

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS
EM REDE

Rafael Raffaelli

**INTEGRAÇÃO DO SISTEMA ACADÊMICO DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM A
UMA *SMART CLASSROOM***

Santa Maria, RS
2019

Rafael Raffaelli

**INTEGRAÇÃO DO SISTEMA ACADÊMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA MARIA - UFSM A UMA *SMART CLASSROOM***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede (PPGTER) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede**.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Roseclea Duarte Medina

Santa Maria, RS

2019

Raffaelli, Rafael
INTEGRAÇÃO DO SISTEMA ACADÊMICO DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM A UMA SMART CLASSROOM /
Rafael Raffaelli.- 2019.
79 p.; 30 cm

Orientador: Roseclea Duarte Medina
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em
Tecnologias Educacionais em Rede, RS, 2019

1. Smart Classroom 2. IoT 3. Integração 4. Fog
Computing I. Medina, Roseclea Duarte II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, RAFAEL RAFFAELLI, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Rafael Raffaelli

**INTEGRAÇÃO DO SISTEMA ACADÊMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA MARIA - UFSM A UMA SMART CLASSROOM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede (PPGTER) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Tecnologias Educacionais em Rede**.

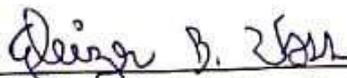
Aprovado em 20 de Dezembro de 2019:



Roseclea Duarte Medina, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



Gustavo Zanini Kantorski, Dr. (UFSM)



Gleizer Bierhalz Voss, Dr. (IFFar)

Santa Maria, RS

2019

Dedico este trabalho à minha família

RESUMO

INTEGRAÇÃO DO SISTEMA ACADÊMICO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM A UMA *SMART CLASSROOM*

AUTOR: RAFAEL RAFFAELLI

ORIENTADORA: ROSECLEA DUARTE MEDINA

Na América Latina grande parte do tempo de aula é consumido por tarefas administrativas desempenhadas pelos professores, dentre elas a conferência dos alunos presentes. As salas de aula são energeticamente transformadas pelas tecnologias, por meio delas, é possível aplicar conhecimento sobre o espaço e seus integrantes e melhorar a experiência destes. Nessa perspectiva, caracterizada pelas cidades e campus inteligentes surgiu a derivação *smart classroom*. A construção de uma *smart classroom* pode auxiliar na redução do tempo gasto para tal tarefa, bem como melhorar o ambiente através do monitoramento por sensores. Construir uma *smart classroom* de forma isolada limita os seus benefícios, mas integrá-la aos *softwares* educacionais existentes enriquece-os e pode automatizar processos. Assim, o presente trabalho propõe a integração de uma *smart classroom* ao sistema acadêmico da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, com o intuito de reduzir o tempo despendido pelo professor para a conferência dos alunos presentes. Para que os objetivos fossem alcançados, foram realizadas buscas junto à literatura de tecnologias envolvidas na integração de sistemas legados a essa nova arquitetura computacional. Em um segundo momento, foram definidos os processos de funcionamento, delimitação do escopo, seleção dos *hardwares* e *softwares* necessários para a criação da *smart classroom* e o desenvolvimento da ferramenta de integração, denominada SIoT. Por fim, a implantação do protótipo em sala de aula, onde realizou-se a validação com quatro turmas de graduação dos cursos de Sistemas de Informação e Ciência da Computação. Foi possível observar uma redução de até 92,19% do tempo desempenhado para a conferência dos alunos presentes, se comparado aos métodos utilizados atualmente pela instituição. Além disso, o trabalho obteve êxito na criação e integração com o sistema acadêmico da instituição, podendo futuramente ser parte integrante do mesmo de forma permanente. A dissertação está inserida na linha de pesquisa Desenvolvimento de *Softwares* Educacionais, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Educacionais em Rede, e resultou o próprio texto aqui apresentado, juntamente com o módulo de integração entre a *smart classroom* e o sistema acadêmico da instituição.

Palavras-chave: Smart Classroom. IoT. Integração. Fog Computing.

ABSTRACT

INTEGRATION OF THE ACADEMIC SYSTEM OF THE SANTA MARIA FEDERAL UNIVERSITY - UFSM TO A SMART CLASSROOM

AUTHOR: RAFAEL RAFFAELLI
ADVISOR: ROSECLEA DUARTE MEDINA

In Latin America most of the class time is consumed by administrative tasks performed by teachers, including the conference of students attendance. Classrooms are energetically transformed by technology, through which it is possible to apply knowledge about space and its members and improve their experience. From this perspective, characterized by smart cities and campuses, came the smart classroom derivation. Building a smart classroom can help reduce the time spent doing such a task, as well as improve the environment through sensor monitoring. Building a smart classroom in isolation limits its benefits, but integrating it with existing educational software enriches them and can automate processes. Thus, the present work proposes the integration of a smart classroom to the academic system of the Federal University of Santa Maria - UFSM, in order to reduce the time spent by the teacher for the conference of the students attendance. In order to achieve the objectives, searches were made with the literature of technologies involved in the integration of legacy systems to this new computational architecture. Secondly, the operating processes, scope delimitation, selection of the hardware and software necessary for the creation of the smart classroom and the development of the integration tool called SIoT were defined. . Finally, the implementation of the prototype in the classroom, which was validated with four undergraduate classes of the Information Systems and Computer Science courses. It was observed a reduction of up to 92,19% of the time spent for the conference of students attendance, compared to the methods currently used by the institution. In addition, the work was successful in creating and integrating with the academic system of the institution, and may eventually be an integral part of it permanently. The dissertation is inserted in the research line Educational Software Development, linked to the Graduate Program in Educational Networked Technologies, and resulted the text presented here, together with the integration module between smart classroom and the academic system of the institution.

Keywords: Smart classroom. IoT. Integration. Fog Computing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Fragmentação Vertical da Unidade Organizacional	19
Figura 2 –	Modelo horizontal.....	20
Figura 3 –	Modelo de Arquitetura <i>Middleware</i>	21
Figura 4 –	Conceitos IoT.....	23
Figura 5 –	Tecnologias Iot	25
Figura 6 –	Camadas <i>Smart Classroom</i>	29
Figura 7 –	Arquitetura SIoT	48
Figura 8 –	Processo Professor	51
Figura 9 –	Arquitetura SIoT	52
Figura 10 –	Modelo de dados SIoT	54
Figura 11 –	Tela de cadastro e edição de aulas	56
Figura 12 –	Lista das aulas da Disciplina	57
Figura 13 –	Edição da Aula.....	58
Figura 14 –	<i>Raspberry Pi3</i>	62
Figura 15 –	Arduino Uno.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Visão geral dos níveis de interoperabilidade	17
Quadro 2 –	Comparativo dos trabalhos correlatos	42
Quadro 3 –	Requisitos Funcionais	60
Quadro 4 –	Requisitos Não Funcionais	61
Quadro 5 –	Resumo dos tipos de conferências dos alunos na instituição	65
Quadro 6 –	Métodos de conferência dos alunos	66
Quadro 7 –	Comparação entre os trabalhos correlatos e o Sistema SIoT.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS	14
2.1	INTEROPERABILIDADE	15
3	INTERNET DAS COISAS	22
3.1	ESTRUTURA IOT	23
4	SALA DE AULA INTELIGENTE	27
5	CLOUD COMPUTING	32
5.1	FOG COMPUTING.....	33
6	SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O ENSINO - SIE	37
7	TRABALHOS CORRELATOS	39
8	METODOLOGIA	43
8.1	ETAPAS DA PESQUISA	43
8.2	DESIGN DO EXPERIMENTO.....	45
8.3	TECNOLOGIAS UTILIZADAS	46
8.4	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	47
9	DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO - SISTEMA SIOT	48
9.1	ARQUITETURA	48
9.2	REQUISITOS	59
9.3	<i>HARDWARE</i> UTILIZADO NA SALA DE AULA INTELIGENTE	61
10	RESULTADOS	64
11	CONCLUSÃO	69
11.1	TRABALHOS FUTUROS	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Desde o início desse século a *Cloud Computing* vem obtendo grande notoriedade nos ambientes computacionais. Seu crescimento é exponencial podendo chegar a quase 28% nesse ano, se comparado ao ano anterior, e espera-se que em 2022, 90% das empresas utilizem os serviços de nuvem pública como meio de armazenamento e processamento de dados (GARTNER, 2018). Um dos impulsores desse crescimento são os dispositivos que compõem o conceito de *Internet* das Coisas ou simplesmente IoT (*Internet of Things*), ou seja, aplicações que exigem novos requisitos ao modelo de serviços da *Cloud Computing*, devido ao seu baixo poder de processamento e armazenamento. Estima-se que no ano de 2023, o número desses “objetos inteligentes” ultrapasse a marca de 20 bilhões (HEUVELDOP et al., 2017). A integração destes objetos pertence ao próximo salto no crescimento da *Internet* que abrange uma estrutura de comunicação entre máquinas M2M (*Machine to Machine*). Basicamente, são objetos, assim denominado de coisas, atrelados a sensores, atuadores, dispositivos de comunicação, processamento e armazenamento interconectados de forma que conceda novas formas de interação entre objetos e humanos (ANTONHARO; DOHLER, 2015).

Assim como a *Internet* provocou, e ainda provoca, uma mudança de paradigmas de como as pessoas trabalham, interagem e aprendem, a IoT tem a capacidade de fazer o mesmo. Essa evolução direciona a novas pesquisas que adotem IoT como métrica para indicadores de performance em grandes instituições públicas ou privadas. De acordo com a GrowthEnabler (2017), o mercado que girava em torno de 157 Bilhões de Dólares em 2017, em 2020 passará para mais de 450 Bilhões de dólares: um crescimento de 285%. Nesse âmbito, o cenário será formado por: Cidades inteligentes (26%), Uso industrial (24%), área da saúde (20%), Casas inteligentes (14%), Conectividade veicular (7%), Dispositivos voltados ao controle ecológico (4%), Vestíveis (3%), outros (2%) (GROWTHENABLER, 2017).

Os ambientes físicos estão cada vez mais se tornando geradores de informações e a linha que separa os meios físicos e digitais fica mais tênue a cada salto tecnológico. Os objetos monitoram os ambientes, percebem qualquer alteração no meio e possuem capacidades de transmitir esses dados sem a intervenção humana. Como agentes ativos, tornam-se parte ativa no contexto promovendo funcionalidade adaptativa e responsiva, denominando-se assim por um ambiente inteligente (MAGRANI, 2018).

Como variante do conceito de ambientes inteligentes, *Smart Classroom* ou sala de aula

inteligente, visa trazer todos os benefícios citados para dentro da sala de aula a fim de explorá-los no processo educacional, além de considerar os aspectos específicos desse domínio e dos avanços da computação onipresente, realidade aumentada, computação móvel, etc (AGUILAR et al., 2015). A sua adoção pode auxiliar as instituições de ensino a prover uma experiência mais rica dentro da sala de aula e obter parâmetros em tempo real com foco no bem estar social e na economicidade dos recursos através do sensoriamento do ambiente, além de promover automatização dos processos burocráticos impostos aos docentes a fim de dedicar-se um maior tempo ao preparo didático (AGUILAR et al., 2016; GLIGORIC et al., 2015).

Para que esse processo seja transparente aos usuários é necessária uma estrutura que proporcione uma baixa latência e um processamento imediato para as requisições. *fog Computing* ou Computação de Nevoeiro visa oferecer serviços, armazenamento e recursos de rede mais próximos da borda de rede: ou seja, mais próximo dos dispositivos finais (BONOMI et al., 2012). Essa característica é imprescindível quando se refere a utilização de dispositivos IoT devido as suas características de coleta de dados sem se preocupar com o processamento e armazenamento. Vaquero e Merino (2014), definem o contexto da *fog Computing* como um agrupamento de dispositivos heterogêneos onipresentes que cooperam entre si através de redes *wireless* sem a intervenção de terceiros. Essa característica é imprescindível quando se refere a utilização de dispositivos IoT devido às suas características de coleta de dados sem se preocupar com o processamento e armazenamento.

A *smart classroom* pode se beneficiar das características da *fog computing* e proporcionar uma melhor experiência ao ensino, além de amenizar os entraves burocráticos associados ao processo de lecionar. Um dos grandes problemas relacionados a ministração das aulas, enquadra-se nas atividades burocráticas desempenhadas pelos professores. Segundo Bruns e Luque (2014), em salas de aula da América Latina, as atividades organizacionais (realização da chamada, limpeza do quadro negro, correção do dever de casa ou distribuição dos trabalhos) consomem entre 24% e 39% do tempo total de aula. Algumas dessas atividades podem ser melhoradas com o aperfeiçoamento dos processos, outras podem ser mais eficientes através de elementos tecnológicos.

O método tradicional de conferência dos alunos presentes é uma dessas atividades que consome um tempo precioso da aula, na qual poderia ser utilizado para a instrução dos alunos nas atividades didáticas e promover uma maior qualidade no processo de ensino-aprendizagem (SHEHU; DIKA, 2010; SILVA; FILIPE; PEREIRA, 2008; PATEL; SWAMINARAYAN, 2014).

Como em muitos casos, ainda é utilizado os meios impressos e com preenchimento manuscrito, torna-se uma tarefa exaustiva em grandes turmas e pode gerar erros através do preenchimento manual dos dados (KASSIM et al., 2012). A coleta de dados dos ambientes físicos também é desejável, pois possibilita para docentes e gestores, obter informações sobre o ambiente físico e seus frequentadores, a fim de proporcionar uma melhor qualidade no ensino (CUI et al., 2019; BOTTA et al., 2016).

Desenvolver uma *smart classroom* de forma isolada limita o seu potencial e as contribuições para a comunidade acadêmica. Assim, surge o desafio de integrar os sistemas educacionais existentes a esse novo contexto de dispositivos com baixo poder computacional e direcionados a atividades específicas. A heterogeneidade de aplicações desafia a busca de soluções capazes de satisfazerem os requisitos em todas as possibilidades de cenários e em conformidade com as mudanças. Dessa forma, iniciar um processo de reconstrução dos sistemas legados com robustez e operacional em um curto espaço de tempo, a fim de adequá-los a novas necessidades ou tecnologias, não é uma alternativa para organizações de média e grande proporções, assim é inevitável que sistemas deste porte não sejam constituídos de vários subsistemas. Levando em consideração o contexto da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, com mais de 27 mil alunos, 2.681 Técnicos Administrativos em Educação, 2.070 Docentes e 265 cursos, deve-se adotar métodos que possam realizar a integração entre a *smart classroom* e o Sistema de Informação para o Ensino (SIE - UFSM), de acordo com às regras de negócio vigente.

Ainda que seja uma crescente, são poucas instituições que visam realizar o processo de integração devido sua complexidade de adaptação da arquitetura. Integrar essa onda tecnológica aos sistemas educacionais legados é primordial para enriquecê-los com os dados oriundos das salas de aula inteligentes. O Sistema de Informações para o Ensino (SIE), criado e mantido pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, visa informatizar os processos ligados a administração educacional da instituição. O SIE, nos seus primórdios, foi desenvolvido através da tecnologia DELPHI, composto basicamente por aplicações *desktop*. Com o passar dos anos juntamente com a evolução da *Internet* foi necessária a adaptação dessa estrutura para um novo modelo de arquitetura que contemplasse a demanda por aplicações *web* e com a popularização dos dispositivos móveis, o desenvolvimento de aplicativos para esses *hardwares*. Assim, é imprescindível que ambientes de médio e grande porte sejam constituídos de diferentes tecnologias e que devem interoperar entre si (CARVALHO, 2001).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe a integração de uma *smart classroom* moni-

torada por sensores, juntamente com sistema de presença através da leitura biométrica de professores e alunos, a fim de automatizar o processo de realização da chamada dos presentes e o lançamento desses dados no sistema acadêmico da instituição. Essa ação visa diminuir o tempo destinado a verificação dos alunos presentes em sala de aula pelo professor, bem como diminuir possíveis erros de digitação e manter os dados atualizados no SIE a cada término de aula. Para diminuir a latência, agrupar, refinar e converter os dados dos sensores, foi inserida uma camada intermediária entre a *smart classroom* e o SIE, adotando o conceito de *fog computing*.

De acordo com os objetivos, foram definidas cinco etapas a serem alcançadas ao longo da pesquisa. Primeiramente foi verificado o estado da arte na qual o trabalho está inserido. Após foram definidos os requisitos que o sistema SIoT deveria atingir. O desenvolvimento da ferramenta de integração. E por fim, a implementação em sala de aula do protótipo resultante e realizada a coleta de dados dos métodos de conferência dos alunos.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: Nos capítulos 2, 3, 4, 5 e 6 estão relacionadas a uma revisão bibliográfica para desempenhar o trabalho. No capítulo 8, Metodológica, relata os processos realizados para atingir os objetivos propostos. No capítulo 9, Desenvolvimento, descreve as etapas desempenhadas. No capítulo 10, traz os resultados obtidos através dos métodos aplicados na implantação do protótipo. Por fim, no capítulo 11 e seção 11.1, trazem as conclusões sobre os resultados obtidos e os trabalhos futuros deslumbrados.

2 INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS

A busca pelo controle das informações, sua flexibilização e compartilhamento impulsionou a integração de sistemas informatizados nas autarquias de todas as esferas e organizações privadas (EDWARDS; LANE; NIELSEN, 2000). A evolução tecnológica criou os mais variados sistemas para as mais diferentes realidades. Esses sistemas heterogêneos geraram um grande desafio à flexibilidade, adaptabilidade e manutenção. Além disso, é inevitável que os Sistemas de Informação (SI) sejam constituídos por diversos sistemas (CARVALHO, 2001). Esse problema deriva de fatores relacionados à evolução dos processos das organizações bem como das tecnologias, assim, cria-se o problema da interoperabilidade entre os sistemas.

Com a evolução tecnológica, novos processos de intervenção são necessários, e podem ser agrupados de diversas formas. Martins (2005), define os processos de forma genérica e tecnologicamente de acordo com o nível de implementação:

- a) **Sistemas Integrados de Gestão:** Sistemas integrados sobre as diferentes perspectivas funcionais (Financeiro, Patrimônio, Acadêmico, etc.)
- b) **Informações centralizadas:** As diferentes aplicações acessam um repositório central compartilhando o seu conteúdo. Normalmente utiliza-se meta-modelos para descrição dos dados, ou seja, dados que descrevem dados.
- c) **Aplicações compostas:** Aplicações interligadas por *Application Programming Interface* (API), que são “contratos” de aplicações-para-aplicações na qual invocam ou implementam procedimentos sem a intervenção do usuário (DE, 2017).
- d) **Sistemas transacionais:** coordenam suas transações garantindo a informação sincronizada em sistemas interligados.
- e) **Sistemas distribuídos:** Sistemas autônomos interligados onde os componentes lógicos estão distribuídos e comunicam-se através de mensagens.

A interoperabilidade é definida pela competência de um sistema em interagir com outros sistemas de forma transparente para o usuário (IEEE, 2018). Em outras palavras, identificar os dados que cada aplicação necessita e a confiabilidade no meio em que trafegam delimitando padrões de protocolos independente de tecnologia de suporte.

Wang et al. (2010), definem dois tipos de integração de sistemas, a integração por interoperabilidade em tempo de desenvolvimento e interoperabilidade em tempo de execução. Na primeira a interação ocorre de acordo com as necessidades específicas durante o desenvolvimento. Já a segunda, leva em consideração a interoperabilidade quando há a necessidade de interação entre *softwares*.

