

IDENTIFICAÇÃO E CONTROLE DE ALGAS TÓXICAS NA PRODUÇÃO DE MOLUSCOS: MODELO DE PLATAFORMA COM INTERNET DAS COISAS (IOT)

DOI: 10.19177/rgsa.v9e22020356-375

Mauro Fazion Filho¹
Jorge Luiz Weiss²

RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) é uma rede global de sensores inteligentes, capazes de promover a comunicação e a interação com usuários e outros sistemas, rastreando, detectando, coletando, transmitindo e recebendo informações de e para a internet. Com o foco em monitorar a qualidade da água do mar e automatizar o diagnóstico de toxinas nocivas, importante fenômeno ambiental conhecido como “Maré Vermelha”, este artigo estabelece um modelo aberto para a construção de protótipo de monitoração, em tempo real, capaz de identificar, *a priori*, padrões geradores desse problema. Atualmente o controle de qualidade dessa produção de moluscos é realizado através de análise laboratoriais, não automatizadas e realizadas *a posteriori*, o que pode levar a grandes perdas para produtores e desastrosas consequências para a população consumidora.

Palavras-chave: Maré Vermelha. Malacocultura. Maricultura. Ficotoxinas. Internet das Coisas. Monitoração.

¹ Engenheiro eletricista. Doutor. Professor na Unisul. E-mail: mauro@fazion.com.br

² Consultor. Unisul. E-mail: Jorge.weiss@gmail.com

IDENTIFICATION AND CONTROL OF TOXIC ALGAE IN MOLLUSCAN PRODUCTION: PLATFORM MODEL WITH INTERNET OF THINGS (IOT)

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) is a global network of intelligent sensors capable of promoting communication and interaction with users and other systems by tracking, detecting, collecting, transmitting and receiving information, from and to the internet.

Focussing on monitoring the quality of seawater and automating the diagnosis of harmful Phycotoxins, which cause an important environmental phenomenon known as "Red Tide", this article defines an open model to build up a real-time monitoring prototype, capable of identifying, *a priori*, and generating patterns of this problem. Currently, the quality control of molluscs' production is not automated and performed through laboratory analysis, carried out *a posteriori*, which can lead to great losses for producers and disastrous consequences for consumers.

Keywords: Red Tide. Malacocultura. Mariculture. Phycotoxins. Internet of Things. Monitoring.

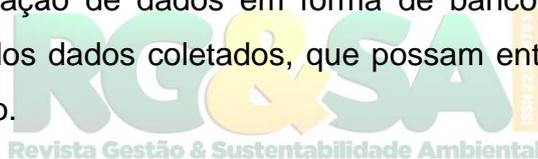
1. INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina, sul do Brasil, no ano de 2015 produziu cerca de 98% dos moluscos coletados e consumidos no Brasil, um volume de aproximadamente 21,65 mil toneladas, os quais foram cultivados especialmente nos municípios de Florianópolis e Palhoça, conforme dados de Produção da Pecuária Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). Essa produção, no entanto, tem um inimigo conhecido por "Maré Vermelha".

A Maré Vermelha é a proliferação excessiva de certas espécies de algas tóxicas que possuem cores avermelhadas, dando assim origem ao nome do fenômeno, e tais manchas podem ocorrer em quaisquer mares. Havendo proliferação excessiva, formam-se grandes manchas vermelhas que são vistas na superfície da água. Tais algas são o alimento de diversos frutos do mar, que podem então ser contaminados por essas toxinas e não são próprios para o consumo humano, inviabilizando sua comercialização. As toxinas produzidas por essas algas podem destruir a vida marinha, matando peixes, crustáceos e moluscos, ou então provocar irritação no sistema respiratório e na visão das pessoas e animais que consomem esses peixes, crustáceos ou moluscos. Entre outros, o consumo desses alimentos causa dormência na boca, perturbações gástricas e, em casos extremos, pode levar à morte (BAHIA,2017). Devido a esses riscos de contaminação, é de grande importância identificar tais manchas de "maré vermelha" para que se possa controlar a produção

dos frutos do mar, evitando seja a continuidade da produção, seja a disseminação de seus resultados.

Em Santa Catarina os dados referentes à Maricultura (cultivo de organismos marinhos em seus habitats naturais com objetivos comerciais) são obtidos junto à EPAGRI, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, com o apoio do CIRAM, Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia do Estado de Santa Catarina. A EPAGRI e o CIRAM, juntamente com o IFSC, Instituto Federal de Santa Catarina, mantêm um serviço periódico de monitoramento e vigilância de leitura do meio ambiente, por coleta de parâmetros ambientais, para alertar as fazendas de cultivo de moluscos quando da incidência da Maré Vermelha. Porém, conforme entrevista realizada pelo pesquisador/autor deste trabalho com o representante do Laboratório Laqua - Itajaí/IFSC em abril de 2017, foi constatado que inexistem sistemas para a coleta de dados em tempo real, por meio de sensores online, nos locais de cultivo. Os dados são coletados em análises periódicas. Assim, não há uma centralização de dados em forma de banco de dados, nem análise dinâmica e preditiva dos dados coletados, que possam então gerar padrões para a detecção do fenômeno.



Informação obtida pelo autor em entrevista de abril de 2017 com veterinários da CIDASC, Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina, responsável pela Sanidade dos Animais Aquáticos, constatou-se os laudos das análises de ficotoxinas (que podem estar presentes na carne dos moluscos bivalves) são inseridos de forma manual na página eletrônica do órgão. Assim, dependendo dos resultados obtidos nas análises são tomadas medidas reativas de controle sanitário para evitar a retirada, o consumo e a comercialização destes organismos.

