model. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 36(13):1216–1230.
- LOPES, J. L., GEYER, C. F. R., BARBOSA, J. L., PERNAS, A. M., and YAMIN, A. C. (2014). A middleware architecture for dynamic adaptation in ubiquitous computing. *Journal of Universal Computer Science*, 20(9):1327–1351.
- Panduman, Y. Y. F., Funabiki, N., Puspitaningayu, P., Kuribayashi, M., Sukaridhoto, S., and Kao, W.-C. (2022). Design and implementation of SEMAR IoT server platform with applications. *Sensors*, 22(17).
- Rocha, N. P., Dias, A., Santinha, G., Rodrigues, M., Rodrigues, C., Queirós, A., Bastardo, R., and Pavão, J. (2022). Systematic literature review of context-awareness applications supported by smart cities’ infrastructures. *SN Applied Sciences*, 4(4).
- Sejdiu, B., Ismaili, F., and Ahmedi, L. (2021). Iotsas: An integrated system for real-time semantic annotation and interpretation of IoT sensor stream data. *Computers*, 10(10).
- Souza, R., Lopes, J., Geyer, C., Cardozo, A., Yamin, A., and Barbosa, J. (2018). An architecture for IoT management targeted to context awareness of ubiquitous applications. *Journal of Universal Computer Science*, 24(10):1452–1471.