A integração em uma organização começa na identificação das novas funcionalidades que requerem dados dispostos em diversas aplicações, com o intuito de aproveitar funcionalidades existentes. Disponibilizar esses dados nos meios de comunicação não é o suficiente, exige-se transformá-los em representações que facilitam o compartilhamento. O número de aplicações envolvidas rapidamente aumenta a complexidade, devido as diferentes estruturas de dados e tecnologias utilizadas em organizações de grande porte. Ullberg; Chen; Johnson (2009), classificam três tipos de barreiras para integração:

- a) **Barreira tecnológica:** aplicações com diferentes tecnologias necessitam de novos componentes.
- b) **Barreira sintática:** entidades ou atributos internos possuem estruturas diferentes nas representações. Ocorre, por exemplo, em casos onde uma entidade “Produto” é representada por uma estrutura hierárquica XML e em outra aplicação ela é representada por diferentes tabelas em um Banco de Dados.
- c) **Barreira semântica:** entidades ou atributos que possuem significados diferentes entre as aplicações. Em contextos diferentes de uma mesma denominação pode ter sentido diferente, uma entidade cliente para o departamento de contabilidade refere-se, normalmente, a pessoas que obtiveram transações com a empresa, já para o *marketing* pode representar possíveis clientes.

A integração é um dos fatores que auxiliam as organizações a melhorarem o seu dinamismo e colaborar de forma eficiente, ou seja, interoperar com diferentes sistemas; sincronizando recursos, processos e estratégias para um melhor aproveitamento organizacional (CHALMETA; PAZOS, 2015).

2.1 INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade é qualidade obrigatória entre os SI modernos que devem operar em diferentes níveis de interoperabilidade e, ao mesmo tempo, preverem mudanças no gerencia-

mento dos dados. Santos (2010), define como a qualidade de interação e cooperação de dois ou mais sistemas havendo troca de informações para objetivos previamente definidos. O dicionário oficial de termos de padrões do IEEE (*The authoritative dictionary of IEEE standards terms*) traz quatro variações do termo (IEEE, 2000):

1. Habilidade de dois ou mais sistemas ou de elementos trocarem informações e usá-las de forma compartilhada;
2. Capacidade de equipamentos trabalharem juntos e gerarem funções úteis;
3. Capacidade de promover, mas não garantida, a utilização de determinados conjuntos de padrões para *hardwares* distintos trabalhem em conjunto;
4. Habilidade de dois ou mais sistemas ou componentes compartilharem informações em um ambiente heterogêneo e fazer uso da mesma.

Sheth (1999), classifica a evolução dos SI no contexto da interoperabilidade em três gerações: 1ª geração: Abrange até o ano de 1985; 2ª geração: Teve a duração de uma década, até o ano de 1995 e a 3ª geração: de 1996 até o momento.

A Tabela 1 traz uma visão geral dos níveis de interoperabilidade nas três gerações de sistemas com foco na heterogeneidade.

Quadro 1 – Visão geral dos níveis de interoperabilidade

	1ª Geração	2ª Geração	3ª Geração
Nível de interoperabilidade	Sistema e dados	Sistema, dados e informação	Sistema, dados, informação, conhecimento e processo
Tipos de interoperabilidade	- Sistema (Computador, sistema e comunicação); - Limitado ao aspecto da sintaxe e estrutura (modelo de dados); - Transparência na localização, distribuição, replicação e modelo de dados.	Sintaxe (Tipo de dados e formatos), estrutura (esquema de banco de dados, linguagens de consulta e interfaces)	Semântico (Cada vez mais específico ao domínio)
Arquitetura de interoperabilidade dominante	Múltiplas base de dados ou banco de dados federados	Sistemas de informações federados e mediação	Mediação, Information brokering
Escopo do sistema de interoperabilidade	Computadores e base de dados interconectados	Poucos sistemas conectados em LAN, base de dados e repositórios de texto	Toda a empresa conectada em escopo global
Software e Arquitetura do sistema de informação	Terminal de acesso, ponto-a-ponto, mainframes e minicomputadores com acesso remoto, cliente-servidor (duas camadas)	Cliente-servidor (Três camadas)	Redes, distribuído e móvel.
Infraestrutura de comunicação na construção de sistemas interoperáveis	Proprietário (Dominação da IBM), TCP/IP	TCP/IP, HTTP e CORBA	Internet/Web/Java, gerenciamento de objetos distribuídos, componentes, múltiplos agentes e mobilidade
Tipos de dados	Banco de dados estruturados e arquivos	Bancos de dados estruturados, repositórios de texto, semi-estruturado e estruturado, dados genéricos (SGML, HTML) e formatos específicos de domínio	Todos os formatos de mídia digital
Fonte de informação dominante /Modelo do sistema	Relacional e ER	Orientado a Objeto	Baseado em componentes, multimodal
Dados/Interoperabilidade das informações	Estrutural e modelos de dados e representação dos dados	Entendimento das variedades de metadados, entendimento do ambiente heterogêneo	Compreendendo o uso de metadados, ênfase em abordagens apoiadas em semântica e ontologia
Principais funções humanas no suporte a interoperabilidade	Administradores de dados ou usuários experientes, estruturas e modelos de dados bem definidos, programas de acesso escrito por desenvolvedores de software	Desenvolvedores de software para a geração de wrappers e mediators envolvendo questões de nível de dados	Especialista de domínio para ontologia e na geração de informações
Opções de Acesso	Linguagem de consulta a base de dados (SQL) para base de dados estruturadas, keyword para acesso textual dados/arquivos	Atributo baseado em keyword, acesso limitado ao conteúdo, acesso limitado ao método de ontologia	Visualizadores multimídias, interfaces visuais, Solicitações de informações independentes de mídia, baseadas em multi-ontologias, sensíveis ao contexto e específicas ao domínio

Fonte: Adaptado de Sheth (1999).

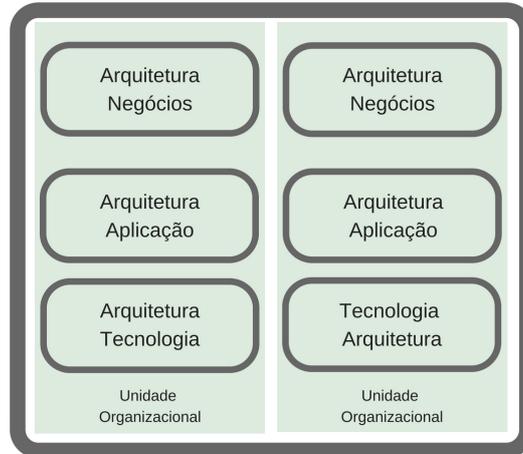
Na primeira geração, as corporações obtinham uma grande quantidade de dados compartilhados em diferentes departamentos e aplicações, isso fez crescer a demanda pelo compartilhamento entre departamentos e empresas. O esforço para alcançar a interoperabilidade nessa geração estava endereçado à heterogeneidade em dois níveis entre os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), heterogeneidade sintática e semântica/esquemática.

No tocante da Distribuição, durante a primeira geração, primordialmente, os dados eram armazenados no contexto da própria organização e, eventualmente, com o uso de múltiplas bases de dados. Com o impacto que a *Internet* proporcionou às instituições, a interoperabilidade, na segunda geração, foi direcionada ao compartilhamento, mesmo que em pequena escala, através do novo meio de comunicação. Na terceira e atual geração, com a evolução tecnológica, a alta capacidade das redes de comunicação, a computação distribuída e a enorme quantidade de dados, trouxeram novos desafios pelos diferentes protocolos de comunicação, largura de banda e a capacidade de processamento de cada nó (SHETH, 1999).

Esse cenário complexo de diferentes tecnologias proporcionou um ambiente heterogêneo e num ambiente interligado onde a troca de informações entre sistemas é exigida. Além disso regras de negócio mudam, valores são alterados, impõe dessa forma a autonomia e habilidade de adaptabilidade dos sistemas. Ainda, esse cenário traz um grande desafio aos desenvolvedores onde soluções buscam prover a interoperabilidade em diferentes níveis: sistema, sintaxe, estrutura e semântica. O surgimento da computação distribuída na atual geração se fez necessário aumentar o foco em soluções para a heterogeneidade apoiado em ações sintáticas e estruturais em diferentes níveis de informações, assim os sistemas informatizados deverão apoiar-se cada vez mais na interoperabilidade semântica (SHETH, 1999; WANG et al., 2010).

A fragmentação vertical das unidades organizacionais trata cada elemento de forma individual. Num ambiente de múltiplos componentes digitais não é a abordagem ideal, uma vez que as unidades inter-relacionam-se. A Figura 1 retrata o modelo vertical das unidades organizacionais.

Figura 1 – Fragmentação Vertical da Unidade Organizacional

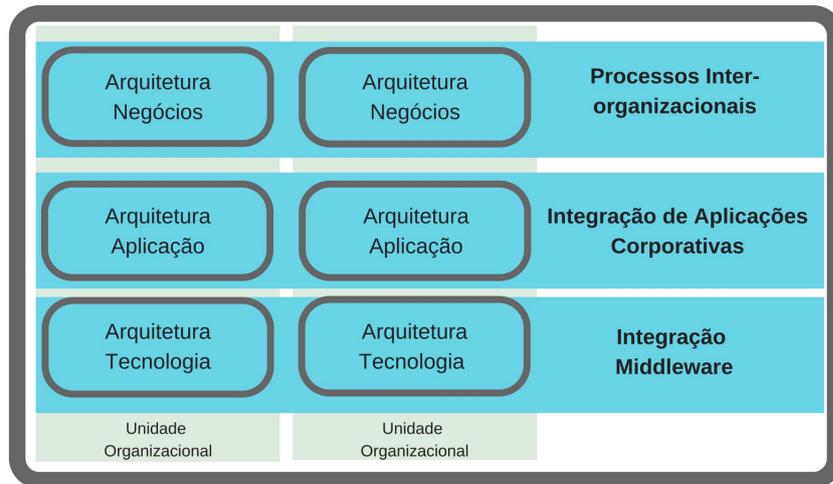


Fonte: Adaptado de Hasselbring (2000).

A Arquitetura de Negócio define a estrutura organizacional, regras de negócio e seus processos que objetivam controlar ou influenciar o comportamento do negócio. A Arquitetura de Aplicações é responsável por implementar os conceitos do negócio em aplicações, esse conceito é essencial para as organizações, pois é a transformação das regras de negócio em soluções tecnológicas. A camada de Arquitetura Tecnológica define a infraestrutura de comunicação (HASSELBRING, 2000). Vale salientar que as relações entre Sistemas computacionais se assemelham às interações humanas, assim é necessário considerar os níveis de interação.

A Figura 2, define o Modelo Horizontal direcionado a integração dos processos organizacionais vinculados a camada de negócio, subdividindo o modelo em três camadas: Processos Inter-organizacionais, Integração de aplicações corporativas e Integração *middleware*.

Figura 2 – Modelo horizontal



Fonte: Adaptado de Hasselbring (2000).

A seguir, é detalhado os métodos de integração de processos proporcionado pelo modelo horizontal:

a) **Processos Inter-organizacionais:** Nesta camada, busca-se aperfeiçoar e organizar os processos de negócios através da reengenharia contínua. A integração através dos Processos Inter-organizacionais não é usual, principalmente em sistemas heterogêneos (sistemas legados);

b) **Integração de Aplicações Corporativas:** *Enterprise Application Integration (EAI)*, traça como objetivo integrar aplicações por meio de componentes e por meio de utilização de serviços. Assim, contempla a integração de todas as aplicações dos sistemas empresariais em uma unidade, que compartilham informações e fluxos de processos de negócio;

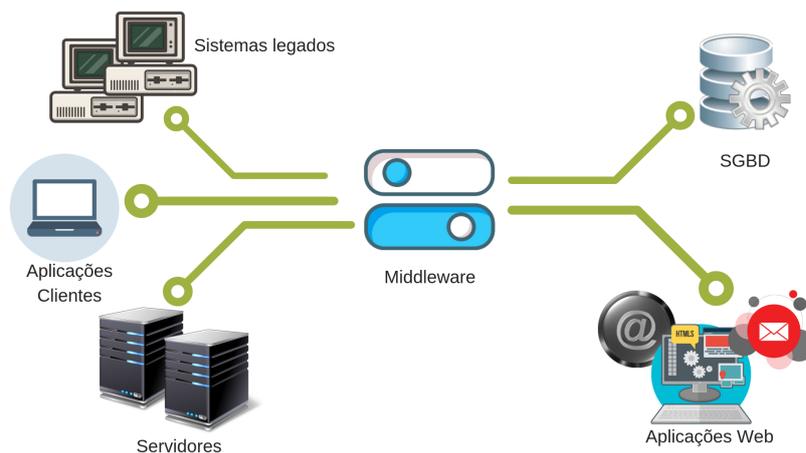
c) **Integração Middleware:** Essa camada, contempla a técnica de construção de informações por meio de componente, além disso, essa camada trata a integração em nível sintático enquanto a Integração de Aplicações Corporativas aborda em nível semântico.

Trabalhos vêm abordando a integração de aplicações heterogêneas em sistemas distribuídos. Há pouco tempo, o termo EAI tem sido rotulado a descrever esse modelo de solução (DIAS, 2016; SEQUEIRA et al., 2015). Soluções baseadas no formato *Middleware* permitem a interligação muitos-para-muitos: *Service Oriented Architecture (SOA)*, *Enterprise Application Integration (EAI)*, *Business to Business (B2B)* e *Web Service*. A evolução da *Internet*,

juntamente com a difusão de seus protocolos, serviços *Web* ganharam grande notoriedade devido a utilização de protocolos amplamente difundidos, assim presentes em grande número na integração de sistemas atualmente.

O modelo *Middleware*, representado na Figura (3), retrata a integração de diferentes aplicações. A Arquitetura *Enterprise Service Bus* (ESB) estabelece alguns padrões nesse modelo e traz uma nova abordagem aos fundamentos de integração com uma característica de baixo acoplamento em sistemas distribuídos, além de monitorar e dar o direcionamento das mensagens trocadas entre os membros, prover serviços comuns (segurança, tratamento de exceções, tratar eventos, etc) a todos e estabelecer maior qualidade na comunicação e resolução dos conflitos entre os integrantes dos serviços (CHAPPELL, 2004).

Figura 3 – Modelo de Arquitetura *Middleware*



Fonte: Autor.

No contexto desse trabalho a integração/interoperabilidade são essenciais devido às diferentes tecnologias empregadas pela *Internet* das Coisas em uma sala de aula inteligente e as que ainda podem vir a integrá-la. De acordo com o modelo horizontal, o protótipo desenvolvido se enquadra através do processo "Integração de Aplicações Corporativas", através de uma arquitetura *Middleware*. O capítulo a seguir abordará os principais conceitos sobre as diferentes tecnologias empregadas por esses dispositivos e como estruturam-se na transformação de um ambiente capaz de coletar, tratar, filtrar e agir sobre os dados do meio.

3 INTERNET DAS COISAS

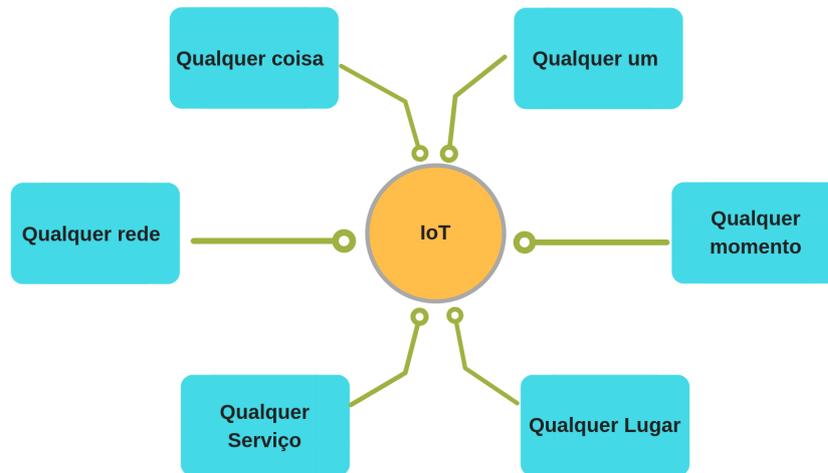
O conceito de *Internet* das Coisas confunde-se cada vez mais com a *Internet* do futuro onde bilhões de dispositivos se comunicam através de redes computacionais com o intuito de tornar os objetos “coisas” inteligentes e, conseqüentemente, os ambientes onde se hospedam. Além de incluir um novo tipo de rede de baixa potência é um ecossistema de hardware limitado (baixo consumo de energia pois muitos utilizam baterias, memória e processamento limitados) e com propósito específico (WORTMANN; FLÜCHTER, 2015).

No meio acadêmico ainda não existe uma definição consolidada sobre IoT (*Internet of Things* - *Internet* das Coisas). O termo foi proposto por Kevin Ashton em 1999, no qual descreveu a arquitetura global que estava emergindo naquele momento baseada em serviços de informação através da *Internet* que previa a comunicação de objetos físicos a uma rede de comunicação com a capacidade de capturar e compartilhar informações do meio através da tecnologia RFID (ASHTON, 2009). O conceito ao qual se referiu, tratava de objetos interoperáveis que se comunicavam unicamente por RFID e, como é uma definição que não aborda o todo, novas conceituações foram sendo criadas (PRETZ, 2013; JOSHI; WON KIM, 2008). *The International Telecommunication Union* (ITU), conceitua a IoT como:

“Uma Infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo a serviços avançados, realizar interconexão com coisas (físicas e virtuais) com base em tecnologias de informação e comunicação interoperáveis existentes e em desenvolvimento” (ITU, 2012, tradução nossa).

Para VERMESAN e BACQUET (2017), IoT é um paradigma multidimensional e multifacetado que descreve tanto “coisas” fixas ou móveis com os mais variados níveis de “inteligência” interligados, detectando/atuando, interpretando, comunicando e processando informações, gerando conhecimento sobre o ciberespaço. A Figura 4, demonstra que esses dispositivos podem operar nas mais variadas atividades nos mais variados contextos.

Figura 4 – Conceitos IoT



Fonte: Adaptado de Perreira (2014).

Dispositivos IoT incluirão serviços aos mais diversos tipos de objetos a qualquer momento e a qualquer lugar. Com o aumento desses dispositivos conectados, a *Internet* terá uma escala muito maior e a capacidade de conexão será cada vez mais exigida, sendo assim, uma nova geração está surgindo: a *Internet das Coisas* (COSTA PEREIRA, 2014).

Os campos de aplicação são inúmeros, pois IoT pode beneficiar uma grande diversidade de áreas do conhecimento. Soluções desse tipo já possuem grande relevância na indústria 4.0 onde a mesma auxilia na produção inteligente tornando os locais de produção conectados (WANG et al., 2016; SANTOS et al., 2018). Em nossas casas, definido pelo conceito *smart home*, dispositivos IoT concentram funcionalidades na automação de termostatos, sistemas de segurança e controle de aparelhos eletrônicos por diferentes interfaces. Também são encontradas soluções na área de transporte, no controle de tráfego e monitoramento de frotas. Já na área da saúde, uma das precursoras em sua utilização, o monitoramento de pacientes, gerenciamento de doenças e controle de medicamentos: esses são alguns exemplos que estão sendo aplicados na sociedade (WORTMANN; FLÜCHTER, 2015).