A indisponibilidade de dispositivos de coleta e análise da qualidade da água do mar, instalados localmente nas fazendas de moluscos, conectados a um sistema de computação em nuvem com capacidade de armazenamento de dados e integração com outros sistemas online, foi a premissa básica para essa pesquisa, ou seja, definir um modelo de plataforma proativa para monitorar online a qualidade da água, diagnosticando com antecedência máxima os períodos da “maré vermelha” na produção de ostras, vieiras e mexilhões.

Tal plataforma tira proveito das tecnologias associadas à Internet das Coisas (IoT – Internet of Things) para analisar a qualidade da água do mar nas fazendas de moluscos, com características de armazenamento e envio das métricas coletadas para um sistema de armazenamento na nuvem (Cloud Computing), provendo dados das condições em tempo real. O modelo proposto de plataforma tecnológica visa:

- coletar as necessidades dos administradores das fazendas de moluscos quanto a informações pertinentes a maré vermelha;
- desenvolver um modelo de dados a ser utilizado para análise preditiva, bem como o padrão de identificação da maré vermelha;
- estabelecer as características técnicas específicas requeridas de hardware a ser utilizado para coleta de indicadores, bem como características técnicas específicas necessárias de software de coleta e armazenamento dos indicadores coletados;
- estabelecer a viabilidade de estruturar dados mestres para definir padrões de análise de monitoramento da Maré Vermelha.

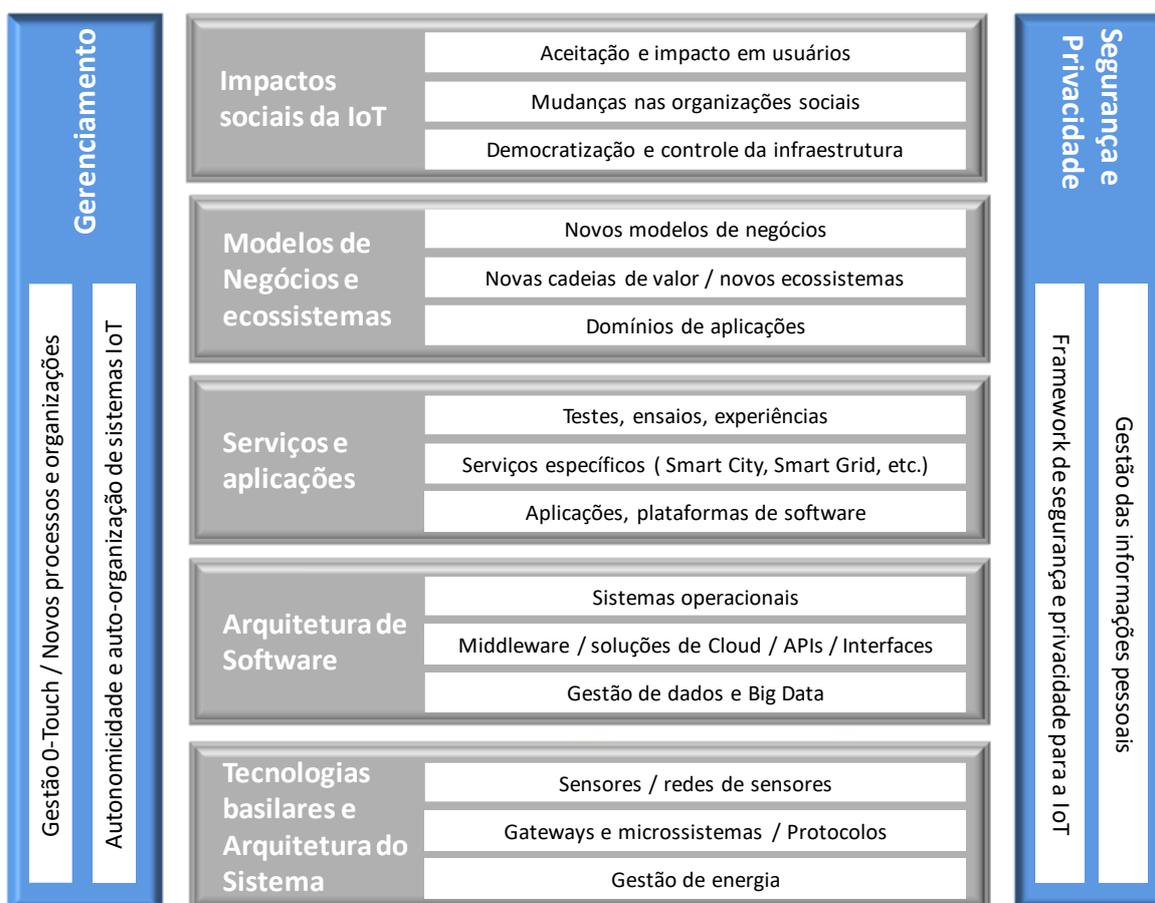
O presente artigo está estruturado da seguinte forma: na Seção 2 - Internet das Coisas, apresentamos os fundamentos tecnológicos da Internet das Coisas, para que se possa aplicar o modelo de identificação e predição de algas tóxicas; na Seção 3 – Maricultura, Malacocultura e Maré Vermelha, descrevemos o fenômeno da maré vermelha, discutimos fatores da produção de moluscos, e por fim como são afetados pelas algas tóxicas; a Seção 4 – Modelo de Plataforma IoT, apresenta as especificações técnicas do modelo proposto e quais os indicadores a serem obtidos para a identificação e controle da maré vermelha; a Seção 5, Conclusões e Perspectivas, descreve as possibilidades de implementação da plataforma e como a mesma poderá suportar a sustentabilidade da produção de moluscos de forma equilibrada e com alto grau de preservação do meio ambiente.

