

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INTERDISCIPLINAR DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM COMPUTAÇÃO APLICADA
NÍVEL MESTRADO

TIAGO MARCOS ALVES

**Explorando a Internet das Coisas Sociais Utilizando NFC em um Campus
Universitário**

São Leopoldo
2015

TIAGO MARCOS ALVES

**Explorando a Internet das Coisas Sociais Utilizando NFC em um Campus
Universitário**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa
Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação
Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos
– UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André da Costa

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi

São Leopoldo

2015

A474e Alves, Tiago Marcos
Explorando a internet das coisas sociais utilizando NFC em
um campus universitário / por Tiago Marcos Alves. – São
Leopoldo, 2015.

78 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos
Sinos, Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em
Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2015.

Orientação: Prof. Dr. Cristiano André da Costa;
Coorientação: Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi, Escola
Politécnica.

1.Internet. 2.Acesso à internet. 3.Sistemas de computação
interativos. 4.Interação homem-máquina. 5.Computação ubíqua.
6.Computação móvel. 7.Ambiente universitário. I.Costa,
Cristiano André da. II.Righi, Rodrigo da Rosa. III.Título.

CDU 004.738.5:378
004.75.057.5:378

Catálogo na publicação:
Bibliotecária Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252

Tiago Marcos Alves

Explorando a Internet das Coisas Sociais Utilizando NFC em um Campus Universitário

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre, pelo Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Aprovado em 26 de agosto de 2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Luis Victoria Barbosa – Unisinos

Prof. Dr. Adenauer Correa Yamin – UFPEL

Prof. Dr. Cristiano André da Costa

Visto e permitida a impressão
São Leopoldo,

Prof. Dr. Cristiano André da Costa
Coordenador PPG em Computação Aplicada

AGRADECIMENTOS

Algumas pessoas me auxiliaram muito durante a elaboração deste trabalho, sendo que a estas prestarei, em poucas palavras, os meus sinceros agradecimentos:

Ao meu orientador Cristiano Costa, por lançar desafios que tornaram possíveis a realização deste sonho e por estar ao meu lado sempre para me motivar e dar o apoio necessário nos momentos certos.

Ao meu amigo e colega Fabricio Muller, que me ajudou muito na etapa de desenvolvimento deste projeto, utilizando de seu tempo para me ajudar a colocar em prática as ideias propostas pelo meu orientador. A minha colega Cathy, pela generosidade e dedicação em ler este trabalho tantas vezes quanto foi preciso, sugerindo melhorias e realizando correções.

Aos parentes e amigos por sempre acreditarem em mim e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A Internet das Coisas (IoT) permite a interconexão de objetos inteligentes, tais como smartphones, tablets, televisores e sensores sem fio, com os seres humanos, usando diferentes protocolos de comunicação através do desenvolvimento de uma rede heterogênea multimodal dinâmica. Neste sentido a convergência da tecnologia de IoT com o conceito de redes sociais fez surgir um paradigma chamado Internet das Coisas Sociais (SIoT). Na SIoT, os objetos imitam comportamentos de seres humanos e criam seus próprios relacionamentos baseado em regras estabelecidas pelos seus proprietários. Nesse âmbito, este trabalho propõe a disponibilização de uma rede social que explore os conceitos de SIoT utilizando a tecnologia *Near Field Communication* (NFC). O modelo proposto define uma plataforma para lidar com a comunicação de objetos inteligentes em um campus universitário para benefício dos estudantes, professores e demais participantes da comunidade acadêmica. Neste modelo, a definição de objetos inteligentes é a de objetos que oferecem funcionalidades para interação com os seres humanos, tais como smartphones, tablets, refrigeradores e televisores. Como contribuição científica, este trabalho propõe uma rede social para objetos inteligentes com aplicação em um ambiente universitário, baseada na abordagem de SIoT. O modelo, denominado SIoTCampus, foca no uso dos inúmeros objetos existentes em um campus universitário, propondo um relacionamento entre estes com a finalidade de ser uma nova ferramenta para disseminar informações entre os membros que compõem a comunidade universitária, tais como professores, funcionários, alunos e visitantes. Dentre os cenários existentes de aplicações exclusivas para SIoT não foi observado uma aplicação para este tipo de relacionamento focada para um campus universitário. Desta forma, a proposta do modelo SIoTCampus é a de uma rede social exclusiva para objetos inteligentes em um ambiente acadêmico em que as informações de contexto, como localização, agenda, etc são usadas como critérios para estabelecer relacionamentos entre os dispositivos inteligentes. Configurações iniciais sobre preferências dos proprietários são informadas neste modelo em um aplicativo móvel desenvolvido para esta função. Assim, informações específicas sobre determinados assuntos, eventos publicados, notícias relevantes a determinados temas em um campus universitário, que forem capturados por estes objetos são enviadas a um servidor e analisadas de forma que estas informações possam ser ou não usadas para estabelecer relações entre estes objetos. Os resultados obtidos com a realização deste trabalho apresentaram uma arquitetura de comunicação que buscou lidar com os possíveis relacionamentos entre os objetos inteligentes presentes na universidade. A avaliação deste trabalho foi feita através da utilização de cenários visando explorar a ideia principal aqui descrita que é o relacionamento entre os objetos inteligentes. Alguns cenários para esta avaliação foram executados e aplicados a um grupo de estudantes do curso de Ciência da Computação da Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Dentre os resultados alcançados cabe destacar que para 80% dos usuários que participaram desta avaliação o modelo pode se tornar uma importante ferramenta de integração entre os componentes do campus acadêmico. Outro ponto importante destacado para o perfil de participantes desta avaliação foi que o emprego da tecnologia NFC amplia as possibilidades de uso do modelo. Isto se justifica devido às novas formas de interação entre os dispositivos de usuários que poderiam ser atendidas pelo emprego desta tecnologia.