3.1 ESTRUTURA IOT

Como mencionado anteriormente, IoT abrange hoje uma grande gama de componentes o que trouxe uma maior aplicabilidade. O ecossistema que integra o conceito IoT, vem crescendo a cada dia e o sucesso dos recursos gerados inclui a capacidade em detecção e ativação, conec-

tividade, *edge computing*, *machine learning*, *networked systems*, *human-computer interaction*, segurança e privacidade (MEIDAN et al., 2017; SHAH; YAQOOB, 2016).

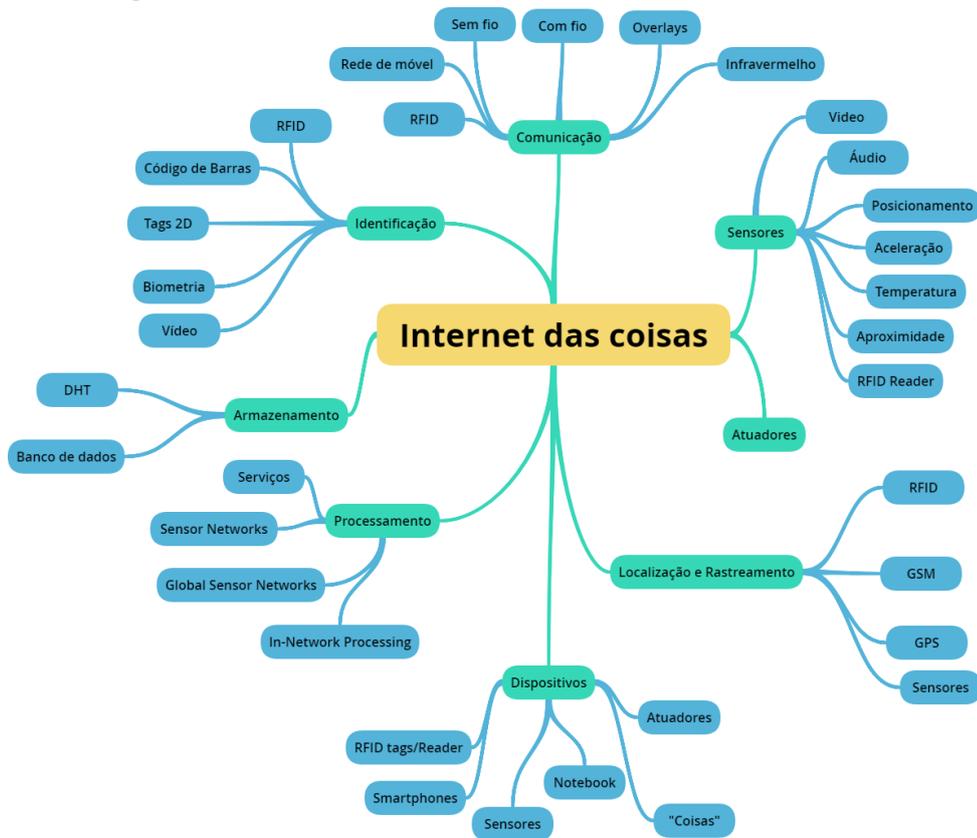
A estrutura da internet das coisas pode ser composta por diversos componentes, como: sensores, atuadores, etiquetas RFID, redes de sensores (*Wireless Sensor Network* - WSN), códigos de barras, detecção inteligente, *Near Field Communication* (NFC), comunicações sem fio de baixa energia, computação em nuvem, entre outras. Essa estrutura é capaz de detectar, coletar, agir, processar, inferir, transferir, notificar, armazenar e gerenciar dados (RAZZAK, 2012; LOPEZ et al., 2013).

O monitoramento a partir desses componente atrelados a objetos, cria ambientes inteligentes com uma alta conectividade que podem monitorar através da sensorialidade de modo qualitativo e quantitativo as interações das pessoas no ambiente e possibilita a interação massiva de dispositivos IoT para que com essa sinergia possam fornecer um serviço personalizado com foco na qualidade e economicidade de recursos.

Nesse contexto, a distinção entre a rede tradicional e dispositivos começam a se confundir, pois o número de dispositivos de borda tende a crescer nesses ambientes através de ondas de rádio, infraestrutura, computação e armazenamento em nuvem e protocolos. Porém, a padronização da arquitetura pode ser definida como o grande gargalo para o desafio dessa mudança. Como é uma onda mundial, requer uma definição de alto nível que abranja desde semicondutores até os provedores de serviços. A falta de padrões definidos pode permitir a perda de competitividade dos produtos IoT (LI; LI; ZHAO, 2014; GAMA; TOUSEAU; DONSEZ, 2012).

A Figura 5 traz um apanhado das principais tecnologias empregadas em sistemas IoT, definitivamente não abrange todas as possibilidades devido a alta volatilidade do conceito.

Figura 5 – Tecnologias Iot



Fonte: Adaptado de Mayer (2009).

É possível observar que a tecnologia RFID tem grande importância nesse contexto. Mayer (2009), demonstra as principais atividades envolvidas em ambientes IoT e os principais meios de prover cada atividade. Esse modelo tende a ser alterado com a evolução nas telecomunicações e hardwares que promovem o sensoriamento e identificação.

As possibilidades proporcionadas por essas tecnologias são imensas e sua aplicabilidade pode auxiliar em diferentes áreas. Na área da educação, a construção de salas de aula inteligentes pode auxiliar tanto no processo de ensino-aprendizagem como na diminuição dos processos burocráticos desempenhados pelos docentes. No Brasil, somente 64% do tempo de aula é destinado para ministrar a aula, se comparado ao protocolo proposto por Stalling e Knight (2014), que sugeriu medidas para que uma sala de aula seja bem administrada e que 85% do tempo seja destinado a atividade didática, os alunos brasileiros tem 20% a menos de aula (BRUNS; LUQUE, 2014). Os 36% são destinados a instrução dos professores, que no Brasil está vinculado a atividades como: chamada, limpeza do quadro negro, correção do dever de casa ou distribuição dos trabalhos. O que é muito acima do padrão de 15% do tempo total (BRUNS; LUQUE, 2014).

O próximo capítulo descreve os aspectos que envolve esse meio, além de apresentar métodos de como a tecnologia pode auxiliar o docente na apresentação do conteúdo didático em sala de aula, como no auxílio aos processos administrativos que a atividade exige.

4 SALA DE AULA INTELIGENTE

Os ambientes *smart* (inteligentes) são capazes de adquirir e aplicar conhecimento sobre espaço e seus integrantes dispostos a melhorar a experiência destes ao frequentá-lo. Novas tecnologias oferecem novas possibilidades para o ensino e aprendizagem dos mais variados níveis (FERREIRA; ARAÚJO, 2018). Nesse sentido, caracterizado pelas cidades inteligentes e ambientes inteligentes surgiu a derivação *smart classroom* ou salas de aula inteligentes, que visam utilizar novas pedagogias com aprendizagem colaborativa no intuito de promover o compartilhamento de recursos entre os alunos, por meio de computadores ou dispositivos móveis, que forcem a reorganização das estruturas e processos acadêmicos e regem a necessidade de aprendizagem individualizada dos alunos (SONG et al., 2014; BARGAOUI; BDIWI, 2014).

As salas de aula inteligentes são associadas muitas vezes a uma sala de aula tradicional constituída com uma grande variedade de equipamentos tecnológicos, mas utilizando o mesmo processo de ensino e aprendizagem, o que é um conceito equivocado (BAUTISTA; BORGES, 2013). Por outro lado, o espaço de aprendizagem pode exercer influência sobre o ensino, ou seja: pode criar um espaço criativo e propício para a aprendizagem.

A seguir são apresentadas algumas definições encontradas na literatura para os ambientes *smart classroom*:

- a) Winters et al. (2005), definem um Ambiente Inteligente para educação como um espaço onde a tecnologia ubíqua auxilia no processo de ensino e aprendizagem de forma discreta.
- b) Chen et al. (2011), afirmam que uma *smart classroom* é uma sala de aula convencional aprimorada onde incentiva a integração entre professores e alunos. Amparados por computadores, projetores e quadros interativos para a organização do modelo de ensino *e-learning*.
- c) Gligorić, Uzelac e Krco (2012) determina, que toda a sala de aula inteligente deve proporcionar *feedback*, de forma automática, da qualidade da aula por intermédio de diferentes tipos de *hardware* e *software*.
- d) Já Bargaoui and Bdiwi (2014), classificam esses ambientes de acordo com o modo que foram projetados, com a premissa de facilitar interação entre professores e alunos através

do gerenciamento de projetores, lousas interativas, computadores e outros equipamentos audiovisuais.

e) Aguilar, Cordero e Buendía (2018), definem uma *smart classroom* como a exploração de um ambiente inteligente a fim de promover o processo de aprendizagem, levando-se em consideração o domínio educacional inserido e os avanços computacionais.

Promover um ambiente mais interativo para a sala de aula com a utilização de tecnologias, não é algo recente. É possível identificar as gerações através do *hardware* e *software* empregados na construção das salas de aulas inteligentes. Uskov et al. (2015), classificam-as em duas gerações de acordo com as tecnologias empregadas:

a) **Primeira geração (2001 até 2007)**: Nesse período as salas de aula inteligentes estavam focadas em disseminar o conteúdo didático de forma síncrona por meio de plataformas *online*. Alunos separados ou não geograficamente dos professores tinham acesso a aula da mesma forma por meio da teleducação utilizando métodos de aprendizagem já executados na modalidade presencial.

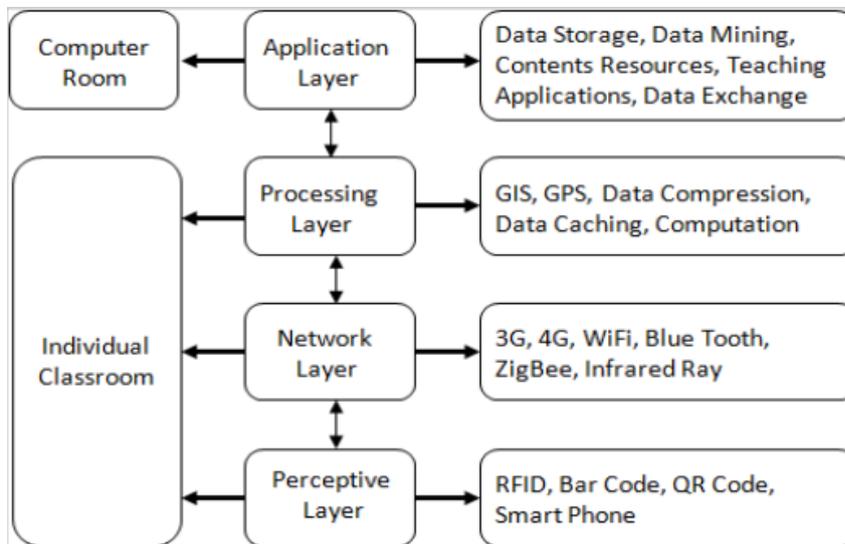
b) **Segunda geração (2008 até o momento)**: Baseia-se na utilização massiva de dispositivos móveis interagindo diretamente com os alunos ou com a sala de aula inteligente, por meio de comunicações automatizadas a fim de realizar a coleta de dados, fomentar o ambiente colaborativo, detectar o contexto, entre outros.

Em um primeiro momento, os trabalhos estavam voltados a utilizar a tecnologia como ferramenta ativa e diretamente inserida no processo de ensino-aprendizagem nas salas de aulas inteligentes. Na segunda geração, as tecnologias estão voltadas para realizar tarefas indiretas nesse processo, a fim de perceber o ambiente e os indivíduos inseridos, proporcionando ao professor e aluno um ambiente mais adequado ao ensino, *feedback* em tempo real sobre nível de interesse da turma, automatizar os processos burocráticos que envolvem ministrar uma aula e a criação de ambientes que promovem a economicidade de energia elétrica.

A sala de aula inteligente traz desafios para a educação e para as salas de aulas tradicionais com as novas possibilidades proporcionadas pelos ambientes inteligentes (Inteligência artificial, monitoramento via sensores, novas tecnologias de comunicação, computação ubíqua, realidade aumentada, etc). Chang, Li e Tsai (2014), definem algumas soluções para a transformação do modelo educacional tradicional ao modelo de sala de aula inteligente por intermê-

dio de dispositivos IoT, fazendo o uso de quatro camadas denominadas por: *Perceptive Layer*, *Network Layer*, *Processing Layer*, *Application Layer*.

Figura 6 – Camadas *Smart Classroom*



Fonte: Chang et al. (2014).

As camadas representadas pela Figura 6, demonstra para a *Perceptive Layer* o uso de RFID, código de barras, QR code como meio de identificação e percepção do ambiente, por meio do sensoriamento. A *Network Layer* camada responsável por abrigar os meios de transmissão dos dados coletados da *Perceptive Layer*, para isso podem utilizar diferentes meios que permitem a mobilidade mediante redes *wireless* (Wi-Fi, 3G, *Bluetooth*, etc). *Processing Layer*, recebe os dados da *Network Layer* e realiza os tratamentos necessários de compressão dos dados e armazenamento em *cache* a fim de serem persistidos posteriormente. Finalmente, a *Application Layer* realiza o armazenamento permanente, mineração dos dados e fornece serviços relacionados a *Processing Layer*.

Entre as tecnologias atuais, IoT possui características que aprimoram os processos de ensino-aprendizagem a partir do ensino básico à instituições de ensino superior. Dentre elas Silva et al. (2017) descrevem as seguintes possibilidades:

- a) Rastrear objetos ou pessoas em diferentes espaços das instituições de ensino, isso possibilita o desprendimento do professor realizar a verificação da frequência do aluno, além de objetos como: livros, *notebook*, entre outros.
- b) Por meio de técnicas proporcionadas pela neurociência, dispositivos IoT podem per-

ceber os aspectos afetivos do aluno e retornar o *feedback* ao professor a fim de adequar o conteúdo didático, caso necessário, de acordo com a motivação e engajamento dos alunos nas atividades propostas.

c) Proporcionar ambientes imersivos através de dispositivos embarcados a fim de promover um ambiente interativo e ao encontro as necessidades modernas de aprendizagem.

Fundamentadas nos ambientes inteligentes, as salas de aula inteligentes passaram de salas de aula tradicionais fortemente equipadas tecnologicamente para ambientes permissivos e transparentes para professores e alunos, graças a utilização dos objetos inteligentes através do conceito de *Internet das Coisas*. Um dos maiores benefícios das *smart classroom* é o ensino e a interação personalizada e individualizada para os alunos através do sensoriamento da sala de aula, na qual é capaz de evitar problemas de aprendizagem que podem desencadear alertas administrativos (trancamento do curso, desistência, evasão, etc) (ASSEO et al., 2016).

Apesar da sala de aula proporcionar diversas funcionalidades, muitas vezes não são devidamente aproveitadas e a tecnologia sozinha não resolverá alguns problemas. Shen et al. (2019), demonstram algumas limitações estruturais das *smart classroom* tradicionais:

a) Interações entre alunos e professores tão baixas quanto ao modelo tradicional. Mesmo com a alta conectividade alunos não possuem ajuda imediata dos professores mesmo após a introdução da sala de aula inteligente.

b) A aprendizagem ativa da sala de aula inteligente tradicional não supre as necessidades. Em um ambiente com muita tecnologia pode ocorrer dispersão dos alunos para as telas dos dispositivos inteligentes.

c) A tecnologia *web* tem papel fundamental nas *smart classroom*, mas muitas ignoram a função da rede. Um maior aproveitamento dos serviços *web* pode proporcionar um aprendizado inteligente em tempo real.

Deste modo, deve-se eliminar as barreiras entre alunos e professores, fomentar as relações em tempo real e projetar as *smart classroom* de acordo com os benefícios a serem atingidos nos processos de ensino-aprendizagem, não somente na tecnologia que será empregada. A *smart classroom* empregada nesse projeto está inserida, em quase toda sua totalidade, de modo passivo, realizando coleta de informações do ambiente e num grau mais interativo na leitura biométrica dos usuários. Desse modo, não interferir diretamente nos processos de ensino-

aprendizagem, mas sim nos administrativos que indiretamente podem beneficiar alunos e professores através da diminuição das ações burocráticas do docente e habilitá-lo a desempenhar um maior tempo a preparação e ministração do conteúdo didático.

O próximo capítulo trará a abordagem sobre *cloud computing* com o intuito de promover os serviços *web* e enriquecer ainda mais as salas de aulas inteligentes por meio da oferta de *hardware*, *software* e recursos de rede sob demanda.

5 CLOUD COMPUTING

O conceito de *Cloud Computing* vem rompendo paradigmas na computação, com grandes alterações em diferentes áreas da aplicação, incluindo: armazenamento dos dados, arquitetura computacional, gerenciamento de recursos, desenvolvimento de aplicações e principalmente com o fator segurança. Este modelo permite que aplicações acessem bases de dados distantes fisicamente de sua arquitetura de *data centers*. Sua evolução está diretamente ligada ao futuro da *Internet* sendo os dispositivos IoT um dos impulsionadores da *cloud computing* (MARINESCU, 2017).

Além da descentralização dos dados, a *cloud computing* permite a oferta de serviços a usuários por meio de recursos de rede sob demanda (PENG et al., 2018). A alocação de recursos é uma das principais características que pode maximizar o uso de recursos e minimizar os custos operacionais (ZHANG et al., 2013). Marinescu (2017), caracteriza a *cloud computing* em cinco atributos: consumo de recursos sob demanda, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida dos recursos e serviços mensurados. O *National Institute of Standards and Technology* (NIST), foi uma das primeiras organizações a sintetizar esse modelo de computação com a seguinte definição:

Cloud computing é um modelo para prover acesso ubíquo, conveniente e sob demanda, via rede, a um conjunto compartilhado de recursos computacionais configuráveis (e.g., redes, servidores, armazenamento, aplicações e serviços) que podem ser alocados e deslocados de maneira rápida e com mínimo esforço de gerenciamento ou interação do provedor do serviço (MELL; GRANCE, 2011, tradução nossa)

MELL e GRANCE (2011), definem três modelos de serviços oferecidos pela *Cloud Computing*:

- a) ***Infrastructure as a Service (IaaS)***: fornece recursos de processamento, armazenamento, recursos de rede ou qualquer atividade que exija instalação e execução de software. O consumidor não faz o gerenciamento da infraestrutura, mas possui controle sobre os sistemas operacionais, armazenamento, programas instalados e configuração limitada das ferramentas de rede.
- b) ***Software as a Service (SaaS)***: possibilita aos consumidores utilizar aplicações dos fornecedores na infraestrutura. O acesso pode ocorrer por vários clientes das mais variadas interfaces. Nesse modelo o cliente não gerencia a infraestrutura do provedor.
- c) ***Platform as a Service (PaaS)***: permite ao consumidor utilizar a infraestrutura do pro-

vedor para instalar programas criados por ele ou adquiridos de terceiros. O cliente não gerencia a infraestrutura, mas tem controle sobre as suas aplicações.

Além dos modelos de serviços, diferentes tipos de *Cloud* foram identificados na bibliografia (MELL; GRANCE, 2011; ZHANG; CHENG; BOUTABA, 2010) os tipos a seguir:

1. *Private Cloud*: provida para uma única organização, gerenciada e operada pela própria;
2. *Community Cloud*: provida para uso exclusivo de uma comunidade específica que compartilham o mesmo contexto;
3. *Public Cloud*: de uso aberto para a comunidade em geral;
4. *Cloud* híbrida: composição de duas ou mais dos tipos citados anteriormente;
5. *Virtual Private Cloud* - visa contemplar contextos públicos e privados aproveitando das tecnologias proporcionadas pela *Virtual Private Network* (VPN - Rede Virtual Privada).