2. INTERNET DAS COISAS

A internet das coisas, ou IoT – Internet of Things, como é mais conhecida, é uma ampliação radical da internet, em que a internet passa a abarcar não só computadores como também objetos do dia a dia. Não é apenas uma nova tecnologia, é uma nova fronteira em que a internet está se aprofundando e isso é resultado do avanço tecnológico advindo da miniaturização eletrônica e dos protocolos diversos de comunicação (FACCIONI, 2016). Além disso a Internet das Coisas é mais do que uma ferramenta para gerenciar processos de negócios de forma mais eficiente e eficaz, pois também permitirá um modo de vida mais conveniente. (UCKELMAN, 2011).

Uma ilustração das diversas tecnologias e processos envolvidos na Internet das Coisas é apresentada na Figura 1. Componentes de “baixo nível”, como sensores, coletores de dados, medidores de energia, etc., fazem parte da camada de base, por ambientes os mais diversos. Na camada acima temos os softwares que integram tais componentes, passando por sistemas operacionais, protocolos de comunicação, aplicações, interfaces, bancos de dados e sistemas de computação em nuvem. A camada de software é essencial para o sucesso da IoT, inclusive ao tratar de agentes autônomos, capazes de autogestão e auto identificação ao integrarem aplicações, pois o número de componentes em uma determinada plataforma pode facilmente chegar aos milhões. O impacto da IoT é enorme na camada de negócios, pois uma série de novas oportunidades e modelos estão sendo criados e estabelecidos, seja no campo social, seja no individual. Entre esses negócios estão as diversas aplicações relacionadas a produção agrícola, como discutiremos nas seções abaixo.

Figura 1 – Divisão da Internet das coisas em “camadas”, desde as tecnologias de base até seus impactos sociais, escoradas por processos de gerenciamento e segurança.



Fonte: [Faccioni, 2016].

A tomada de decisões baseada em indicadores em tempo real se tornou uma prática já comum em mercados maduros de tecnologia, como o norte-americano e europeu. No Brasil, porém, esse processo ainda está se iniciando justamente pela dificuldade de integrar diferentes sistemas e parques tecnológicos com um ecossistema de aplicações bastante heterogêneo. Há alguns anos falamos sobre a Internet das Coisas, mas somente agora as empresas possuem tecnologia de baixo custo para colocar esse conceito em funcionamento e gerar maior eficiência operacional, de tal forma que a IoT está se tornando realidade para empresas orientadas a investimentos tecnológicos (OPSERVICES, 2015).

Observando a possibilidade de aplicabilidade de IoT na monitoração de ecossistemas heterogêneos, com sensores distribuídos e processamento em tempo real, verificamos que as Fazendas de Moluscos encaixam-se perfeitamente como um

desses ecossistemas. Ou seja, entendemos que a IoT permite acesso a informações finas, e o gerenciamento pode começar a se mover livremente de macro para micro níveis, com capacidade de medir, planejar e agir. Nesse sentido, desenvolvemos um modelo de plataforma IoT com utilização de sistema na “nuvem” (nuvem: utilização da memória e da capacidade de armazenamento e cálculo de computadores e servidores compartilhados e interligados por meio da Internet). A plataforma baseia-se em "dispositivos inteligentes" que atuam como membros da rede IoT, coletando e transmitindo dados, com base em disparadores e que recebem informações (da rede ou da internet) (PANDIA, 2015).

3. MARICULTURA, MALACOCULTURA E MARÉ VERMELHA

A estrutura necessária para o cultivo e comercialização de moluscos divide-se em duas partes. A primeira é a do cultivo, no mar, onde estão depositadas as sementes de moluscos para crescimento. A segunda é a parte de manejo e comercialização, que fica em terra e permite tanto os trabalhos de seleção, limpeza e armazenagem dos produtos, quanto sua comercialização (SEBRAE, 2017).

Dentre os moluscos, o cultivo de ostras e mexilhões é chamado genericamente de malacocultura, e o cultivo de ostras é chamado, especificamente, de ostreicultura. Na cultura de ostras o principal objetivo é oferecer ao cliente produtos com alto nível de qualidade a preços competitivos. O Estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor de moluscos bivalves (que possuem duas conchas) da América Latina. No ano de 2008 a produção total de moluscos (mexilhões, ostras e vieiras) foi de 13.107,92 toneladas, apresentando o aumento de 29,33% em relação ao período anterior. O volume obtido gerou uma movimentação financeira bruta em torno de 30 milhões de reais para o Estado, segundo dados publicados pelo SEBRAE (2017).