Palavras-chave: Internet social das coisas. Internet das coisas. NFC. Computação móvel. Ciência de contexto.

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) allows the interconnection of smart objects, such as smartphones, tablets, televisions and wireless sensors, with humans, using different communication protocols through the development of a heterogeneous multi-modal dynamic network. In this sense the convergence of IoT technology with the concept of social networks has given rise to a paradigm called Internet of Things Social (SIoT). In SIoT objects mimic behaviors of humans and create their own relationships based on rules established by its owners. In this context, this paper proposes the provision of a social network that explore the concepts of SIoT using Near Field Communication (NFC) technology. The proposed model defines a platform to handle communication of smart objects on a college campus for the benefit of students, teachers and other participants from the academic community. In this model, the definition of the smart objects are objects that provide functionality for interacting with humans, such as smartphones, tablet, refrigerators and televisions. As a scientific contribution this paper proposes a social network for smart objects with application in a university setting, based on the approach of SIoT. The model, called SIoTCampus, focuses on the use of several existing objects on a college campus, suggesting a relationship between these in order to be a new tool to disseminate information among the members of the university community, including faculty, staff, students and visitors. Among the existing scenarios of unique applications for SIoT, it was not observed an application for this kind of focused relationship to a college campus. Thus the proposal of SIoTCampus model is an exclusive social network for smart objects in an academic environment in which context information such as location, calendar, etc. are used as criteria for establishing relationships between intelligent devices. Initial settings on preferences of owners are informed in this model in a mobile application developed for this function. So specific information about certain subjects, published events, relevant news certain topics on a college campus, which are captured by these objects are sent to a server and analyzed so that this information may or may not be used to establish relationships between these objects. The results of this work showed a communications architecture that sought to deal with the possible relationships between intelligent objects present at the university. The assessment of this work was done through the use of scenarios to explore the main idea here is that described the relationship between Smart Objects. Some scenarios for this assessment were implemented and applied to a group of students of Computer Science Course of the Universidad do Vale do Rio dos Sinos. Among the results we highlight that for 80% of users who participated in this evaluation found that the model can become an important integration tool among members of the academic campus. Another important point highlighted to the participants profile of this evaluation was that the use of NFC technology expands the model of using possibilities. This is justified due to new forms of interaction between devices of users that could be met by the use of this technology.

Keywords: Social Internet of Things. Internet of things. NFC. Mobile computing. Context awareness.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: MODELO DE APLICAÇÃO DE SIOT EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO.	11
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DA INTERNET DAS COISAS	18
FIGURA 3: RELAÇÃO ENTRE SENSORES E INTERNET DAS COISAS.	19
FIGURA 4: ARQUITETURA PADRÃO SIOT.	21
FIGURA 5: RELACIONAMENTO ENTRE REDES DE SENSORES E INTERNET DAS COISAS.	23
FIGURA 6: INCLUSÃO DO CENÁRIO NFC EM DISPOSITIVOS INTELIGENTES.....	25
FIGURA 7: ONTOLOGIA DO MODELO MINGLE.	28
FIGURA 8: ARQUITETURA MODELO MINGLE.	29
FIGURA 9: IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO DO STINGER ROBOT.	31
FIGURA 10: FERRAMENTA NFCSC.....	32
FIGURA 11: MODELO DO PROJETO DE ARQUITETURA PACHUBE.....	33
FIGURA 12: MODELO THINKER AS DEMO.....	34
FIGURA 13: ARQUITETURA DO MODELO PROPOSTO	39
FIGURA 14: CAMADA SERVIDORA DO MODELO PROPOSTO	40
FIGURA 15: MÓDULO DE RELACIONAMENTO DO MODELO PROPOSTO.....	43
FIGURA 16: LINHA DO TEMPO DA COMUNICAÇÃO ENTRE OS OBJETOS INTELIGENTES.....	44
FIGURA 17: RELACIONAMENTO ENTRE OBJETOS INTELIGENTES E SEUS PROPRIETÁRIOS.....	44
FIGURA 18: ETAPAS DO RELACIONAMENTO ENTRE OS OBJETOS INTELIGENTES.....	45
FIGURA 19: ONTOLOGIA DO MODELO SIOTCAMPUS	47
FIGURA 20: REGRAS DE RELACIONAMENTO PARA OBJETOS INTELIGENTES	48
FIGURA 21: CASO DE USO – ACESSAR APLICAÇÃO.....	51
FIGURA 22: DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA – ACESSAR APLICAÇÃO.....	52
FIGURA 23: EXEMPLO DE TELA DE LOGIN NO DISPOSITIVO MÓVEL.	53
FIGURA 24: CASO DE USO – CAPTURAR EVENTOS.	53
FIGURA 25: DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA – CAPTURAR EVENTOS.	54
FIGURA 26: CASO DE USO - DEFINIR CONFIGURAÇÕES.	55
FIGURA 27: DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA – DEFINIR CONFIGURAÇÕES.	55
FIGURA 28: DEFINIR CONFIGURAÇÕES NO MODELO SIOTCAMPUS.	56
FIGURA 29 PLANTA BAIXA PRÉDIO PIPCA.....	57
FIGURA 30: DETALHES DO QUESTIONÁRIO AVALIADO.....	70
FIGURA 31: FACILIDADE DE USO PERCEBIDA (QUESTÕES 1 A 5).	70
FIGURA 32: UTILIDADE PERCEBIDA (QUESTÕES 5 A 10).....	71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ANÁLISE COMPARATIVA NFC COM OUTRAS TECNOLOGIAS	25
TABELA 2. ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS RELACIONADOS.	35
TABELA 3: ARTEFATOS E FERRAMENTAS DE CADA ETAPA DO PROTÓTIPO.....	50
TABELA 4. EXECUÇÃO DO CENÁRIO 1.	60
TABELA 5. EXECUÇÃO DO CENÁRIO 2.	62
TABELA 6. EXECUÇÃO DO CENÁRIO 3.	64
TABELA 7. EVENTOS DISPONIBILIZADOS DURANTE O EXPERIMENTO.	67
TABELA 8. ITENS DO QUESTIONÁRIO UTILIZADO NO EXPERIMENTO 2.....	69