Com a crescente popularidade dos dispositivos móveis e consequentemente as redes sem fio, elevou o modelo de *Cloud Computing* devido a limitada capacidade de processamento, armazenamento e vida útil das baterias desses dispositivos (KHAN et al., 2014). Neste contexto, surgiu um paradigma de *Cloud Computing Mobile* que permite aos usuários através da *cloud*, terceirizar tarefas para os provedores, por exemplo, processamento de dados, armazenamento entre outros (DOUKAS; MAGLOGIANNIS, 2011).

Nesse trabalho foi utilizado o modelo de *cloud* privada, onde o SIE realiza o armazenamento e o processamento dos dados oriundos da *smart classroom*. Além de fornecer recursos de processamento e armazenamento para os dados obtidos pelos sensores, na qual gerou

5.1 FOG COMPUTING

As tecnologias móveis e serviços IoT possibilitaram convergir para uma nova plataforma que possibilitou a integração nesse ambiente heterogêneo, além da coleta de dados do ambiente de comunicação, realçada no gerenciamento e utilização desses dados de acordo com serviços específicos (PARK; YOO, 2017). De acordo com Vaqueri e Roderomerino 2014, a

nuvem está migrando para a borda da rede onde roteadores ou tecnologias complementares podem se transformar em estruturas de virtualização: essa evolução é rotulada de *fog computing*. A descentralização ocorre devido a limitação dos dispositivos IoT. Mesmo com o aumento computacional e de comunicação da nuvem, ainda existem problemas que envolvem aplicações IoT devido a sua necessidade de mobilidade, distribuição geográfica e a baixa latência (YI; LI; LI, 2015).

Idealizada pela CISCO Systems em 2012, a *fog computing* proporciona aos usuários serviços mais práticos e rápidos devido a implantação de servidores próximos dos usuários finais adicionando mais uma camada *cloud* entre a *Cloud Computing* e o usuário. Essa infraestrutura permite que os aplicativos sejam executados o mais próximo dos dados ostensivamente acessados por pessoas, processos ou “coisas”, proporcionando uma redução na latência, problema recorrente em aplicações que fazem o uso de *Cloud Computing* e favorece uma melhora na Qualidade dos Serviços (QoS) (STOJMENOVIC; WEN, 2014). Dispositivos de rede podem desempenhar tarefas antes destinadas a servidores. O aumento de processamento e armazenamento desses dispositivos potencializa o desempenho de atividades mais complexas, consequentemente podendo se tornarem dispositivos *fog* pela sua proximidade (latência/geográfica) dos usuários finais (YI; LI; LI, 2015).

O conceito de *fog computing* tem muitas características herdadas da *Cloud Computing*, mas não mera replicação. Bonomi et al.2012, compilou as características da *fog computing* nos seguintes itens:

- a) **Borda da rede:** Localização mais próxima dos usuários finais (borda), baixa latência e identificação da localização. Fornecimento de serviços mais ricos na borda da rede.
- b) **Distribuição Geográfica:** Estar presente em postos diversos geograficamente, diferentemente da *cloud* que dentro dessa topologia assume um papel centralizado. Essa característica é uma exigência das aplicações que visam a mobilidade.
- c) **Clientes:** Os principais consumidores dos seus recursos são a vasta gama de sensores e aplicações distribuídas que exigem poder computacional e armazenamento distribuído.
- d) **Nós conectados:** Número alto de nós de rede distribuídos conectados a *fog*.
- e) **Mobilidade:** É essencial para aplicações *fog* obterem mobilidade para a comunicação direta com dispositivos móveis.

f) **Interações em tempo Real:** Aplicações *fog* são importantes em interações que exigem uma resposta rápida as requisições.

g) **Rede:** Predominantemente *wireless*.

h) **Heterogeneidade:** Nós dessa topologia são de diferentes tecnologias e implantados em diferentes ambientes.

i) **Interoperabilidade:** Componentes da *fog* devem ser capazes de alimentar e se alimentar de serviços de diferentes domínios.

Dadas as características, é possível deslumbrar inúmeras aplicabilidades para esse modelo de computação. Stojmenovic e Wen (2014), cita seis cenários promissores, descritos a seguir:

a) **Smart Grid:** O balanceamento de carga das redes elétricas pode ser controlado por dispositivos de borda de acordo com a demanda de energia, disponibilidade e preço. Os dispositivos *fog* podem alterar automaticamente para diferentes alternativas de fonte de energia. Os sensores captam dados das fontes geradoras, como solar ou eólica, por exemplo, e tomar a decisão de qual fonte é a melhor para determinado cenário.

b) **Semáforos inteligentes e veículos conectados:** Câmeras de vigilância podem capturar luzes dos carros de emergência e automaticamente mudar as luzes dos semáforos com o intuito de liberar caminho através do trânsito. Nesse sentido é possível detectar pedestres ou ciclistas e bloquear o tráfego somente quando houvesse indivíduos esperando a travessia. Outro cenário é a comunicação entre veículos e pontos de acesso a fim de monitorar o tráfego.

c) **Redes sem fio de sensores e atuadores:** Em sistemas que vão além da detecção e rastreamento, as redes tradicionais são insuficientes. Como cenários possíveis, atuadores podem desempenhar funções da computação *fog*, o que possibilita controlar o próprio processo transformando num circuito fechado.

d) **Decentralized Smart Building Control:** Componentes desse cenário visam capturar a atmosfera (temperatura, umidade e os mais variados tipos de gases) de uma determinada construção. Em um edifício, vários sensores interconectados e combinados podem

fornecer um conjunto de informações confiáveis. Assim, através da tomada de decisão distribuída, dispositivos podem efetuar ações através dos dados.

A *fog computing* tem uma promissora área. As aplicabilidades apresentadas anteriormente exemplificam as possibilidades do modelo e como pode ser benéfico ao sensoriamento de ambientes devido a sua proximidade a esses, fornecendo alguns serviços de *cloud* na borda da arquitetura. Nesse trabalho o servidor *fog* foi implementado no *hardware* Raspberry Pi 3, cada sala de aula terá o seu próprio servidor *fog* devido a incompatibilidade do sensor de biometria Nitgen Hamster III à arquitetura dos dispositivos Arduíno. Essa ação proporcionou a baixa latência das requisições e do armazenamento temporário dos dados vinculados a uma aula na *smart classroom*. Os *hardwares* aqui descritos serão detalhados no capítulo de Desenvolvimento (9).

No capítulo a seguir será descrita a estrutura do SIE-UFSM, parte essencial no desenvolvimento do trabalho, devido a necessidade do Sistema SIoT interoperar com ele.

6 SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O ENSINO - SIE

O SIE-UFSM (Sistema de Informações para o Ensino), foi desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM ao final da década de 90 com o intuito de suprir as necessidades de informatização para os processos abrangentes às áreas: Acadêmica, Orçamentária, Financeira e Contábil, Recursos Humanos, Protocolo, Patrimônio, Materiais e Frota; contando com mais de novecentas aplicações *Desktop* desenvolvidas em *Object Pascal* com o apoio da IDE DELPHI. Atualmente novas aplicações são desenvolvidas para o ambiente *Web* através da tecnologia Java Web - Java EE. Até o momento a instituição possui um total de trinta e cinco portais e, recentemente, dois aplicativos para dispositivos móveis.

A arquitetura dos portais possui módulos que auxiliam no desenvolvimento, manutenção e gerenciamento dos recursos. Para tal tarefa se utiliza dos componentes da arquitetura Java EE no lado servidor, denominada *container Enterprise JavaBeans (EJB)*. Os *containers* proveem serviços de implantação de componentes e permite concentrar-se na implementação das regras de negócio, abstendo-se de procedimentos técnicos. Java EE fornece serviços que auxiliam na abstração para aplicações corporativas.

O emprego de *containers* Java traz abstração dos elementos de segurança, integridade das informações, controle de concorrência, persistência dos dados, estabilidade, entre outros. As entidades no módulo *SIE-Web* são mapeadas e a realização da persistência e consulta dos registros do banco de dados ocorre através do ORM Hibernate. Por possuir sua API nativa e que implementa a especificação *Java Persistence API (JPA)*, pode ser usado à ambientes Java SE e servidores de aplicativos Java EE. Além de permitir o desenvolvimento de classes persistentes Orientadas a Objetos e, conseqüentemente, fazer o uso de herança, polimorfismo, associação, composição e estrutura de coleções Java. A solução fica entre a camada de acesso e o banco de dados. A seguir, serão listados os módulos que compõem o SIE na *web*.

1. **Sie-Core:** Módulo que hospeda submódulos (*Sie-ejb* e *Sie-report*) que contém regras de negócio e relatórios gerencias.
 - (a) **Sie-ejb:** Esse módulo abriga todas as classes que implementam as regras de negócio de todos os sistemas web da instituição. Basicamente é constituído de classes que representam entidades do banco de dados, arquivos de mapeamento de tabelas, interfaces que descrevem métodos e classes que as implementam.

- (b) **Sie-report**: responsável por definir regras e geração dos relatórios apresentados nos portais. Assim como módulo Sie-ejb é constituído de interfaces e classes que implementam os métodos, esses sempre tem por objetivo gerar relatórios.
2. **CPD-commons**: Módulo onde encontram-se classes utilitárias responsáveis por abstrair rotinas corriqueiras no desenvolvimento. Tratamento, operações e conversões para os mais variados tipos de objetos, assim seu principal objetivo é agregar todas as funcionalidades abstraídas para as mais diversas utilidades em diferentes projetos.
 3. **CPD-commons-tags**: Abriga as *tags* que são comuns aos mais diferenciados projetos web, prática que auxilia no reaproveitamento de código.
 4. **Mocca-framework**: responsável por padronizar estilos, trazer acessibilidade e abstrair métodos de construção de páginas *web* em portais da instituição. Desenvolvido dentro da instituição, tem sua manutenção realizada pela equipe do Centro de Processamento de Dados (CPD - UFSM).

O sistema de integração proposto visa criar uma nova aplicação acima do módulo Sie-Core, onde essa usufrui das regras de negócio existentes no módulo acadêmico do SIE, assim reaproveitando os mesmos métodos utilizados no Portal do Professor. Outro fator é a conversão do modelo de dados tanto do SIE, como da *smart classroom* com o objetivo de proporcionar a integração e interoperabilidade desses ambientes heterogêneos.

No capítulo à seguir, serão listados os trabalhos correlatos que de algum modo usufruem do conceito de se ter um intermediário promovendo a baixa latência de comunicação para os usuários finais.

7 TRABALHOS CORRELATOS

Nessa última década, muitos trabalhos buscaram meios de alcançar a interoperabilidade entre arquitetura IoT e meios de realizar o processamento e armazenamento em uma entidade externa. Conforme a finalidade do trabalho, buscou-se na literatura publicações que abordassem os conceitos de *cloud computing* e IoT com o enfoque na integração e interoperabilidade.

Gori, Gori e Ipiña (2014), propõem uma solução para diminuir a carga de trabalho com enfoque na redução do consumo de energia em dispositivos IoT. Além de possuir pouco poder de processamento, a mobilidade desses dispositivos adquirida através do acoplamento de baterias é um atributo desejável nesse contexto. A heterogeneidade traz o desafio de integrá-los a outros sistemas. Para resolver o problema, os autores trazem o conceito de *Web of Things* (WoT), que através dos padrões Web amplamente difundidos, torna-se um facilitador nos processos de integração, porém a desvantagem se encontra em atribuir a esses dispositivos a tarefa de se comunicar por esse padrão multifacetado e aplicar semântica a esses processos que ocasionará uma possível sobrecarga aos dispositivos com um menor poder de processamento. Por isso o trabalho propõe através de um intermediário, ao qual o denominam como *White Page* (WP), a comunicação entre os dispositivos finais (IoT) e os *Server Provider* (SP). Essa comunicação ocorre através de representações *JavaScript Object Notation* (JSON) utilizada em requisições ao SP, através de um WP, com o intuito de diminuir a latência e o número de chamadas ao SP. Com isso o WP, trabalha como um intermediário no processamento de informações promovendo a comunicação direta entre os dispositivos.

Os resultados obtidos foram: o compartilhamento de dados semânticos entre dispositivos fim, uma redução de carga de trabalho entre os dispositivos e conseqüentemente o consumo de energia; ou seja, foi cinco vezes menor se comparado ao *Negative Broadcasting*.

Na construção de ambientes inteligentes voltados ao contexto educacional, é possível observar trabalhos direcionados a criação de *smart classroom*. Bargaoui e Bdiwi (2014), apresentam um modelo de sala de aula com variados dispositivos conectados a um *gateway* que realiza o gerenciamento local e remoto. Para o desenvolvimento, foram utilizados um microcomputador Raspberry-PI, *framework* OSGI e os dispositivos inteligentes são leitores RFID e um projetor inteligente. O trabalho resultou em duas frentes: a primeira apresenta um sistema de controle de presença através da identificação RFID que carregará o perfil do professor e a turma com os respectivos alunos. Esses, utilizam *tags* NFC para sinalizar sua presença que será

repassada ao *gateway*; A segunda, é o gerenciamento remoto dos dispositivos da sala de aula. Nesse cenário, o sistema detecta automaticamente a utilização de slides. Quando o quadro de anotações é utilizado pelo professor, este pode atribuir as anotações ao seu material através da captura da *webcam* que incrementa em um slide posterior ao corrente, além do envio automático através do *gateway*. O atual *design* e a implantação ainda estão em andamento, entraves ainda existem, principalmente com relação a segurança.

Gligoric, et al. (2012), abordam o potencial de utilizar a IoT como uma forma de construir uma sala de aula inteligente fornecendo retorno imediato sobre o nível de interesse por parte dos espectadores. Dessa forma, auxilia simultaneamente o palestrante durante sua explicação. O sistema proposto consiste em dispositivos IoT que coletam dados e enviam para um *gateway* que os retransmitem para o Data Center. Esse, por sua vez, é utilizado para armazenamento e análise dos dados recebidos dos sensores de infravermelho, câmeras e pelo nível de ruído captados pelos sensores e transmitidos pelas tecnologias HTTP e XML. Através do sensor de infravermelho, a câmera capta a movimentação e em conjunto com o ruído gerado, mensura o nível de atenção dos alunos. O trabalho ainda não contemplou a sincronização dos eventos, isso dará, segundo os autores, uma maior precisão na estimativa do nível de atenção dos espectadores.

O trabalho dos autores Chan, Razak e Abdul (2017), propõe um sistema de sala de aula inteligente na *University Teknologi Malaysia (UTM)*, baseado em tecnologias IoT. O sistema consiste em dois recursos: atendimento autônomo e recursos para a diminuição do consumo de energia. O sistema autônomo, denominado pelos autores, refere-se ao processo de controle de presença através de cartões RFID e o armazenamento ocorre após validação no servidor da universidade. A proposta de redução no consumo de energia se deu através da tecnologia *Wireless Sensor Network (WSN)*, rede composta de sensores e atuadores sem fio que se conectam uns aos outros.

Em outro viés é possível constatar o conceito, abordado pelos estudos mais recentes de uma entidade intermediária que abstrai os dados coletados dos sensores e possui a função de abstrair e enviar para a *cloud*. A adição de mais essa camada, busca, além da abstração, diminuir a latência pela proximidade aos sensores e demais dispositivos IoT. Os trabalhos a seguir trazem o conceito de intermediários voltado à integração semântica entre os objetos inteligentes e serviços externos.

Com uma proposta de desenvolvimento de *framework*, Chun et al. (2015), promovem

a interação entre objetos inteligentes e camadas baseadas em tecnologias web semânticas a fim de processar transações IoT. As camadas lógicas tem a finalidade de comunicar-se com os mais variados protocolos, operar e acessar o *status* dos dispositivos, a fim de prover a base para as transações IoT. A camada de anotação semântica realiza a anotação dos metadados com *tags* semânticas. O *Service Registry Center* tem por finalidade descobrir, automaticamente, novas entidades através de serviços como *Universal Description, Discovery and Integrate* (UDDI) e operá-las e acessar o status em tempo real. Nesse mesmo sentido, Desai, Sheth e Anantharam (2015), buscam uma arquitetura inteligente para integração que permite a descoberta e controle sobre objetos IoT. Isso ocorre através de uma arquitetura IoT habilitada para *Web* semântica em prol da interoperabilidade entre sistemas, definindo-o como um serviço *Gateway* semântico.

Os autores Pacheco et al. (2018), definiram uma arquitetura osmótica, que visa implementar microsserviços na borda da rede conjuntamente com serviços mais complexos em *data centers*, voltada para uma *smart classroom* capaz de coletar e analisar os dados do contexto físico da sala bem como dos alunos, automatizar e controlar as instalações da sala de aula com enfoque na economicidade dos recursos energéticos. O resultados obtidos pelo trabalho revela que os microsserviços na borda da rede pode reduzir em até quatro vezes a latência das requisições se comparadas as realizadas a *cloud*.

Assim como os demais, Puustjaervi e Puustjaervi (2015), buscam a interoperabilidade semântica combinada a dispositivos IoT e computação em nuvem em ambientes *Smart Home* denominada pelos autores como *home ontology*. Faz o uso de metadados modelados através do modelo *Resource Description Framework* (RDF) e a consulta desses fazendo o uso do protocolo de consulta SPARQL e transmitidas via XML.

Boric, Vilas e Redondo (2018) propõem um sistema de conferência dos alunos presentes de forma automatizada através dos seus *smartphones* utilizando a tecnologia *Bluetooth Low Energy* (BLE). O experimento ocorreu na Faculdade de Engenharia e Telecomunicações de Vigo, na Espanha. Foi realizada a instalação de um dispositivo *Beacon* (Transmissor BLE) no corredor e um outro dispositivo em uma sala de aula da faculdade para coletar as presenças dos alunos. O experimento foi realizado durante um mês, onde todos os usuários cadastrados, quatro alunos, foram reconhecidos em sala de aula a cada 5 minutos. Dessa forma, permite o sistema proposto reconhecer quanto tempo o aluno ficou presente em sala de aula.

O trabalho de Gökhan et al. (2017), propõe através da tecnologia *Bluetooth* e o uso de *smartphones*, verificar os alunos presentes em uma sala da aula inteligente. Foi desenvolvida

uma aplicação para *smartphones* e *smart watches*, capaz de monitorar a presença dos alunos em sala de aula. Um dispositivo BLE é inserido em casa sala de aula, os dados de identificação do dispositivo *Bluetooth* e da sala correspondente, com a data e hora da interação. Os dados são repassados pelo dispositivo inteligente para um *data center* central. O resultante foi um sistema capaz de verificar os alunos presentes, com nenhuma interação direta dos alunos, a não ser pela instalação da aplicação móvel inicialmente.

O Quadro 2 faz a comparação dos trabalhos correlatos de acordo com os conceitos envolvidos nesse trabalho.

Quadro 2 – Comparativo dos trabalhos correlatos

Autor(es)	Smart classroom	Cloud computing	Redução latência	Integração	Identificação
Gligoric, Uzelac e Krco (2012)	X	-	X	-	-
Bargaoui e Bdiwi (2014)	X	-	X	-	X
Gori, Gori e Ipiña (2014)	-	-	X	X	-
Chun et al. (2015)	-	X	-	X	-
Desai, Sheth e Anantharam (2015)	-	-	X	-	-
Puustjaervi e Puustjaervi (2015)	-	X	-	X	-
Chan, Razak e Abdul (2017)	X	X	-	X	X
Gökhan et al. (2017)	X	X	-	-	X
Boric, Vilas e Redondo (2018)	X	-	-	-	X

Fonte: Autor.