Estima-se a existência de 767 maricultores em Santa Catarina, representados por vinte associações municipais, uma associação estadual, uma cooperativa e duas federações. Esses maricultores estão distribuídos em doze municípios, que abrangem a região do litoral catarinense entre Palhoça e São Francisco do Sul, envolvendo direta e indiretamente 8.000 pessoas, desde a produção, colheita, beneficiamento e comercialização, conforme dados da EPAGRI. Os municípios de Florianópolis e

Palhoça apresentam os maiores volumes de produção de ostras, em relação às demais regiões produtoras. Juntos, produzem aproximadamente 90% da produção estadual, sendo que em Florianópolis a região denominada Ribeirão da Ilha é responsável por mais de 70% da produção do município (EPAGRI).

Um dos maiores problemas naturais para esse tipo de produção é conhecido como “maré vermelha”. A maré vermelha, também chamada de “floração de algas nocivas”, é um fenômeno decorrente do aumento em larga escala da produção de microalgas marinhas. É caracterizada pela mudança na coloração da água na superfície do mar, comumente avermelhada, mas também pode se apresentar com tonalidade marrom ou alaranjada.

Há duas décadas eram raros os registros, na costa brasileira, de síndromes decorrentes do consumo de moluscos bivalves contaminados com ficotoxinas. Ficotoxinas são substâncias venenosas produzidas por agentes patogênicos das plantas e pertencem a classes diversas de compostos, como péptido (ou derivado de aminoácido), terpenoide, glicósido, fenólico, poliacetato α -pirona, e também combinações dessas classes e outros (STROBEL, 1983).

Porém o aumento na produção e no consumo de moluscos bivalves fez com que esse panorama de registros, antes raro, fosse alterado, vários casos de intoxicação foram constatados e a partir de então houve um aumento das pesquisas sobre esses problemas, em especial com o uso de métodos analíticos para a detecção de toxinas. Além do extrativismo, que ocorre em todo litoral brasileiro, o cultivo de ostras, mexilhões e vieiras cresceu exponencialmente nos últimos anos, em especial no litoral de Santa Catarina, maior produtor de moluscos bivalves cultivados do Brasil, favorecendo o aumento no consumo e, conseqüentemente, maior exposição dos consumidores às ficotoxinas (GIA, 2014).

Em 09 de maio de 2012 foi criada a Instrução Normativa Interministerial (MPA e MAPA) nº 07, que instituiu o Programa Nacional de Controle Higiênico-Sanitário de Moluscos Bivalves (PNCMB). Através do programa foram estabelecidos requisitos mínimos necessários para a garantia da inocuidade e qualidade dos moluscos bivalves destinados ao consumo, permitindo aos órgãos responsáveis não só realizar o monitoramento de microrganismos contaminantes e de ficotoxinas marinhas em

moluscos bivalves cultivados ou oriundos de bancos naturais, como estabelecer requisitos de inspeção industrial e sanitária para o processamento e transporte desses produtos (CIDASC,2012). Segundo André Luiz Vicente, da GIA (Grupo Integrado de Aquicultura e Estudos Ambientais), compreendeu-se que o aumento da incidência de casos de contaminação por algas nocivas registrados nos últimos anos levou autoridades e a comunidade acadêmica a aumentar seus esforços para realização de pesquisas com ficotoxinas. Desta forma, cada vez mais informações a respeito desse assunto de grande interesse estarão disponíveis ao público, em especial por ser um assunto de saúde pública (VICENTE, 2014).

A detecção precoce da maré vermelha pode ser um fator determinante no controle da contaminação, com benefícios diretos na saúde pública. Essa detecção pode ser feita por meio de monitoramento da qualidade água, o que é uma necessidade primordial para obter o nível de qualidade de produto nas Fazendas de Moluscos. Para habilitar esse monitoramento, aqui é proposto um modelo de plataforma que define as características de um protótipo utilizando Internet das Coisas (IoT), apto a monitorar a qualidade da água e que busca um padrão indicador de alerta do fenômeno da “maré vermelha”, alerta essencial para toda a cadeia de produção, comercialização, consumo e suporte dos órgãos públicos relacionados.

4. Modelo de plataforma IoT para identificação e controle de algas tóxicas

Para o planejamento do modelo de plataforma e protótipo de monitoramento da qualidade da água do mar, buscou-se saber que indicadores devem ser capturados para identificar algas tóxicas, e quais sensores identificam tais indicadores. Para isso foram desenvolvidos estudos exploratórios de caráter bibliográfico e entrevistas realizadas com profissionais na área de pesquisa bio-marinha em órgãos e instituições de pesquisa (IFSC, Univali e CIDASC). Em paralelo realizamos a análise da tecnologia de construção de dispositivos de coleta (IoT) em campo (ambiente marítimo), bem como modos de transmissão e gerenciamento de volumes de dados armazenados.

Os indicadores relevantes para definir o nível de qualidade da água, com relação a maré vermelha, são obtidos principalmente por sensores submersos e emersos (externos), bem como outros dados opcionais para simulações de predição.

A Tabela 1 apresenta esses indicadores, as unidades de medição e exemplos de coleta de dados.

Tabela 1 – Indicadores de monitoramento da maré vermelha.

Sensores submersos		
Indicadores Submersos	Unidade	Exemplo
Temperatura da água	°C / °F	21.5°C / 70.7°F
PH	Ph	0 a 14 pH
Salinidade	g/kg	35,4 g/kg (Oceano Atlântico)
Turbidez	mg/l de SiO ₂	10-40 UNT (unidade para Piscicultura)
Clorofila	µg/L	0-500 µg/L
Fluorescência	ppb (mg/kg)	0-500 ppb
Ficoeritrina	ppb (mg/kg)	0-500 ppb
Sensores emersos (externos)		
Indicador	Unidade	Exemplo
Geo Posicionamento	GPS Posic	1.5°S, 80.5°E
Temperatura externa	°C / °F	21.5°C / 70.7°F
Pressão Atmosférica	Hpa	300-1100hpa
Velocidade do Vento	m/s	20m/s
Data e Hora	Data/Hora	17/01/1722:45:32
Sensores opcionais (adicionais)		
Indicador opcional	Unidade	Exemplo
Velocidade e direção de corrente marítima	m/s	.5 m/s
	GPS Posic	1.5°S, 80.5°E deslocamento calculando a velocidade de fluxo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para identificar e coletar estes indicadores, e manter a compatibilidade com o processo a ser monitorado e com a plataforma de hardware e software, foram pesquisados, especificados e validados sensores e componentes específicos, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Especificação de componentes IoT para prototipação de dispositivo de monitoramento da maré vermelha (submersos/emersos) – Fabricantes referenciados: VOLTAIC SYSTEMS (2017); SONTEK(2017); TELEDYNE MARINE(2017); TURNERS DESIGNS (2017); RBR GLOBAL(2017); VERNIER(2017); CMA-SCIENCE(2017); HEXIS(2017).

Especificações IoT	
Indicador	Sensor / Acessório
Temperatura da água	Temperature Sensor - Waterproof (DS18B20)
	Waterproof DS18B20 Digital temperature sensor
PH	PH Sensor Omega PHE-7352-15
	Módulo Sensor + Ph Eletrodo Sonda Bnc / phmetro
Salinidade	Vernier Salinity Sensor SAL-BTA
	Salinity Sensor BT78i
Turbidez	Turbidity(Water Monitoring) Sensor
	Turbidity Sensor SKU:SEN0189
Clorofila	YSI 6025 Chlorophyll Sensor
	C3 Submersible Fluorometer
Fluorescência	C3 Submersible Fluorometer
Ficoeritrina	C3 Submersible Fluorometer
Data e Hora	OOTDTY DS3231 AT24C32 IIC Precision RTC Real Time Clock Memory Module
Geo Posicionamento Tra	Parallax's PMB-648 GPS SiRF Internal Antenna
	Adafruit Ultimate GPS Breakout - 66 channel w/10 Hz updates - Version 3
Temperatura externa	Temperature and Pressure Sensor Bmp280
Pressão Atmosférica	Temperature and Pressure Sensor Bmp280
Velocidade do Vento	Etesian 101 Self-Powered Anemometer Sensor
Velocidade e direção de corrente marítima	Sontek ADP@ - Acoustic Doppler Profiles
	Teledyne Marine Workhorse Long Ranger ADCP
Boia para Monitoramento	AgSolve Hidrometereológico

Fonte: Elaborado pelos autores.

Diversas são as plataformas de baixo custo e sistemas abertos, no padrão de Internet das Coisas, disponíveis para coleta e armazenamento de indicadores locais como os descritos nas Tabelas 1 e 2. Os sistemas de maior aplicação, para disponibilizar informações comparativas sobre o framework a ser utilizado, resultaram na relação dos ambientes denominados *RaspberryPi* (2017), *Arduino.cc* (2017), *Texas Instruments* (2017) e *Beaglebone*(2017).

Dentre esses, para realizar a avaliação do sistema mais indicado, partiu-se dos seguintes critérios de características IoT, qualidades e necessidades específicas:

- a) sistema de comunicação para atender uma solução de coleta de indicadores sensoriais deve prover alternativas quanto à localização geográfica dos

coletores, à quantidade de coletores utilizados e interconectados, à arquitetura de rede de coletores utilizada, entre outros;

- b) quanto a conectividade, deve prover uma conexão ativa com protocolo TCP/IP entre o dispositivo coletor e o sistema receptor (nuvem) e a disponibilidade de módulo de rádio GSM 3G/4G (pois em grande parte dos locais analisados a conexão dados por telefonia celular mostrou ser a mais viável);
- c) o sistema de gerenciamento local proposto deve realizar o controle de varredura dos sensores e a coleta dos indicadores num ciclo definido pela necessidade da formação da base de dados (a sugestão do ciclo de coleta é de 1 min).

Dada a necessidade de portabilidade, conectividade, versatilidade e arquitetura de hardware e software integrado, o dispositivo controlador de gerenciamento do sistema de coleta mais adequado aos critérios acima foi o RaspberryPi Zero W (RaspberryPi, 2017), pois além de ser uma plataforma aberta e de uso livre, oferece melhor suporte aos sensores pesquisados bem como aos recursos necessários para integração com a nuvem no modelo SAP Cloud Platform. Considerado tal sistema, suas características são apresentadas na Tabela 3, onde inclui-se software da plataforma aberta Python e energia solar para atendimento dos módulos em campo.

O sistema de transferência de dados proposto para o ambiente de gerenciamento de armazenamento das informações na nuvem é baseado em REST, devido à facilidade de implementação no dispositivo local e interconectividade com o sistema baseado na nuvem. REST, *Representational State Transfer* (em português “Transferência de Estado Representacional”), é uma abstração da arquitetura da World Wide Web (*Web*), um estilo arquitetural que consiste de um conjunto coordenado de restrições arquiteturais aplicadas a componentes, conectores e elementos de dados dentro de um sistema de hipermídia distribuído (W3 Consortium, 2004).

Tabela 3 – Características do módulo de coleta em campo.