O presente trabalho se difere dos citados anteriormente por realizar a integração de uma *smart classroom* composta por sensores, para melhorar a experiência do ensino, com a adição de leitores biométricos já difundidos na instituição para o controle de frequência ao Sistema Acadêmico. A maioria dos trabalhos citados anteriormente, não realizaram a integração de suas *smart classroom* com o sistema acadêmico das suas respectivas instituições de ensino. Além disso, a utilização de sensores biométricos para a identificação dos usuários é um modelo de identificação ainda emergente nas *smart classroom*, mas que pode auxiliar a identificar os usuários com alto grau de confiabilidade.

8 METODOLOGIA

Há inúmeras formas de classificar pesquisas. O modo clássico se divide conforme a sua natureza, seus objetivos e seus procedimentos. Do ponto de vista de sua natureza, essa pesquisa se classifica como aplicada, devido sua busca em promover a efetiva interoperabilidade entre o Sistema SIoT e o SIE - UFSM (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto aos seus objetivos, o estudo se porta como uma pesquisa exploratória com a finalidade de coletar informações sobre o processo de integração para qual esse trabalho se propõe, delimitado ao contexto do módulo acadêmico da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, com a finalidade de assumir uma maior familiaridade de forma qualitativa na integração com objetos IoT e caracterizado como um estudo de caso. Dos procedimentos técnicos, a pesquisa se classifica como bibliográfica e experimental.

O trabalho está inserido no contexto de uma instituição de ensino, onde no atual momento, a tarefa de conferência dos alunos presentes pode ser realizada de três formas. A primeira é a utilização da lista impressa dos alunos, na qual o professor assinala os presentes e os ausentes e, após o término, insere esses dados no Portal do Professor. A segunda, uma folha em branco é repassada aos alunos onde esses assinam seus nomes. Por fim, a terceira se caracteriza pela utilização de um dispositivo móvel para acessar através de um navegador o Portal do Professor, inserir os dados da aula (Descrição das atividades, tipo, duração e presentes). Essa tarefa pode ser dificultada em alguns pontos devido a instabilidades das redes Wi-Fi em determinados pontos da instituição.

8.1 ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa dividiu-se em cinco etapas, elencadas em ordem a seguir:

- a) Etapa 1 - Verificar o estado da arte;
- b) Etapa 2 - Análise e descrição dos requisitos;
- c) Etapa 3 - Desenvolvimento ferramenta de integração;
- d) Etapa 4 - Desenvolvimento ferramenta de integração;
- e) Etapa 5 - Coleta de dados dos métodos de conferência dos alunos

A primeira etapa procurou coletar um grupo significativo de trabalhos em periódicos, com a abordagem de integração e interoperabilidade entre a arquitetura IoT e os mais variados sistemas, a fim de compreender os aspectos que envolvem tal área do conhecimento.

Antes de definir os requisitos do sistema, foi realizado um estudo através de consultas aos analistas de negócios da área acadêmica do CPD-UFSM, na qual foi de grande importância para entender a estrutura do sistema e as regras de negócio que envolvem essa área do sistema acadêmico da instituição. Em paralelo, a realização de engenharia reversa nas funcionalidades que correspondem ao controle de frequência e do registro de aulas. Essa atividade foi necessária para que fosse possível entender as regras de negócio, a fim de adequar os novos requisitos que esse trabalho propõe aos existentes. Na etapa seguinte, foram definidos os requisitos funcionais (Tabela 3) e não funcionais (Tabela 4), presentes no Capítulo 9 que dão um escopo geral da aplicação. Por meio dos requisitos não funcionais competiu pesquisar diferentes tecnologias e sua aplicabilidade para que suprisse os requisitos e que culminasse no escopo proposto.

O desenvolvimento teve início na definição e implementação dos métodos do *web-service* que alimentaria com dados a sala de aula inteligente, juntamente com a configuração dos sensores. Essa atividade foi interrompida devido a falta de colaboradores no projeto para desenvolver o tratamento das informações recebidas do SIE e dos sensores. Para dar andamento ao trabalho munido de informações dos dados trafegados da aplicação, decidiu-se por optar pela simulação até um determinado ponto. Em seguida, foi realizado um estudo sobre os simuladores existentes na literatura para *fog computing*, sensores e *cloud*. Conforme a documentação existente, comunidade e características, foi escolhido o simulador iFogSim¹ e modelou-se a arquitetura do trabalho com os dados reais das comunicações que ocorrem entre cada módulo (sensores, *fog* e *cloud*). Por meio das ferramentas proporcionadas pelo iFogSim, foi criada toda a arquitetura do sistema proposto, com os dados reais de: Comunicação, Armazenamento e Processamento. A simulação foi interrompida com a inclusão de novos participantes no projeto que auxiliaram e tornaram possível desenvolver o experimento descrito nesse capítulo.

No desenvolver das atividades foi realizada a implantação em sala de aula do protótipo na qual validou-se a ferramenta com alunos e professores de quatro turmas pertencentes aos cursos de Sistemas de Informação e Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM.

Na etapa final deste estudo, foi solicitado a dois docentes que realizassem a conferência

¹ Site do desenvolvedor - <https://github.com/Cloudslab/iFogSim>

dos alunos presentes de forma cronometrada das três formas utilizadas atualmente na instituição, sendo descrito este processo detalhadamente na seção de Resultados. Essa métrica teve por objetivo coletar informações sobre os modelos utilizados para a contagem dos presentes na instituição. Assim, foi possível comparar com os dados obtidos pela implantação do protótipo proposto a fim de qualificar o trabalho.

8.2 DESIGN DO EXPERIMENTO

De acordo com os objetivos deste trabalho, fez-se necessária a validação do protótipo proposto no contexto almejado. Assim, o experimento foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, nos Cursos Sistemas de Informação e Ciência da Computação, nas disciplinas "Computadores e Sociedade" e "Sistemas Colaborativos". Destas foram selecionadas duas turmas: a primeira turma da disciplina "Computadores e Sociedade", com 10 alunos participantes; e, a segunda turma da disciplina "Sistemas Colaborativos", com 12 alunos. Contabilizando um total 22 alunos participantes.

A proposta de integração do Sistema de Informações para o Ensino (SIE-UFSM) a uma sala de aula inteligente, visa receber os dados oriundos do sensoriamento por meio da camada *fog*. O sensor utilizado para experimento foi o de biometria. O sensor realizou o cadastro e a leitura das biometrias dos dedos de alunos e professores para o controle de frequência. Esse sensor tem papel fundamental, pois mediante ele, o professor inicializa e finaliza a aula e os alunos registram as suas presença. Assim, sobre os que compõem o projeto, as informações coletadas por esse sensor implicarão no registro da aula no SIE.

Para embasamento estrutural funcional, foi realizado um estudo sobre todas as regras de negócio que envolve o registro de uma aula no Portal do Professor (SIE). Levantou-se meios de criar parcialmente uma aula no sistema, pois algumas informações não são passíveis de serem preenchidas automaticamente pelo sistema, porque precisam da intervenção do professor num momento posterior. Por mais que não seja possível deixar todo o processo automatizado, a possibilidade tecnológica proposta dispensa o professor de criar e lançar as presença dos alunos, bem como o horário de início e fim das aulas.

8.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Na continuidade das ações, foram definidas as tecnologias que iriam possibilitar a integração da sala de aula inteligente ao SIE. Por possuir um histórico de utilização para outros fins, foi criado um *Web Service* por meio das tecnologias: Java, Spring e JSON, o qual fornece métodos de envio e recebimento de informações.

O meio de comunicação entre a sala de aula inteligente e o SIE ocorre por meio da rede interna da instituição, na qual utilizou o protocolo HTTPS (*Hyper Text Transfer Protocol Secure*) que diferentemente do protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*), adiciona uma camada de segurança. Outro fator que adiciona mais um nível de segurança é a utilização de um *token*, que deve ser enviado, juntamente a cada requisição, ao *web service*, além do controle pelos endereços físicos e de rede dos servidores *fog*, na qual cada *token* é gerado por meio de um determinado número de IP e MAC. Cada requisição é verificada a identidade do servidor *fog* através da validade do *token* e se ele está vinculado ao IP e MAC do solicitante.

Levando em consideração o tráfego de informações sensíveis à rede interna da instituição, essas medidas foram essenciais na adição de camadas de segurança.

Para a leitura biométrica, inicialmente, foi utilizado o leitor *Open Smart R308*². Nos decorrer dos testes de funcionamento do sensor, verificou-se que o mesmo possuía algumas limitações para o nosso projeto, tais como: a utilização de base de dados própria na qual armazena internamente as leituras biométricas, o que dificulta a vinculação dessas aos usuários da sala de aula inteligente. Fator, é a limitação de duzentos registros que impede a sua utilização em um ambiente com grande rotatividade de usuários; O leitor possui arquitetura própria para cadastro, leitura e exclusão dos registros e devido as tentativas sem sucesso de decifrar o datagrama gerado por ele, foi adotado outro leitor já utilizado e difundido no ponto eletrônico da instituição, o que proporcionou aproveitar a expertise adquirida nessa atividade para o sistema SIoT.

Ademais, o leitor substituto, Nitgen Hamster III, possui um custo mais elevado, porém compensatório porque atende às ISO 19794-2:2005 e 19794-4:2005, que padronizam os formatos de representação das impressões digitais, bem como o modelo de armazenamento, gravação e transmissão de imagens dos dedos ou palmas das mãos. Além disso, o fabricante disponibiliza um kit de desenvolvimento próprio que permite utilizar a base de dados externa e vincular

² Site do fabricante - <https://www.openplatform.cc/>

indivíduos a uma ou mais biometrias.

8.4 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para o desenvolvimento do protótipo foi adotada a metodologia ágil denominada Scrum. Essa metodologia visa encontrar uma forma de produção em ambientes de mudanças constantes, além de incorporar a flexibilidade, adaptabilidade e produtividade herdadas dos processos da indústria e nos princípios da metodologia XP (SANTOS SOARES, 2004).

O desenvolvimento através da Scrum é subdividido em iterações curtas, ou seja, no prazo máximo de trinta dias, na qual as funcionalidades são desenvolvidas. Cada iteração possui objetivos claros com reuniões periódicas, para que a equipe discuta as dificuldades e os avanços com o objetivo de, ao final, obter um produto ou parte dele em condições satisfatórias para ser apresentado ao cliente (FERREIRA et al., 2005).

As fases de desenvolvimento podem ser divididas, segundo (BISSI, 2007), em três partes principais:

- a) **Planejamento:** Etapa na qual é definida a nova funcionalidade pelo sistema;
- b) **Desenvolvimento:** Processo de desenvolvimento da nova funcionalidade de acordo com os requisitos, tempo de desenvolvimento e com os termos de qualidade de *software*.
- c) **Encerramento:** Trata a funcionalidade para ser entregue realizando tarefas de teste de *software*, treinamento e publicidade.

No próximo Capítulo será apresentado o desenvolvimento do trabalho, na qual serão detalhadas as atividades realizadas para a atingir os objetivos propostos.

9 DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO - SISTEMA SIOT

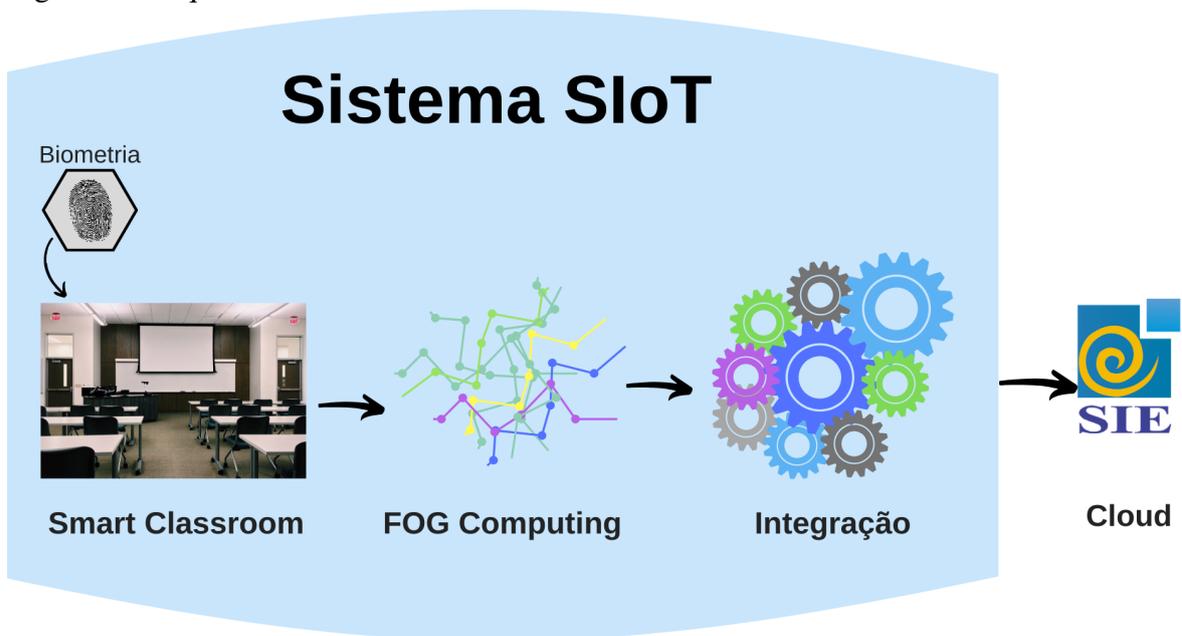
Nesse capítulo são descritos os processos para o desenvolvimento do protótipo, tendo início pela arquitetura geral do sistema, levantamento dos requisitos e findando com o *hardware* utilizado.

9.1 ARQUITETURA

Como premissa, o trabalho se propõem na integração de uma sala de aula inteligente ao SIE - UFSM, com o objetivo principal realizar o controle de frequência acadêmica, lançamento das aulas e monitoramento do ambiente físico, oferecendo condições possíveis para uma maior qualidade no aprendizado. A arquitetura, para atingir esse objetivo, será descrita nessa sessão.

Buscou-se meios de proporcionar ao usuário uma experiência mais fluída, assim foi trazida ao contexto do trabalho, a utilização de um intermediário que armazene alguns dados da *cloud* e converta os dados oriundo do sensor de biometria para o modelo de integração, que proporciona uma menor latência na comunicação. A Figura 7, demonstra a arquitetura que compõe o sistema.

Figura 7 – Arquitetura SIoT



A arquitetura básica é composta por três componentes: Sala de Aula Inteligente SIoT, *fog computing*, módulo de integração e SIE-WEB. Esse modelo provê uma maior flexibilidade na adição de novos componentes ao ambiente inteligente com pouca ou nenhuma alteração no modelo de dados, redução da latência entre os sensores e o SIE e melhor alocação do processamento das informações graças a utilização da camada *fog*. A principal funcionalidade consiste no controle de frequência integrado com o sistema acadêmico da instituição, como forma de diminuir o trabalho no lançamento das presenças dos alunos pelo docente, juntamente com a criação das aulas no SIE. Nessa arquitetura a *fog computing* tem um papel fundamental devido as características de diminuição da latência, pré-processamento, armazenamento e transmissão dos dados, o que é favorável para esse modelo (FISCHER et al., 2019). Além de interpretar parte dos dados dos sensores e adequá-los ao modelo de dados reduzido do SIE-UFSM.

Cada servidor *fog* necessita ser cadastrado junto ao SIE, para que o mesmo possa consultar e enviar dados. Assim é gerado um *token* único e individual, ao qual possa ser identificado e habilitado a se comunicar. Cada chamada ao *Web Service* é exigido o envio deste para a validação da requisição. A funcionalidade que a *fog* proporciona aos usuários finais (Professores e Alunos) consiste no recebimento e envio de informações de cada aula ministrada para o *Web Service*. Foi criado primeiramente o método de cadastro das biometrias dos participantes (Professores e Alunos) para que fossem cadastrados junto ao SIE e identificados na *smart classroom*. Esse método espera o identificador da pessoa (professor e aluno) com as biometrias coletadas.

De acordo com a proposta do Servidor *fog*, os dados armazenados por ele compreendem uma parte de todo o sistema. Normalmente são importados os dados necessários para uma atividade específica enviados a *Cloud* (SIE) e, posteriormente, eliminados automaticamente. A exceção, são os dados biométricos dos professores e suas respectivas turmas ativas, onde são carregados todos os dias em horário de menor tráfego de rede. Essa medida foi adotada para que a *smart classroom* tivesse um tempo de resposta menor para identificação e verificação da leitura biométrica do professor e das turmas em horário vigente.

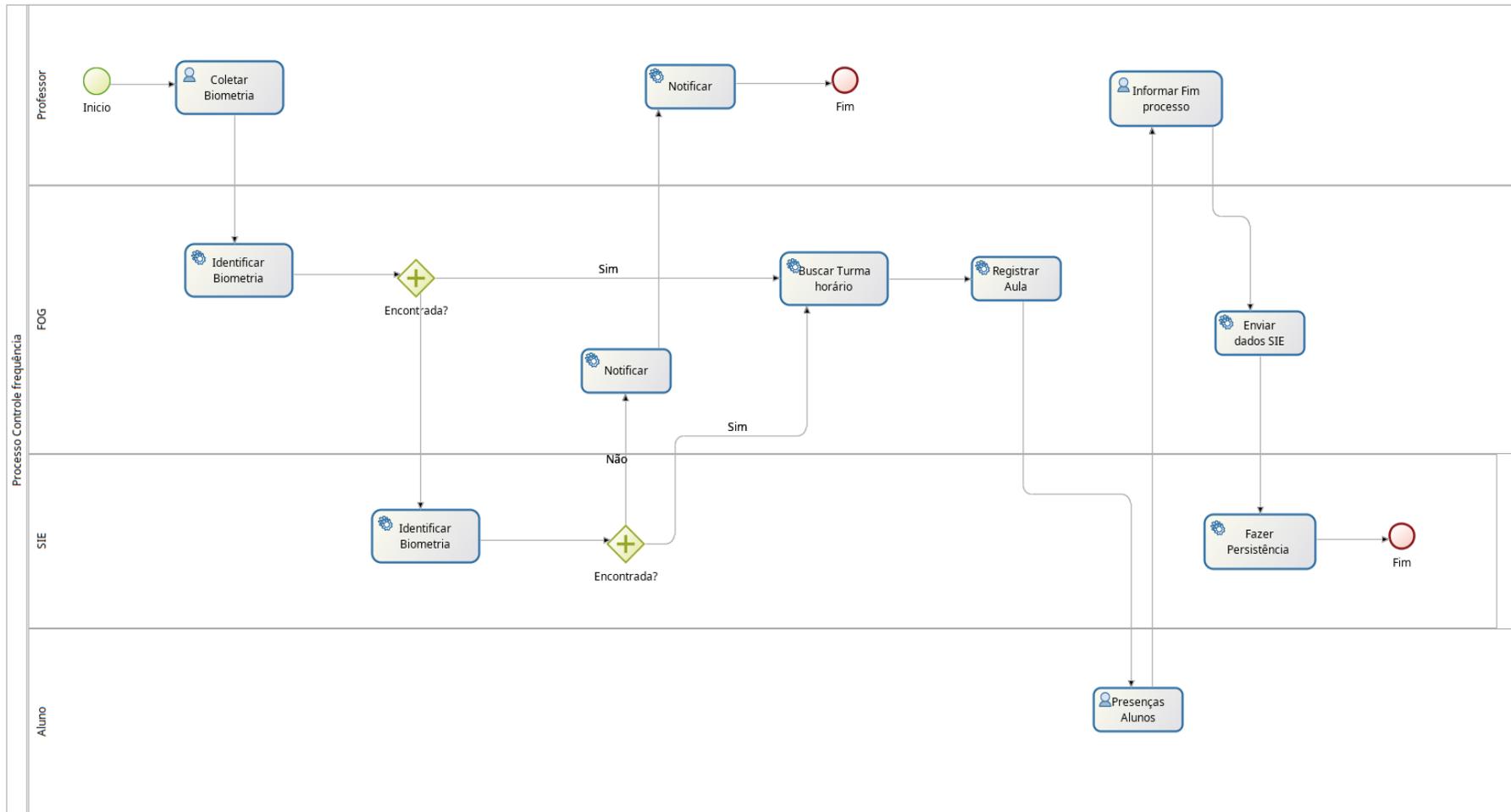
Na sala de aula inteligente foram desenvolvidos *script's* de busca dos dados necessários para identificar os professores (Biometria) e suas respectivas turmas. Com essas informações, o professor, ao informar sua biometria ao leitor, dispara o processo de busca da turma na qual o docente possui vínculo na data e hora, com tolerância de 30 minutos tanto para a antecedência como para o atraso. Após o professor ser identificado, e possuir turma naquele horário, o servidor *fog* faz uma requisição ao *Web Service* para buscar os alunos com suas devidas biometrias.