Características da plataforma RaspberryPi Zero W	
Descrição	Características.
Dispositivo de Gerenciamento de sensores.	• RaspberryPi Zero W
	• Processador Broadcom BCM2385 1GHz, single-core CPU
	• 512MB RAM
	• Mini-HDMI port
	• Micro-USB On-The-Go port
	• Micro-USB power
	• Header de 40 pinos HAT-compatible
	• Vídeo composto e reset headers
	• Conector de câmera CSI
	• 802.11n wireless LAN
	• Bluetooth 4.0
	• Consumo 180mA
Software Básico	• Raspbian Stretch Kernel 4.9 (Debian Unix compat)
	• Python 2.7.13
	• Python REST API framework
Conectividade	• Módulo Gsm Gprs Sim 800l
Serviço de Conectividade	• Serviço 3G/4G ativo local (TIM/Vivo/Claro).
Energia	• Voltaic System Solar Power for Raspberry Pi 9 Watt Bateria 12.000mAh Pack com 2 Portas USBs, Panel: IPX7 Waterproof, UV- And Scratch-Resistant

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para realizar o armazenamento das informações em “nuvem” buscou-se possibilidades que atendessem aos seguintes pré-requisitos essenciais mínimos, quais sejam: a) fácil conectividade, b) velocidade de armazenamento, c) Interatividade com frameworks abertos, d) baixo custo de instalação e operação, e e) longo ciclo de vida. Dentre os resultados encontrados está a plataforma SAP Cloud Platform, da empresa SAP SE (SAP SE, 2017). Essa plataforma é opção que possui boa funcionalidade no gerenciamento de ativos e da agilidade na modelagem de entidades de dados para uso dos mesmos em banco de dados em memória (HANA). A plataforma de armazenamento é um conjunto de funcionalidades que sumariza aplicações adaptáveis, *big data* e conectividade requeridas para a Internet das Coisas. Para o gerenciamento de dispositivos remotos essa plataforma proporciona um ambiente de gerenciamento de dispositivos que conecta dispositivos IoT aos seus

sistemas de *back-end*, acionando alertas e obtendo informações sobre os padrões de uso, do serviço e da qualidade dos mesmos (SAP SE, 2017).

Para o gerenciamento dos dados coletados, o SAP Cloud Platform disponibiliza um banco de dados em memória para *big data* (HANA) com funcionalidades como *Text Search* e gerenciamento por colunas (SAP SE, 2017). A funcionalidade de análise preditiva pode ser ativada para o reconhecimento de padrões estabelecidos pela análise dos indicadores capturados e armazenados do banco de dados em memória HANA. A estrutura de dados a ser utilizada para o armazenamento dos indicadores segue o padrão de dados coletados pelos sensores, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Estrutura de dados dos indicadores.

Estrutura de dados dos indicadores na plataforma IoT		
Indicador	Tipo	Tamanho
Temperatura da água	Texto Numérico	6
PH	Texto Numérico	3
Salinidade	Texto Numérico	5
Turbidez	Texto Numérico	3
Clorofila	Texto Numérico	3
Fluorescência	Texto Numérico	3
Ficoeritrina	Texto Numérico	3
Geo Posicionamento	Texto	22
Temperatura externa	Texto Numérico	5
Pressão Atmosférica	Texto Numérico	5
Velocidade do Vento	Texto Numérico	3
Velocidade da Maré	Texto Numérico	3
Direção de corrente marítima	Texto Numérico	22
Timestamp	Byte	4
Dispositivo	Texto	10
Total		100

Fonte: Elaborado pelos autores.

Realizando uma simulação rápida, num ciclo de captura baseado em apenas 1 dispositivo coletando 1 conjunto de indicadores a cada minuto durante 5 anos, teríamos um total de 2.628.000 registros, equivalente 2.628 GB (fatores de compactação não foram aplicados) de informações a serem analisadas. Para o dimensionamento de uma base de dados mais complexa para construção de padrões (informações coletadas em redes sociais, dados meteorológicos de satélites, dados

de impactos ambientais registrados), faz-se necessária uma engenharia e modelagem de uma estrutura mais complexa para atender as ferramentas de análise preditiva.

A representação de indicadores coletados, bem como dados projetados, tem por necessidade a facilidade de conectividade e visualização. Para tal, a pesquisa online buscou uma solução disponível dentro do ambiente proposto, para atender a necessidade de representar os dados de forma analítica, gráfica e em dispositivos móveis (celulares). Considerando a plataforma em nuvem disponibilizada, o recurso mais indicado é o SAP Cloud Analytics, pois é um sistema totalmente integrado ao banco de dados em memória, com funcionalidades essenciais para análise de dados, padrões e variantes, tais como: máquinas de aprendizado, simulador de modelos de dados analíticos, análise preditiva, gerador de agrupamentos, gerenciador de visualização gráfica em 3D. Com essa escolha completamos o desenho da plataforma, que possibilita apresentar os dados de forma gráfica em tempo real. Por fazer uso de dados disponíveis em banco de dados em memória, é possível fazer uso de simulações preditivas em tempo real.



5. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Neste trabalho compreendeu-se que a capacidade de monitorar informação, registrando indicadores que refletem o comportamento ambiental numa linha de tempo, tem a finalidade primária de documentar atributos que definirão padrões necessários para conduzir simulações múltiplas de análise preditiva. Com a análise descritiva definida no mapeamento dos indicadores e sensores, tornou-se possível criar a estrutura de dados necessária para a análise contínua da qualidade da água visando o monitoramento do fenômeno da Maré Vermelha.

Neste modelo, através dos sensores, as análises podem ser flexibilizadas com a periodicidade necessária e poderão fornecer um histórico de dados (indicadores) em que, além do reconhecimento hidro geológico da área monitorada, possibilitará estudos indicativos de contaminação, mineralização e hidro química. Visando monitorar a qualidade da água e automatizar o diagnóstico de toxinas nocivas, este trabalho identificou os componentes (indicadores, sensores e arquitetura de tecnologia da Internet das Coisas) a serem utilizados para a construção de um

protótipo de monitoração em tempo real dos padrões geradores do fenômeno Maré Vermelha.

A partir dessa primeira etapa de pesquisa será possível, em pesquisa futura, realizar a construção de protótipo de hardware básico para a coleta, transmissão e armazenamento dos indicadores para o diagnóstico de toxicidade da água, utilizando como base a pesquisa de sensores e tecnologia de Internet das Coisas. Assim, os dados coletados serão utilizados na construção de padrões de análise preditiva com o intuito de antecipar a detecção da proliferação de algas. Essas informações serão utilizadas como entrada de simuladores, acompanhando dados em tempo real para ajuste de padrão na busca contínua da previsão do fenômeno da Maré Vermelha, problema de suma importância para os envolvidos nesse setor no país, com destaque para os produtores da Maricultura de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS



BAHIA, S. **Maré Vermelha**. Disponível em <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/mare-vermelha>>. Acesso em 22 de abril de 2017.

VICENTE, A. **O fenômeno da maré vermelha e as implicações ao cultivo de moluscos bivalves**, 2014. Disponível em <<http://www.gia.org.br/19-not%C3%ADcias/247-mare-vermelha?videoid=r1GRmT1QGrw>>. Acesso em 23 de abril de 2017.

FACCIONI, M. **Internet das Coisas (Internet of Things)**, 2016, Unisul Virtual, ISBN 9788550601113. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/319881659_Internet_das_Coisas_Internet_of_Things>.

SEBRAE, **Criação de Ostras**, 2017. Disponível em <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-um-negocio-para-criacao-de-ostras,86387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>> Acesso em 23 de abril de 2017.

IBGE, **Produção da Pecuária Municipal - 2015**. 2015. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

CIDASC, **Instrução Normativa Interministerial Mpa/Mapa Nº 07, De 08 De Maio De 2012**, 2012. Disponível em <http://www.cidasc.sc.gov.br/inspecao/files/2012/08/20160622154705901.pdf> Acesso em: 17 ago. 2017.

STROBEL, Gary A. **Phytotoxins - Their Structure And Biology**. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-0041010183902453/first-page-pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

BIAGIOLI, Mario. **Galileo's Instruments of Credit: Telescopes, Images, Secrecy**. Chicago: University of Chicago Press, 2006.

CETINKAYA, Figen; MUS, Tulay Elal. **Shellfish Poisoning and Toxins**. 2012. Disponível em <<http://jbes.uludag.edu.tr/PDFDOSYALAR/17/mak01.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

ARAGUAIA, Mariana. **"O fenômeno da maré vermelha"**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/biologia/mare-vermelha.htm>>. Acesso em 23 de abril de 2017.

ROSA, Edson. **Santa Catarina mantém liderança nacional na produção de ostras, mariscos e vieiras**. 2015. Disponível em <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/santa-catarina-mantem-lideranca-nacional-na-producao-de-ostras-mariscos-e-vieiras-confirma-ibge>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

VIEIRA, Luiz F. M.; PINTO, David; VIANA, Sadraque S.. **HydroNode: An Underwater Sensor Node Prototype for Monitoring Hydroelectric Reservoirs**. 2012. Disponível em <http://wuwnet.acm.org/2012/files/Papers/06_paper43.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

NELSON, Patrick. **Next frontier: Aquatic IoT**. 2016. Disponível em <<http://www.networkworld.com/article/3029083/internet-of-things/next-frontier-aquatic-iot.html>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

UCKELMANN, Dieter; HARRISON, Mark; MICHAHELLES, Florian. **Architecting the Internet of Things**. Berlin: Springer, 2011.

VIEIRA, Luiz F. M.; PINTO, David; VIANA, Sadraque S.. **HydroNode: An Underwater Sensor Node Prototype for Monitoring Hydroelectric Reservoirs**. 2012. Disponível em <http://wuwnet.acm.org/2012/files/Papers/06_paper43.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2017.

MINERVA, Roberto; BIRU, Abyi; ROTONDI, Domenico (Org.). **Towards a definition of the Internet of Things (IoT): Issue 1.** 2015. Disponível em <http://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Issue_1_14MAY15.pdf>. Acesso em: 13 maio 2015.

OPSERVICES. **5 aplicações da Internet das Coisas (IoT) para revolucionar o seu negócio!** 2016. Disponível em <<https://www.opservices.com.br/5-aplicacoes-da-internet-das-coisas/>>. Acesso em: 2 mar. 2016.

ANDERSON, D.M., P. Andersen, V.M. Bricelj, J.J. Cullen, and J.E. Rensel. 2001. **Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters**, APEC #201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series No. 59, Paris.

UFRRJ. **Fitoplâncton.** 2017. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/fito.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

ENASA ENGENHARIA. **Determinação da turbidez pelo método nefelométrico.** 2017. Disponível em <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-da-turbidez/>>. Acesso em: 13 jan. 2017.