Depois de todo o processo, os dados são enviados ao *Web Service* que cria a aula automaticamente com as presenças, quantidade de aulas, tipo de aula (Teórica, Prática, etc) e o conteúdo abordado. Tipo, conteúdo abordado e quantidade de aulas poderão ser modificados pelo professor num momento posterior devido a imprevisibilidade de informações.

No futuro, esse cadastro será realizado no período de confirmação de vaga e entrega de documentos, no início do curso, no caso aqui discorrido essa atividade foi realizada no dia da implantação, antes do início da aula. Além disso, foi definida uma estrutura de recebimento dos dados de outros sensores (umidade, infravermelho, temperatura e luminosidade), esses dados não serão utilizados por esse trabalho, mas podem contribuir para promover uma maior qualidade no ensino, através de melhoria no ambiente físico de acordo com os dados obtidos. Na economia de energia, o sensor de presença, caso não detecte nenhum movimento, disparará um processo de desligamento de equipamentos e iluminação desnecessários.

A Figura 8 demonstra o processo do controle de frequência. Este se inicia com a identificação do professor através de sua biometria. As informações que o identificam são armazenadas previamente no servidor *fog*, juntamente as turmas em andamento com as quais possui vínculo como docente. Após a identificação é realizada a busca da turma corrente através do cronograma preestabelecido, datas e horários da turma, no sistema acadêmico. Caso o professor possua uma turma registrada naquele horário é realizada a busca dos alunos matriculados, retornando ao servidor *fog*, juntamente com os dados referente as biometrias.

Figura 8 – Processo Professor

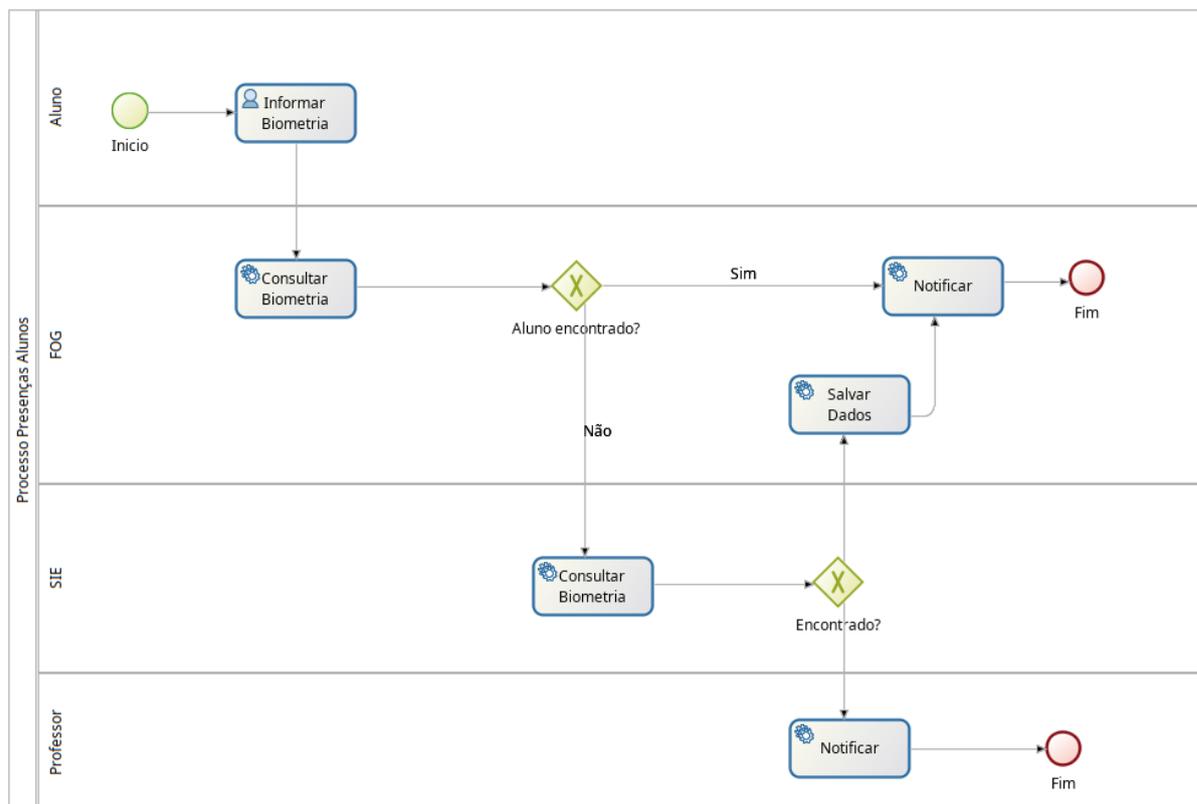


Fonte: Autor.

Nesse momento é registrada a aula com as informações coletadas e dá-se início ao sub-processo de registrar as presenças dos alunos. O processo é encerrado quando o professor informa novamente a sua biometria afim de finalizar o processo de controle de frequência. A seguir, a *fog* envia os dados da aula para o *WebService* que gera um item do diário de classe, ou seja, uma aula ministrada.

O subprocesso de registro das presenças dos alunos consiste na coleta e validação da biometria dos alunos. Essa validação é realizada pelo servidor *fog*. Após a leitura biométrica do professor, exemplificada pela Figura 8, são carregadas da base de dados as informações biométricas dos alunos e comparadas através do Kit de Desenvolvimento fornecido pela fornecedora do leitor Nitgen hammeter III. Caso tenha encontrado uma biometria compatível com a leitura, o sistema SIoT computará a presença ao aluno detentor da mesma. A Figura 9 ilustra as atividades desse subprocesso.

Figura 9 – Arquitetura SIoT



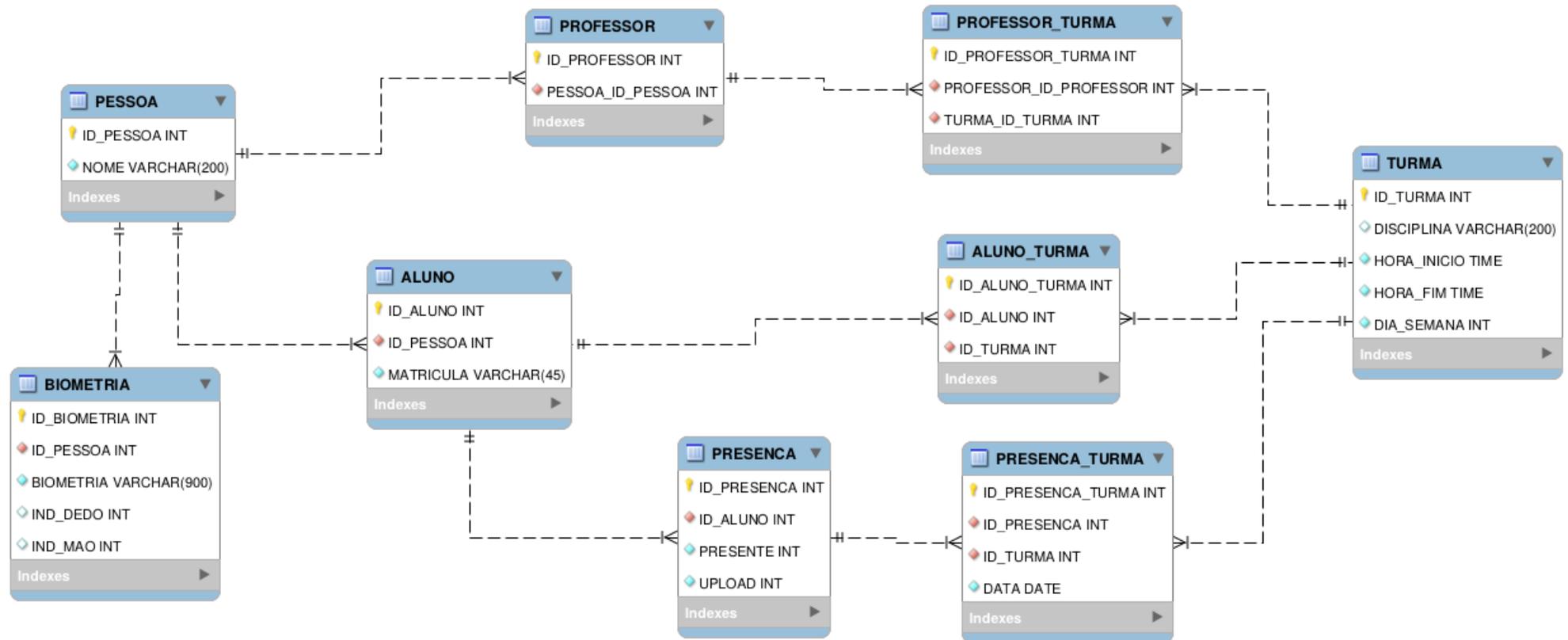
Fonte: Autor.

Depois de finalizada a aula é realizada uma carga com o identificador da turma e os alunos presentes ao *WebService*, que converte os dados reduzidos oriundo do servidor *fog* para

o SIE. Vale salientar que caso ocorra exceções, é possível incluir os dados de forma manual como ocorre atualmente na instituição.

Para a utilização, o modelo de tabelas e classes do SIE não é aconselhável para o trabalho proposto devido a grande quantidade de dados que não seriam utilizados pelo sistema SIoT e conseqüentemente, provocar sobrecarga no dispositivo *fog* e na rede devido, ao tráfego excessivo desnecessário. Assim, foi modelado uma estrutura de dados representados pela Figura 10, que comporta os requisitos definidos previamente.

Figura 10 – Modelo de dados SIoT



Fonte: Autor.

Por causa da diferença entre os modelos, foi necessário criar métodos que permitam a interoperabilidade semântica entre os sistemas, ou seja, que as informações transmitidas e recebidas pela *smart classroom* sejam interpretadas corretamente e que tenham o mesmo significado entre as aplicações (ULLBERG; CHEN; JOHNSON, 2009). Por isso foi realizado um trabalho de transformação dos dados de acordo com o modelo representado pela Figura 10, tanto para consulta quanto para a persistência na *Cloud*. Dessa forma, os métodos *WebService* invocados pelo servidor *fog* realizam esse processo e é ele que permite os dois sistemas obterem uma interoperabilidade semântica.

Para consultas através dos identificadores solicitados, os métodos do *WebService* realizam buscas junto ao SIE-UFSM, converte os objetos retornados com base no modelo de classes exposto anteriormente na Figura 10. Foi ocultada a classe abstrata "JsonEntity", que é composta pelo atributo que identifica as entidades, onde todas as classes a derivam. Essa medida foi adotada para gerar uma melhor leitura do modelo.

Além disso, esse modelo contempla o armazenamento de presenças de mais de uma turma, isso se fez necessário em casos onde não fosse possível enviar os dados para a base do SIE. Vale salientar que após o envio, as informações referente às turmas, presenças e alunos são eliminados do servidor *fog* para evitar armazenamento desnecessário e evitar sobrecarga no servidor.

A Figura 11 demonstra o formulário que deve ser preenchido pelo professor ao término de cada aula. Esses campos são essenciais para a criação da aula junto ao SIE e que posteriormente irão compor o diário de classe da turma. Esse formulário é preenchido de forma automática pelo sistema e, também, permite a edição/alteração de dados inseridos pelo professor. Essa funcionalidade permitirá adicionar alunos que, por algum motivo, não conseguiram registrar a sua presença, bem como, os dados preenchidos pela aplicação e que devem ser alterados, elucidado anteriormente.

Figura 11 – Tela de cadastro e edição de aulas

The screenshot displays the 'Adicionar/Editar aula' (Add/Edit class) page in the UFSM Portal do Professor. At the top, there is a navigation bar with 'UFSM | PORTAL DO PROFESSOR' and a user profile. Below this is a menu with options like 'Turmas', 'Aulas', 'Notas', 'Alunos', 'Encerramentos', 'Moodle', 'Relatórios', and 'Outros'. The main content area is titled 'Adicionar/Editar aula' and contains the following sections:

- Course Information:**
 - Disciplina: ELC1076 - COMPUTADORES E SOCIEDADE "A" - T.CC
 - Ano/Período: 2019/1. Semestre
 - Carga horária: 60h
 - Curso: Ciência da Computação - Bacharelado (307)
- Dados da aula (Class Data):**
 - Início*: 18/07/2019 09:30
 - Qtde de aulas*: 1
 - Tipo de aula*: Aula Prática
- Notas da aula* (Class Notes):**
 - A rich text editor with a toolbar containing options like 'Editar', 'Inserir', 'Formatar', 'Tabela', 'LaTeX', and various text formatting tools.
 - Current content: 'p'
 - Character count: 'Restam 10000 caracteres' and 'Caracteres: 0'.
 - Word count: 'Palavras: 0'.
 - Buttons: 'Adicionar programa da disciplina' and 'Importar conteúdo de outra turma'.
- Presenças (Attendance):**
 - A section header with a sub-header 'Aluno' and a list area below it.

Fonte: SIE - UFSM.

Ao analisar o formulário, para o SIE uma aula é composta pela data e hora de início, a quantidade de aulas ministradas, o tipo de aula, as Notas da aula (refere-se a uma descrição sobre o conteúdo abordado) e, por fim, a indicação dos presentes.

A listagem de todas as aulas lançadas pelo professor para uma determinada turma é possível de visualização através de uma listagem como demonstra a Figura 12. Após realizar o envio dos dados para o SIE, as aulas serão listadas como as produzidas pelo próprio Portal. É possível observar que o primeiro registro, que no caso é o mais recente, no campo "Nota de Aula" é informada uma mensagem padrão: "Aula gerada automaticamente pelo sistema SIoT", que pode ser alterada pelo docente.

Figura 12 – Lista das aulas da Disciplina

The screenshot shows the 'Portal do Professor' interface for UFSM. At the top, there are navigation menus for 'Institucional', 'Professor', and 'Administrativo'. Below this is a header with 'UFSM | PORTAL DO PROFESSOR' and a notification for 'Caixa postal 1'. A secondary menu contains icons for 'Turmas', 'Aulas', 'Notas', 'Alunos', 'Encerramentos', 'Moodle', 'Relatórios', and 'Outros'.

The main content area is titled 'Aulas lançadas' and displays a table of classes. The table includes columns for 'Inicio', 'Qtde de aulas', 'Tipo de aula', and 'Notas da aula'. The data shows 17 rows of classes, all of which are 'Aula Teórica' and scheduled for 08:30:00. The notes for each class describe the content, such as 'Aula gerada automaticamente pelo sistema Siot.', 'Preparação do Projeto de Extensão', and 'Descrição e discussão sobre o Projeto de Extensão a ser desenvolvido na Fase II da disciplina.'. A total of 46 classes is indicated at the bottom of the table.

At the bottom of the interface, there are buttons for 'Voltar', 'Nova aula', and 'Remover todas aulas'.

	Inicio	Qtde de aulas	Tipo de aula	Notas da aula
17.	18/06/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Aula gerada automaticamente pelo sistema Siot .
16.	14/05/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Preparação do Projeto de Extensão
15.	07/05/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Descrição e discussão sobre o Projeto de Extensão a ser desenvolvido na Fase II da disciplina .
14.	30/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 10 - Discussão sobre o tema.
13.	25/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 9 - Discussão sobre o tema.
12.	23/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 8 - Discussão sobre o tema.
11.	18/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 7 - Discussão sobre o tema.
10.	16/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 6 - Discussão sobre o tema.
9.	11/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 5 - Discussão sobre o tema.
8.	09/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 4 - Discussão sobre o tema.
7.	04/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 3 - Discussão sobre o tema.
6.	02/04/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 2 - Discussão sobre o tema.
5.	28/03/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Apresentação do Trabalho 1 - Discussão sobre o tema.
4.	26/03/2019 08:30:00	2	Aula Teórica	Cont. da discussão dos temas a serem abordados e a metodologia
3.	21/03/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Cont. da discussão dos temas a serem abordados e a metodologia
2.	14/03/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Discussão dos temas a serem abordados e a metodologia
1.	12/03/2019 08:30:00	4	Aula Teórica	Apresentação da disciplina

Total: 46

Fonte: SIE - UFSM.

Na Figura 13, representa uma aula gerada pelo sistema SIoT, todos os dados demonstrados foram inseridos automaticamente sem a intervenção do professor. Esses podem ser alterados a qualquer momento pelo professor até o fechamento da turma, caso haja necessidade.

Figura 13 – Edição da Aula

The screenshot shows the 'Visualizar aula' page in the UFSM Portal do Professor. The interface includes a top navigation bar with 'BRASIL' and 'Acesso à informação', and a main header with 'UFSM | PORTAL DO PROFESSOR'. The page content is organized into several sections:

- Disciplina:** ELC1076 - COMPUTADORES E SOCIEDADE "A" - T.SI
- Ano/Período:** 2019/1. Semestre
- Carga horária:** 60h
- Curso:** Bacharelado em Sistemas de Informação (314)

Dados da aula:

Início	Qtde de aulas	Fim	Tipo de aula
18/06/2019 08:30	4	18/06/2019 12:30	Aula Teórica

Notas da aula:

Aula gerada automaticamente pelo sistema Siot .

Presenças:

Nº	Aluno
1.	Wlton Pizarro Trujillo
2.	Diego Da Silva Rosa
3.	Eduardo Da Silva Rocha
4.	Felipe Carlos Melo
5.	Fernando Vitor Garcia
6.	Filipe Paves De Souza
7.	Gabriel Lucas Echer
8.	Geovane Oliveira Rodrigues
9.	Geovani Fernando Lopes
10.	Gustavo Sebastião Frazão
11.	Henrique Wu Correa
12.	Henrique Vieira Costa
13.	Jean Victor Lattes De Oliveira
14.	Jean Mauro Mendes Machado Filho
15.	José Gilvane Souto Amato
16.	Lucas Mendes Tadeu
17.	...

Fonte: SIE - UFSM.

Ao solicitar a edição dos dados, os campos que compõem uma aula podem ser alterados pelo professor a qualquer momento, antes do fechamento da turma ao final do semestre. Além de realizar a edição dos presentes em sala de aula.

Depois, ao final de cada semestre, é gerado automaticamente, o "Diário de Classe" de cada turma, sob responsabilidade do professor, através do Portal do Professor e divulgado em modo público no Portal de Documentos. Nele são contidas informações pertinentes à frequência de cada aluno, bem como o conteúdo ministrado e o tipo de cada aula.