PAN, Xiaoju & MANNINO, Antonio & MARSHALL, Harold & FILIPPINO, Katherine & R. MULHOLLAND, Margaret. (2011). **Remote sensing of phytoplankton community composition along the northeast coast of the United States. Remote Sensing of Environment - REMOTE SENS ENVIRON.** Acesso em 13 Agosto 2017

BOYLE, R. 1674. **Observations and experiments in the saltiness of the sea.** In: Birch, T. (Editor), 1965. The works of Robert Boyle. Georg Olms, Hildesheim, 6 vol.

FICNER R.; HUBER R. **Refined crystal structure of phycoerythrin from *Porphyridium cruentum* at 0.23-nm resolution and localization of the γ subunit.** Eur. J. Biochem. 218 (1): 103–106. PMID 8243457. doi:10.1111/j.1432-1033.1993.tb18356.x. Acesso em 13 Agosto 2017.

SAP SE. **SAP Cloud Platform.** 2017. Disponível em <<https://cloudplatform.sap.com/index.html>>. Acesso em: 17 ago. 2017

SAP SE. **SAP Cloud Analytics.** 2017. Disponível em <<https://www.sap.com/products/cloud-analytics.html#>>. Acesso em: 17 ago.

TEXAS INSTRUMENTS. **MSP430 LaunchPad Value Line.** Disponível em <<http://www.ti.com/tool/msp-exp430g2>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

RASPBERRI PI. **RASPBERRYPI Zero W**. 2017. Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-zero-w/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

RASPBERRI PI. **RASPBIAN**. 2017. Disponível em <<https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

VOLTAIC SYSTEMS. **9 Watt Solar Charger Kit**. 2017. Disponível em <<https://www.voltaicsystems.com/9-watt-kit>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

BEAGLEBONE.ORG. **BeagleBone**. 2017. Disponível em <<http://beagleboard.org/bone>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

ARDUINO.CC. **Arduino Uno**. 2017. Disponível em <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

AGSOLVE. **Boia para Monitoramento Hidrometeorológico**. 2017. Disponível em <<https://www.agsolve.com.br/produtos/sistemas-fixos/boia-para-monitoramento-hidrometeorologico>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

SONTEK. **ADP® - Acoustic Doppler Profiler**. 2017. Disponível em <<http://www.sontek.com/productsdetail.php?ADP-Acoustic-Doppler-Profiler-4>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

TELEDYNE MARINE. **Workhorse Long Ranger ADCP**. 2017. Disponível em <<http://www.teledynemarine.com/workhorse-long-ranger-adcp?ProductLineID=12>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

TURNERS DESIGNS. **C3™ Submersible Fluorometer**. Disponível em <www.turnerdesigns.com/products/submersible-fluorometer/c3-submersible-fluorometer>. Acesso em: 17 ago. 2017.

RBR GLOBAL. **RBR Sensors**. 2017. Disponível em <<https://rbr-global.com/products/sensors>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

VERNIER. **Salinity Sensor**. 2017. Disponível em <<https://www.vernier.com/products/sensors/sal-bta/>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

CMA-SCIENCE. **SALINITY SENSOR BT 78 i**. 2017. Disponível em <http://www.cma-science.nl/resources/en/sensors_bt/BT78i.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

HEXIS. **Sensor de Clorofila**. 2017. Disponível em <<http://www.hexis.com.br/produto/sensor-de-clorofila>>. Acesso em: 17 ago. 2017.

OLIVEIRA, Mariângela Dutra de et al. **Nova abordagem do Índice de Qualidade de Água Bruta utilizando a Lógica Fuzzy. Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [s.l.], v. 19, n. 4, p.361-372, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). Disponível em <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522014019000000803>.

CARVALHO, Thiago Morato de. TÉCNICAS DE MEDIÇÃO DE VAZÃO POR MEIOS CONVENCIONAIS E NÃO CONVENCIONAIS. **Rbgf – Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p.1-13, 5 nov. 2008. Disponível em <https://ufr.br/mepa/phocadownload/vazao-rbgf.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2017.

Anderson D.M., Andersen P., Bricelj V.M., Cullen J.J., & Rensel J.E. 2001. **Monitoring and Management Strategies for Harmful Algal Blooms in Coastal Waters**. Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission. Paris. 268pp

SCHRAMM, M. A. & PROENÇA, L. A. de O. **Cultivo de moluscos: monitoramento de algas nocivas e ficotoxinas**. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, RJ, v.18, n. 106, p. 48-55, mar./abr. 2008.

PROENÇA, Luis. **Entrevista**. [Abr. 2017]. Entrevistador: Jorge Luiz Weiss. Itajaí, 2017.

SCHRAMM, Mathias. **Entrevista**. [Abr. 2017]. Entrevistador: Jorge Luiz Weiss. Itajaí, 2017.

MANZONI, Gilberto. **Entrevista**. [Mar. 2017]. Entrevistador: Jorge Luiz Weiss. Itajaí, 2017.

SESTERHENN, Pedro. **Entrevista**. [Mar. 2017]. Entrevistador: Jorge Luiz Weiss. Itajaí, 2017.

W3 Consortium - World Wide Web Consortium. **"Web Services Architecture". Relationship to the World Wide Web and REST Architectures**. 11 February 2004. Disponível em <https://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-arch-20040211/#relwwwrest>.