Vale salientar que foram realizados diferentes níveis de testes antes do teste de Aceitação. Testes de Unidade desenvolvidos, tiveram como objetivo explorar e provocar falhas em pe-

quenos trechos de código. Após, foram realizados testes de integração entre a *smart classroom*, módulo integrador e o SIE. Com uma maior maturidade do Sistema SIoT, foram efetuados os testes de sistema, onde simulou usuários finais em contato com as interfaces. E, por fim, o Teste de aceitação, onde implantou-se o protótipo em um grupo de alunos a fim de gerar operações das rotinas do sistema (NETO, 2007).

9.2 REQUISITOS

A fim de elucidar o escopo do trabalho, foram definidos requisitos, os quais deveriam ser atingidos durante o desenvolvimento e que permitissem em atender os objetivos de criar uma *Smart Classroom* com a integração com o sistema acadêmico da instituição. Além disso, foram definidos para que fosse possível realizar a tarefa de conferência dos alunos presentes, sem a intervenção do professor e integrar os dados coletados em sala de aula e transmiti-los ao Sistema Acadêmico de forma automatizada. Os requisitos funcionais trazem as principais características da camada de negócio e definem o comportamento do sistema. A Tabela 3 lista os requisitos funcionais definidos para o sistema SIoT.

Quadro 3 – Requisitos Funcionais

Código	Nome	Descrição	Prioridade
RF01	Manutenção de servidores <i>fog</i>	Permitir o cadastro de servidores <i>fog</i> e habilitá-los através de uma plataforma Web de forma dinâmica.	Média
RF02	Buscar Docentes	Retornar todos os docentes e suas respectivas turmas em andamento.	Alta
RF03	Buscar Alunos matriculados Turma	Através do identificador de uma determinada turma, retornar todos os alunos em situação regular com suas biometrias.	Alta
RF04	Realizar a carga com as presenças	Receber os dados oriundos da <i>fog</i> com o identificador da turma, de um ou mais professores e de todos os alunos presentes.	Alta
RF05	Converter dados do SIE para a <i>fog</i>	Realizar a conversão e redução dos dados do SIE para não sobrecarregar o servidor <i>fog</i> e diminuir o tráfego de rede.	Alta
RF06	Geração e validação de token	O sistema deverá ser capaz de gerar e autenticar através de token servidores <i>fog</i>	Alta

Fonte: Autor.

Como todos os servidores *fog* deverão ter um *token*, gerados e validados pelo requisito RF06 para se comunicarem com o SIE, é necessário que esses sejam cadastrados e reconhecidos pelo SIE, assim surge a necessidade do cadastro. Os outros requisitos se referem à questão operacional de toda a arquitetura, busca dos docentes, turmas e alunos.

A fim de definir questões de performance, segurança, confiabilidade, manutenção e tecnologias foram descritos os requisitos não funcionais. A Tabela 4 os listam através de código, nome, descrição e prioridade.

Quadro 4 – Requisitos Não Funcionais

Código	Nome	Descrição	Prioridade
RNF01	Transmissão mínima de dados	O sistema deve transmitir somente dados necessários para o Ambiente Inteligente	Média
RNF02	Autenticação Servidores <i>fog</i>	Possuir dois ou mais métodos de autenticação junto ao Webservice	Alta
RNF03	Autenticação administradores	Fazer o uso da autenticação já utilizada na instituição. Somente usuários reconhecidos pelo SIE e cadastrados em um grupo preexistente deverão ter acesso ao gerenciamento dos servidores <i>fog</i> .	Média
RNF04	Utilizar arquitetura existente	O sistema deverá fazer uso das tecnologias e soluções existentes no ambiente web da instituição	Alta
RNF05	Transmissão de dados	Devem ser realizadas em ambiente criptografado.	Alta
RNF06	Chamadas Web service	Todas as chamadas terão que ser efetuadas juntamente com o seu token de identificação.	Alta

Fonte: Autor.

O requisito RNF01 é desejável para que não sobrecarregue os dispositivos *fog* ou a rede de comunicação da instituição. Já o RNF04 é desejável para uma futura implantação na instituição e para não desenvolver funcionalidades que o SIE já fornece às suas aplicações. Ademais, na ordem da segurança definiu-se requisitos que foram atendidos para que obtivesse o mínimo de segurança na comunicação entre os servidores *fog* e a *cloud* (SIE).

9.3 HARDWARE UTILIZADO NA SALA DE AULA INTELIGENTE

Nessa sessão serão descritos os dispositivos utilizados para que fosse possível realizar a construção do ambiente inteligente. O processo de escolha dos dispositivos teve algumas alterações, principalmente na escolha do leitor biométrico devido a limitação dos leitores com menor custo.

O principal dispositivo desse módulo é o *Raspberry Pi 3*¹, que executa a função de servidor *fog*, na qual centraliza as informações captadas dos sensores para que estas sejam con-

¹ Site do desenvolvedor - <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

vertidas e retransmitidas para o *webservice*. Provê o armazenamento temporário de informações oriundas da *cloud* definidas através das regras de negócio pré-estabelecidas. Além disso, desempenha a função de interpretar as informações repassadas pelo sensor biométrico acoplado a ele.

Figura 14 – *Raspberry Pi3*



Fonte: Raspberry Pi Foundation ¹

Fez-se o uso do Arduino ² para ser um intermediário entre os sensores e o *Raspberry Pi 3* ¹. Ele é uma plataforma eletrônica *open source* de *hardware* e *software*. A placa Arduino permite ler entradas dos mais variados sensores e comunicar-se através de redes cabeadas e *wireless*, o que foi essencial para o projeto.

Figura 15 – Arduino Uno



Fonte: ²

O uso do *single-board computer* Raspberry Pi 3 para cada sala de aula foi necessário devido ao leitor biométrico utilizado. O leitor previamente selecionado, *Open Smart R308*, tem

² Site do desenvolvedor - <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-wifi-rev2>

¹ Site do desenvolvedor - <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

suporte nativo para o *hardware* Arduino, mas é limitado quanto ao método de armazenamento, na qual permite somente ler e gravar duzentos registros e que estejam em sua memória interna. Esse leitor não se adequou à proposta do trabalho onde existe uma alta volatilidade dos dados biométricos. Já o dispositivo difundido na instituição, o Nitgen Hamvester III que possui suporte para base de dados externa, disponibiliza um kit de desenvolvimento que facilita o trabalho de leitura e identificação biométrica, mas não possui suporte nativo para a plataforma Arduino, o que obrigou a utilização da arquitetura ARM que compõem o Raspberry Pi 3.

Com esses dispositivos, desenha-se a arquitetura da sala de aula inteligente, juntamente com a integração ao sistema acadêmico da instituição. A seguir, será detalhado os componentes desta arquitetura e como ocorre a interação entre eles.

10 RESULTADOS

O protótipo foi validado em sala de aula pelos alunos dos cursos de Sistemas de Informação e Ciência da Computação. Para cada curso foram escolhidas duas turmas, nas quais totalizaram em 22 alunos participantes, desses, não houve problema quanto ao cadastro e a leitura da biometria. Esse cadastro ocorreu no dia da implantação do protótipo, mas pode ser realizado anteriormente pelos usuários. Para os alunos, a instituição pode solicitar a coleta da biometria no seu ingresso e para os professores, ser realizado o cadastro em seus respectivos centros de ensino.

Para a validação, foi realizado o *download* dos dados das turmas no dia anterior devido algumas instabilidades na conexão dentro do campus no período de implantação, da mesma forma que o envio das informações coletadas foram transmitidas posteriormente.

Essa medida não é a ideal e nem é a proposta da *fog Computing* onde os dados são armazenados, visto que o seu conceito não é criar uma nova *cloud* com todos os dados replicados, mas sim, ter os dados essenciais salvos, buscando os dados necessários por demanda (BONOMI et al., 2012). Contudo, foi necessária essa ação para garantir que todos os dados estivessem disponíveis independente do serviço da *cloud*, que seria um fator a ser considerado em caso de efetivação do sistema, ou seja, promover a qualidade de comunicação entre as *smart classroom* e a *cloud*.

Já com o sistema SIoT, o professor não necessita se envolver diretamente com o processo de presença, o próprio sistema se encarrega de verificar se existe no cronograma da disciplina algum roteiro de aula para o dia. Caso não exista, cria uma nova aula de acordo com os horários da turma e faz a inserção dos presentes de acordo com as biometrias informadas, como descrito na seção de desenvolvimento.

Em outro viés, como forma de comparação, dois docentes cronometraram o tempo gasto na atividade de criação da aula junto ao Portal do Professor e a conferência dos presentes das três formas utilizadas na instituição para tal.

Na primeira forma é repassada uma folha para que os alunos assinem seus nomes, essa forma facilita o professor a dar início a aula, pois enquanto a folha é assinada pelos alunos, a aula pode ocorrer em paralelo. Porém esse método gera dificuldades na hora de repassar os dados da folha para o sistema acadêmico, uma vez que o professor necessita compreender a assinatura de cada aluno e localizá-lo no sistema acadêmico e é por esse motivo que o torna

demorado, além de ser passível de fraudes.

A segunda forma destina-se a impressão de uma folha rascunho com a lista de alunos de uma determinada turma, o professor realiza a chamada oral dos alunos e assinala os presentes, que posteriormente alimenta o Portal do Professor da instituição com essas informações. A terceira e última, visa acessar diretamente o Portal do Professor via dispositivo móvel e inserir as informações necessárias, representadas pela Figura 11.

O primeiro docente utilizou uma lista impressa dos alunos, assinalou os presentes em uma turma de 45 alunos e num momento posterior alimentou o Portal do Professor com as informações, totalizando em 27 minutos e 59 segundos para a execução das ações. O segundo método consiste em repassar aos alunos, uma folha em branco, essa para que os mesmos assinem seus nomes em forma de registrar suas presenças, para que o professor possa alimentar o Portal do Professor. Esse processo totalizou 48 minutos para ser finalizado. Por fim, o terceiro método utilizou um dispositivo móvel para acessar diretamente o Portal do Professor, criar a aula e assinalar os presentes. Foi realizado duas tomadas de tempo, na primeira essa atividade utilizou 6 minutos para uma turma de 25 alunos. Na segunda 4 minutos para 46 alunos.

No Quadro 5 é possível observar o resumo dos métodos de conferência utilizados na instituição

Quadro 5 – Resumo dos tipos de conferências dos alunos na instituição

Forma de coleta	Alunos (Qnt.)	Tempo Total (Minutos)	Tempo Total (Segundos)	Tempo por aluno (Segundos)
Lista Impressa	45	27,59	1655,4	36,79*
Folha em branco	45	58	2880	64
Acesso via portal	25	6	360	14,4
Acesso via portal	46	4	240	5,21

*Aproximadamente

Fonte: Autor.

Essa avaliação procurou entender o ambiente onde o trabalho foi inserido e como ele pode beneficiar esse contexto. Além disso, foi possível criar métricas de comparação entre os métodos, a fim de qualificar o trabalho proposto. Desta forma, após os testes realizados para se criar uma base comparativa por métricas, foi efetuado os testes com o protótipo apresentado nesta pesquisa. Os testes executados no sistema SIoT apresentaram uma taxa de até 5 segundos entre cada leitura nos testes realizados, desta forma, em uma turma de 45 alunos o tempo será de no mínimo 3,75 minutos.

$$TempoTotal = tempoPorAluno \cdot quantidadeAluno$$

Se comparado com o método de maior tempo registrado, 48 minutos, temos uma redução de 92,19% e com o método de menor tempo, 4,17%. Além de ser mais eficiente do ponto de vista temporal, ele proporciona ao professor não dispendir tempo para a realização dessa atividade, direcionar o seu foco para o conteúdo didático e reduzir as falhas humanas que podem ocorrer nesse processo, como: extravio das folhas de presenças, lançamento errado das informações no portal, etc. Outro destaque refere-se a utilização da identificação biométrica, que vai em conformidade com os métodos já utilizados na instituição e fornece uma maior precisão na identificação dos usuários, além da automatização do controle de assiduidade.

O Quadro 6 realiza o comparativo entre os métodos, observamos que existe uma grande discrepância.

Quadro 6 – Métodos de conferência dos alunos

Método	Por aluno	Anual turma*
Folha assinada pelos alunos	64,1s	25 horas**
Lista impressa dos alunos	36,78s	15 horas**
Acesso direto ao portal	5,21s	2 horas**

*32 aulas por ano em uma turma de 45 alunos **Aproximadamente

Fonte: Autor.

Entre o método SIoT e o "Acesso direto ao Portal", o tempo de realização é quase o mesmo, mas o diferencial do sistema SIoT é de não haver necessidade do professor realizar essa tarefa, na qual o professor irá interagir com o sistema de presença os 5 segundos pertinentes a leitura da sua biometria. Além disso, os números obtidos vão de encontro à solução do problema relatado pelos autores (BRUNS; LUQUE, 2014), onde é relatado que as atividades administrativas desempenhadas pelo professor consome até 64% da aula.

Além disso, os dados apresentados no Quadro 6 dizem respeito àquelas disciplinas que possuem frequência semanal, situação corriqueira em cursos de nível superior. Um professor dessa modalidade pode ter até 13 turmas ofertadas em um ano na instituição, na qual pode elevar em até 13 vezes o número de horas desperdiçadas pelos docentes na realização dessa atividade.

Se levarmos em consideração o contexto da instituição, mais de 27 mil alunos, 2.070 Docentes e 265 cursos, uma redução como a obtida pelo sistema SIoT pode alterar drasticamente o tempo gasto na tarefa de conferência dos alunos presentes em sala de aula, bem como de lançamento das aulas no Diário de Classe e proporcionar ao professor a não necessidade de realizar essa atividade e focar na prática pedagógica.

Além disso é exigido que o professor efetue o lançamento das aulas até uma data específica ao final de cada semestre. Utilizando o sistema SIoT, o encerramento das turmas pode ocorrer de forma mais ágil e alimentar o SIE ao final de cada aula ministrada com os dados coletados. Essa característica proporciona o aluno saber a sua situação com informações atualizadas no dia. Ademais, a adoção do sistema SIoT pode contribuir para a diminuição dos erros no momento de inserção dos dados no SIE, o que trás uma maior fidedignidade e passíveis de auditoria

Outra contribuição diz respeito à realização da integração da *smart classroom* ao sistema acadêmico da instituição. Em um contexto de mais de cinquenta portais, essa atividade exigiu consulta aos analistas de negócio referente ao sistema acadêmico e o seu funcionamento, isso possibilitou entender as regras de negócio, bem como a legislação vigente a ser cumprida. Além disso, foi realizada a engenharia reversa nos códigos fontes, essencial para a compreensão da arquitetura e do modelo de dados.

Através do estudo do código-fonte foi possível identificar os métodos para a realização das operações dentro do Portal do Professor e como esses métodos poderiam ser utilizados pelo sistema SIoT. Com o mapeamento das entidades envolvidas e quais atributos eram essenciais para a perfeita integração da *smart classroom* com o SIE, culminou no modelo apresentado pela Figura 10.

Esse estudo resultou num novo modelo de dados, mais específico, que limitou o envio de dados desnecessários a *smart classroom* e realizou a conversão dos dados oriundos tanto da *cloud* como do ambiente inteligente. O modelo de dados criado para ser utilizado nos servidores *fog* proporciona que o sistema SIoT possa armazenar mais de uma turma em sua base de dados, o que possibilita em caso de erro de comunicação com o SIE, armazenar temporariamente dados de diferentes turmas até ser restabelecida a comunicação.

A integração com o sistema acadêmico é um diferencial se comparado aos trabalhos relacionados. Realizar esse procedimento aumenta o nível de dificuldade e pode proporcionar algo mais próximo da realidade da instituição devido a integração realizada de acordo com as regras de negócio do sistema acadêmico da instituição.

O Quadro 7 realiza a comparação entre os trabalhos correlatos abordados no Capítulo 7 e o Sistema SIoT.

Quadro 7 – Comparação entre os trabalhos correlatos e o Sistema SIoT

Autor(es)	Smart classroom	Cloud computing	Redução latência	Integração	Identificação
Gligoric, Uzelac e Krco (2012)	X	-	X	-	-
Bargaoui e Bdiwi (2014)	X	-	X	-	X
Gori, Gori e Ipiña (2014)	-	-	X	X	-
Chun et al. (2015)	-	X	-	X	-
Desai, Sheth e Anantharam (2015)	-	-	X	-	-
Puustjaervi e Puustjaervi (2015)	-	X	-	X	-
Chan, Razak e Abdul (2017)	X	X	-	X	X
Gökhan et al. (2017)	X	X	-	-	X
Boric, Vilas e Redondo (2018)	X	-	-	-	X
Sistema SIoT	X	X	X	X	X

Fonte: Autor.

Os dados apresentados mostram as características de cada trabalho e os conceitos utilizados. O Sistema SIoT, possui especificidades que garante a integração dos dados oriundos de uma *smart classroom* para que esse possa ser parte integrante da gama de sistemas informatizados da instituição.

Durante o desenvolvimento do trabalho algumas barreiras foram encontradas. Mesmo carregando alguma experiência na arquitetura do SIE, foi necessário compreender o contexto da área acadêmica da instituição e como os sistema informatizados estavam estruturados. A mudança de integrantes na equipe do projeto, fez por espaço de tempo, focalizar em atividade de simulação da arquitetura da *smart classroom* e integração. Com a adição de novos integrantes foi possível dar continuidade no desenvolvimento e implantação do sistema SIoT e realizar o teste de aceitação.

11 CONCLUSÃO

Esse capítulo irá rever e resumir a presente pesquisa a fim de identificar os principais métodos e discutir os resultados obtidos com sua validação.

A *Internet das Coisas* é objeto de pesquisas e projetos que abrangem espaços dos mais diversos, desde estruturas de habitação à indústria nos seus diferentes segmentos. Os benefícios para os ambientes onde opta-se pela inserção, consiste no monitoramento destes, através do sensoriamento, automatizando procedimentos, ou, simplesmente, propiciar melhorias importantes no fazer pedagógico das salas de aula, adequando monitoramento e ambiente.

Nos processos que abrangem a educação, as salas de aula inteligentes podem ser de grande importância para qualificar o trabalho do professor, auxiliando-o no processo de ensino-aprendizagem dos alunos. A utilização desse conceito ainda é escassa se levarmos em consideração a integração com ambientes computacionais das instituições educacionais. Além disso, são poucos os casos de uso dos dados provenientes para gerar conhecimento sobre o contexto das salas de aula e automatizar tarefas administrativas. Por outro lado, o que encontra-se com facilidade, são projetos isolados que realizam a validação das tecnologias para diferentes atividades para o meio. Sendo assim, a integração com os sistemas das instituições, além de ser necessária, abre novas possibilidades.

No decorrer da pesquisa, buscou-se na literatura instrumentos para realizar esse processo, mantendo o escopo atual de funcionamento do sistema acadêmico e que respeitasse as capacidades de processamento e armazenamento dos dispositivos que compõem a sala de aula inteligente. Além disso, foram definidas políticas para que a interação do usuário com o sistema fosse de forma transparente e rápida, principalmente no que se refere ao reconhecimento através da biometria, que além de identificar os alunos e efetuar sua presença em sala de aula, tem a função de dar início ao processo de registro da aula junto ao SIE de acordo com a leitura concedida ao leitor pelo professor. Após as elucidações adquiridas através da literatura, buscou-se assimilar a arquitetura do Sistema Acadêmico da instituição ao contexto onde está inserido. Após, foram descritos os requisitos que deveriam ser contemplados durante o desenvolvimento.

O protótipo foi validado em sala de aula pelos alunos dos cursos de Sistemas de Informação e Ciência da Computação. Para cada curso foram escolhidas duas turmas, nas quais totalizaram em 22 alunos, desses, não houve problema quanto ao cadastro e a leitura da biometria. Para a validação, foi realizado o *download* dos dados das turmas no dia anterior devido

algumas instabilidades na conexão dentro do campus no período de implantação, da mesma forma que o envio das informações coletadas foram transmitidas posteriormente. De acordo com os conceitos abordados anteriormente essa ação não seria o padrão da proposta da *fog Computing*, visto que seu conceito é proporcionar os dados a borda dados sob demanda e não replicar a *cloud*. Contudo, foi necessária essa ação para garantir que todos os dados estivessem disponíveis independente do serviço da *cloud*, que seria um fator a ser considerado em caso de efetivação do sistema, ou seja, promover a qualidade de comunicação entre as *smart classroom* e a *cloud*.

Sobre as contribuições desse trabalho, pode ser dividido em duas frentes: A construção da sala de aula inteligente e a integração de uma sala de aula inteligente ao SIE-UFSM.

Referente à construção da sala de aula, é possível destacar as seguintes contribuições:

- a) Identificação dos alunos e professores através da biometria;
- b) Utilização do conceito *fog computing* para redução da latência das informações requeridas pela sala de aula inteligente;
- c) Coleta dos dados dos sensores e conversão desses para o modelo de dados requisitado para integração.

Quanto à integração, podemos destacar as seguintes contribuições:

- a) Redução do modelo utilizado pelo SIE para as informações transmitidas ao servidor *fog*;
- b) Persistência das biometrias coletadas dos professores e alunos na base de dados do SIE;
- c) Criação de uma aula, item de diário de classe, de forma automatizada caso exista uma programação ou a criação de dados temporários para alteração pelo professor posteriormente;
- d) Inserção dos alunos presentes em sala de aula através da leitura biométrica.

A seção de trabalhos correlatos listou os compostos pelos conceitos de *cloud computing*, IoT, integração e interoperabilidade. Desses, o presente trabalho diferencia-se, pois realiza a integração ao sistema acadêmico da instituição, que por um lado aumenta o nível de dificuldade devido a complexidade de um sistema de grande porte, mas pode trazer benefícios à comunidade

acadêmica da instituição devido a sua integração e o fornecimento das informações coletadas do controle automatizado de frequência dos alunos e criação das aulas ministradas para o Portal do Professor.

11.1 TRABALHOS FUTUROS

O trabalho realizado apresentou potenciais das tecnologias IoT e possibilidades delas serem benéficas para a educação. Com os resultados obtidos, é deslumbrado um leque de possibilidades que podem ser inserir novos avanços à instituição.

Uma das ramificações a serem abordadas é a utilização dos dados dos sensores de monitoramento do ambiente da sala de aula, propor ou atuar nos equipamentos físicos afim de proporcionar um melhor ambiente para que ocorra o ensino. Nesse caso, cortinas podem ser automatizadas quando o projetor não está sendo utilizado para dispersar a sonolência dos alunos, acionamento do ar-condicionado, alteração na iluminação artificial, etc. Outro fator que se persegue na boa gestão do serviço público se refere na economicidade dos recursos com eficiência. Nesse caso, refere-se a diminuição do consumo de energia elétrica. Através dos sensores, é possível verificar o contexto interno e externo da sala de aula, e assim, caso necessário, acionar cortinas, apagar as luzes artificiais e desligar o ar-condicionado.

Quanto a identificação, é possível salientar outras formas de reconhecer os indivíduos de forma transparente. Talvez o método mais comum para tal seja o reconhecimento facial, onde uma câmera capta imagens da face e um sistema computacional realiza o rastreamento dos pontos da biometria comparando com a base de dados.

Criação de um aplicativo móvel para professor monitorar e/ou alterar dados das aulas em tempo real. Isso pode ser necessário por motivo adverso, ou seja, quando um aluno não é identificado, ou para a alteração de conteúdo programático da turma.

Integrar a *smart classroom* a um *software* de apoio à aprendizagem, no caso o MOODLE, que é utilizado pela instituição, possibilitando após a identificação de cada aluno o mesmo receber uma notificação de acesso ao conteúdo programático da aula em seu *smartphone*.

Todas essas alternativas integradas ao sistema acadêmico possibilitam aos gestores monitorar as salas de aula e aos professores terem a possibilidade de direcionar melhor sua atenção ao planejamento e condução da aula.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, J.; CORDERO, J.; BUENDÍA, O. Specification of the autonomic cycles of learning analytic tasks for a smart classroom. **Journal of Educational Computing Research**, [S.l.], v.56, n.6, p.866–891, 2018.
- AGUILAR, J. et al. Conceptual design of a smart classroom based on multiagent systems. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (ICAI). **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2015. p.471.
- AGUILAR, J. et al. A General Framework for Learning Analytic in a Smart Classroom. In: **Communications in Computer and Information Science**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2016. p.214–225.
- AMORIM SILVA, R. de et al. Aplicando Internet das Coisas na Educação: tecnologia, cenários e projeções. In: WORKSHOPS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. v.6, n.1, p.1256.
- ANTONHARO, C.; DOHLER, M. (Ed.). **Machine-to-machine (M2M) Communications**. [S.l.]: Woodhead Publishing, 2015.
- ASHTON, K. That 'Internet of Things' Thing. **RFID Journal**, [S.l.], June 2009.
- ASSEO, I. et al. The Internet of Things: riding the wave in higher education. **Educause Review**, [S.l.], 2016.
- BARGAOUI, H.; BDIWI, R. Smart classroom: design of a gateway for ubiquitous classroom. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WEB AND OPEN ACCESS TO LEARNING (ICWOAL), 2014. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2014. p.1–4.
- BAUTISTA, G.; BORGES, F. Smart classrooms: innovation in formal learning spaces to transform learning experiences. **Bulletin of the IEEE technical Committee on learning Technology**, [S.l.], v.15, n.3, p.18–21, 2013.
- BISSI, W. Metodologia de desenvolvimento ágil. **Campo Digital**, [S.l.], v.2, n.1, 2007.
- BONOMI, F. et al. Fog computing and its role in the internet of things. In: MCC WORKSHOP ON MOBILE CLOUD COMPUTING - MCC 12. **Proceedings...** ACM Press, 2012.

- BORIC, M.; VILAS, A. F.; REDONDO, R. P. D. Automatic Attendance Control System based on BLE Technology. In: ICETE (1). **Anais...** [S.l.: s.n.], 2018. p.455–461.
- BOTTA, A. et al. Integration of cloud computing and internet of things: a survey. **Future generation computer systems**, [S.l.], v.56, p.684–700, 2016.
- BRUNS, B.; LUQUE, J. Profesores excelentes. **Docentes excelentes: Cómo mejorar el aprendizaje en América Latina y el Caribe [resumen]**. Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado de [http://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/Highlights% 20& % 20Features/lac/LC5/Spanish-excellent-teachers-report.pdf](http://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/Highlights%20&%20Features/lac/LC5/Spanish-excellent-teachers-report.pdf), [S.l.], 2014.
- CARVALHO, J. Mexia Crespo de. **E-BUSINESS & E-COMMERCE – ON & OFFLINE**. [S.l.: s.n.], 2001.
- CHALMETA, R.; PAZOS, V. A step-by-step methodology for enterprise interoperability projects. **Enterprise Information Systems**, [S.l.], v.9, n.4, p.436–464, 2015.
- CHAN, E.; OTHMAN, M.; RAZAK, M. A. IoT Based Smart Classroom System. **Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)**, [S.l.], v.9, n.3-9, p.95–101, 2017.
- CHANG, J. C.; LI, Y. J.; TSAI, S. B. An Applicable Solution for Setting Up Intelligent Schools by Using Internet of Things Technology. **Advanced Materials Research**, [S.l.], v.945-949, p.3585–3588, jun 2014.
- CHAPPELL, D. A. **Enterprise Service Bus**. [S.l.]: O'Reilly Media, Inc, USA, 2004.
- CHUN, S. et al. Semantic description, discovery and integration for the Internet of Things. In: IEEE 9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTIC COMPUTING (IEEE ICSC 2015), 2015. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2015. p.272–275.
- COSTA PEREIRA, V. da. **Perspectives and Approaches for the Internet of Things**. 2014. mathesis — Universidade Nova de Lisboa.
- CUI, Z. et al. Optimal LEACH protocol with modified bat algorithm for big data sensing systems in Internet of Things. **Journal of Parallel and Distributed Computing**, [S.l.], v.132, p.217–229, 2019.
- DE, B. **API Management**. [S.l.]: Apress, 2017.

DESAI, P.; SHETH, A.; ANANTHARAM, P. Semantic Gateway as a Service Architecture for IoT Interoperability. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE SERVICES, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p.313–319.

DIAS, S. M. **EAI FRAMEWORK**. 2016. mathesis — Universidade de Lisboa.

DOUKAS, C.; MAGLOGIANNIS, I. Managing Wearable Sensor Data through Cloud Computing. In: IEEE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON CLOUD COMPUTING TECHNOLOGY AND SCIENCE, 2011. **Anais...** IEEE, 2011.

EDWARDS, J. L.; LANE, M. A.; NIELSEN, E. S. Interoperability of biodiversity databases: biodiversity information on every desktop. **Science**, [S.l.], v.289, n.5488, p.2312–2314, 2000.

FERREIRA, D. et al. Scrum-Um Modelo Ágil para Gestão de Projetos de Software. **Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 11p., disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~aaguiar/es/artigos%20finais/es_final_19.pdf (Acesso em: 11 de junho de 2012)**, [S.l.], 2005.

FERREIRA, F. H. C.; ARAÚJO, R. M. Campus Inteligentes: conceitos, aplicações, tecnologias e desafios. **RelaTe-DIA**, [S.l.], v.11, n.1, 2018.

FISCHER, I. A. et al. Improving efficiency and availability in Smart Classroom environments. In: IEEE 16TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING, SENSING AND CONTROL (ICNSC), 2019. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019. p.52–56.

GAMA, K.; TOUSEAU, L.; DONSEZ, D. Combining heterogeneous service technologies for building an Internet of Things middleware. **Computer Communications**, [S.l.], v.35, n.4, p.405 – 417, 2012.

GARTNER. **Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17.3 Percent in 2019**. Acessado 02/01/2019.

GLIGORIC, N. et al. Smart classroom system for detecting level of interest a lecture creates in a classroom. **Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments**, [S.l.], v.7, n.2, p.271–284, 2015.

GLIGORIĆ, N.; UZELAC, A.; KRKO, S. Smart Classroom: real-time feedback on lecture quality. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p.391–394.

GOIRI, A. G.; GOIRI, Í.; IPIÑA, D. L. de. Energy-aware architecture for information search in the semantic web of things. **International Journal of Web and Grid Services**, [S.l.], v.10, n.2/3, p.192, 2014.

GROWTHENABLER. **MARKET PULSE REPORT, INTERNET OF THINGS (IoT)**. Acessado em 28/11/2018.

HASSELBRING, W. Information System Integration. **Commun. ACM**, [S.l.], v.43, p.32–38, 06 2000.

HEUVELDOP, N. et al. Ericsson mobility report. **Ericsson, Stockholm**, [S.l.], 2017.

IEEE. The Authoritative Dictionary of IEEE Standards Terms, Seventh Edition. **IEEE Std 100-2000**, [S.l.], p.1–1362, Dec 2000.

ITU, Y. **2060**: overview of the internet of things. [S.l.]: June, 2012.

JOSHI, G.; WON KIM, S. Survey, Nomenclature and Comparison of Reader Anti-Collision Protocols in RFID. **IETE Technical Review**, [S.l.], v.25, 09 2008.

KASSIM, M. et al. Web-based student attendance system using RFID technology. In: IEEE CONTROL AND SYSTEM GRADUATE RESEARCH COLLOQUIUM, 2012. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2012. p.213–218.

KHAN, A. N. et al. BSS: block-based sharing scheme for secure data storage services in mobile cloud environment. **The Journal of Supercomputing**, [S.l.], v.70, n.2, p.946–976, aug 2014.

LI, L.; LI, S.; ZHAO, S. QoS-Aware Scheduling of Services-Oriented Internet of Things. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, [S.l.], v.10, n.2, p.1497–1505, May 2014.

LOPEZ, P. et al. Survey of Internet of Things Technologies for Clinical Environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED INFORMATION NETWORKING AND APPLICATIONS WORKSHOPS, 2013. **Anais...** IEEE, 2013.

MAGRANI, E. **A Internet das Coisas (Em Portugues do Brasil)**. [S.l.]: FGV, 2018.

MANUEL MOREIRA MARTINS, V. **Integração de Sistemas de Informação: perspectivas, normas e abordagens**. 2005. mathesis — universidade do minho.

MARINESCU, D. C. **Cloud Computing**. [S.l.]: Elsevier LTD, Oxford, 2017.

MAYER, C. P. **Security and Privacy Challenges in the Internet of Things**. Acessado em 31/10/2018, <http://telematics.tm.kit.edu/publications/Files/322/gsn09-security-mayer.pdf>.

MEIDAN, Y. et al. ProfilIoT: a machine learning approach for iot device identification based on network traffic analysis. In: SYMPOSIUM ON APPLIED COMPUTING. **Proceedings...** ACM Press, 2017.

MELL, P.; GRANCE, T. **The NIST Definition of Cloud Computing**. 2011.

NETO, A. Introdução a teste de software. **Engenharia de Software Magazine**, [S.l.], v.1, p.22, 2007.

PACHECO, A. et al. A smart classroom based on deep learning and osmotic iot computing. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN Y TENDENCIAS EN INGENIERÍA (CONIITI), 2018. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2018. p.1–5.

PARK, S.; YOO, Y. Network Intelligence Based on Network State Information for Connected Vehicles Utilizing Fog Computing. **Mobile Information Systems**, [S.l.], v.2017, p.1–9, 2017.

PATEL, U.; SWAMINARAYAN, P. Computer Science and Management Studies Development of a Student Attendance Management System Using RFID and Face Recognition: a review. **International Journal of Advance Research in Computer Science and Management**, [S.l.], v.2, 08 2014.

PENG, H. et al. The Realization of Load Balancing Algorithm in Cloud Computing. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND APPLICATION ENGINEERING - CSAE 18, 2. **Proceedings...** ACM Press, 2018.

PRETZ, K. **The Next Evolution of the Internet**. Acessado em 26/11/2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª edição**. [S.l.]: Editora Feevale, 2013.

PUUSTJÄRVI, J.; PUUSTJÄRVI, L. The Role of Smart Data in Smart Home: health monitoring case. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.69, p.143–151, 2015.

RAZZAK, F. Spamming the Internet of Things: a possibility and its probable solution. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.10, p.658–665, 2012.

SANTOS, B. P. et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, [S.l.], v.4, n.1, p.111–124, 2018.

SANTOS, E. M. dos; REINHARD, N. Barriers to Government Interoperability Frameworks Adoption. In: AMCIS. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.472.

SANTOS SOARES, M. dos. Metodologias ágeis extreme programming e scrum para o desenvolvimento de software. **Revista Eletrônica de Sistemas de Informação**, [S.l.], v.3, n.1, 2004.

ŞENGÜL, G.; KARAKAYA, M.; BOSTAN, A. A smart classroom application: monitoring and reporting attendance automatically using smart devices. , [S.l.], 2017.

SEQUEIRA, F. R. et al. An EAI Based Integration Solution for Science and Research Outcomes Information Management. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v.64, p.894 – 901, 2015. Conference on ENTERprise Information Systems/International Conference on Project MANagement/Conference on Health and Social Care Information Systems and Technologies, CENTERIS/ProjMAN / HCist 2015 October 7-9, 2015.

SHAH, S. H.; YAQOOB, I. A survey: internet of things (iot) technologies, applications and challenges. In: IEEE SMART ENERGY GRID ENGINEERING (SEGE), 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p.381–385.

SHEHU, V.; DIKA, A. Using real time computer vision algorithms in automatic attendance management systems. In: 2016 . **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p.397 – 402.

SHEN, F. et al. Smart Classroom: an improved smart learning paradigm for college education. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON EDUCATION INNOVATION AND ECONOMIC MANAGEMENT (SEIEM 2018), 3. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2019.

SHETH, A. P. Changing Focus on Interoperability in Information Systems:from system, syntax, structure to semantics. In: **Interoperating Geographic Information Systems**. [S.l.]: Springer US, 1999. p.5–29.

SILVA, F.; FILIPE, V.; PEREIRA, A. Automatic Control of Students' Attendance in Classrooms Using RFID. In: THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS AND NETWORKS COMMUNICATIONS, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p.384–389.

- SONG, S. et al. Smart Classroom: from conceptualization to construction. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ENVIRONMENTS, 2014. **Anais...** IEEE, 2014.
- STALLINGS, J. A.; KNIGHT, S. L.; MARKHAM, D. Using the stallings observation system to investigate time on task in four countries. , [S.l.], 2014.
- STOJMENOVIC, I.; WEN, S. The Fog Computing Paradigm: scenarios and security issues. In: FEDERATED CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION SYSTEMS, 2014. **Proceedings...** IEEE, 2014.
- ULLBERG, J.; CHEN, D.; JOHNSON, P. **Barriers to Enterprise Interoperability**. [S.l.]: Springer-Verlag GmbH, 2009.
- USKOV, V. L.; BAKKEN, J. P.; PANDEY, A. The Ontology of Next Generation Smart Classrooms. In: **Smart Education and Smart e-Learning**. [S.l.]: Springer International Publishing, 2015. p.3–14.
- VAQUERO, L. M.; RODERO-MERINO, L. Finding your Way in the Fog. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, [S.l.], v.44, n.5, p.27–32, oct 2014.
- VERMESAN, O.; BACQUET, J. **Cognitive Hyperconnected Digital Transformation**. [S.l.]: River Publishers, 2017.
- WANG, S. et al. Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: an outlook. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, [S.l.], v.2016, p.1–10, 01 2016.
- WANG, Y. et al. The universal interoperability platform for distributed information systems. **2010 8th World Congress on Intelligent Control and Automation**, [S.l.], p.1367–1370, 2010.
- WEIDONG, C.; XINDONG, Y.; JIPING, Z. Review of the studies on the smart classroom. **Journal of Distance Education**, [S.l.], n.4, p.10, 2011.
- WINTERS, N.; WALKER, K.; ROUSSOS, G. Facilitating learning in an intelligent environment. In: IEEE. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2005. p.74– 79.
- WORTMANN, F.; FLÜCHTER, K. Internet of Things. **Business & Information Systems Engineering**, [S.l.], v.57, n.3, p.221–224, mar 2015.

YI, S.; LI, C.; LI, Q. A Survey of Fog Computing. In: WORKSHOP ON MOBILE BIG DATA - MOBIDATA 15, 2015. **Proceedings...** ACM Press, 2015.

ZHANG, Q.; CHENG, L.; BOUTABA, R. Cloud computing: state-of-the-art and research challenges. **Journal of Internet Services and Applications**, [S.l.], v.1, n.1, p.7–18, apr 2010.

ZHANG, W. et al. Energy-Optimal Mobile Cloud Computing under Stochastic Wireless Channel. **IEEE Transactions on Wireless Communications**, [S.l.], v.12, n.9, p.4569–4581, sep 2013.