LISTA DE SIGLAS

API	Interface de programação de aplicativos
BBS	Redes de sensores do corpo
CLOR	Relacionamento baseado na localização do objeto
ESN	Redes de sensores ambientais
GPS	Global Position System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IBM	International Business Machines
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPV6	Protocolo de Internet versão 6
J2SE	Java 2 Platform, Standard Edition
J2ME	Java 2 Micro Edition
LG	Life's Good
NFC	Campo de comunicação próximo
OOR	Relacionamento baseado em controle do proprietário do objeto
OSN	Redes de sensores de objetos
PIPCA	Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação Aplicada
POR	Relacionamento baseado em parentesco de objeto
RFID	Radio-Frequency IDentification – Identificação por radio frequência
SIoT	Internet das Coisas Sociais
SDK	Software Development Kit
SOR	Relacionamento baseado na relação social do objeto
TAM	Technical Architecture Modeling
UNISINOS	Universidade do Vale do Rio dos Sinos
XML	eXtensible Markup Language
WiFi	Wireless fidelity
WAP	Wireless Application Protocol
WLAN	Rede local sem fios
WMAN	Rede de longa distância sem fios
WWW	World Wide Web

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Motivação	12
1.2 Questão de Pesquisa	13
1.3 Objetivos	14
1.4 Metodologias	14
1.5 Estrutura do Texto	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Computação Móvel e Ubíqua	16
2.2 Internet das Coisas	18
2.3 Internet das Coisas Sociais	20
2.4 Sensores	22
2.5 RFID	24
2.6 NFC	24
2.7 Considerações Parciais	26
3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	27
3.1 Mingle	27
3.2 Stinger Robot	29
3.3 NFCSC	31
3.4 Pachube Arquitetura	33
3.5 THINKER As Demo	33
3.6 Análise Comparativa	34
4 MODELO PROPOSTO	37
4.1 Arquitetura	38
4.2 Servidor SloTCampus	40
4.3 Clientes para Dispositivos Móveis	42
4.4 Interação entre os Objetos Inteligentes	42
4.5 Ontologia Proposta	46
4.6 Regras de Relacionamento	47
4.7 Considerações Parciais	48
5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO.....	49
5.1 Ferramentas Utilizadas na Construção do Protótipo	49
5.2 Estrutura Geral do Projeto	50
5.3 Controle de Acesso	51
5.4 Gerenciamento de Eventos	53
5.5 Configuração do Perfil	54
5.6 Considerações Parciais	56
6 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	57
6.1 Metodologia de Avaliação e Ambiente de Experimentação	57
6.2 Experimento 1: execução dos cenários de aplicação	58
6.2.1 Preparação e execução do experimento	58
6.2.2 Relacionamento Usuário e Objeto Inteligente	59
6.2.3 Relacionamento Professor e Aluno diário de classe	62
6.2.4 Relacionamento Professor e Aluno Localização	63
6.2.5 Limitações na execução dos experimentos	66
6.3 Avaliação de Aceitação do Modelo SloTCampus	66
6.3.1 Preparação e execução do experimento	66
6.3.2 Resultados do Experimento	68
7 REFERÊNCIAS.....	74
ANEXO A	76

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente evolução de sistemas computacionais, inúmeras opções de obtenção de informações surgiram no cotidiano das pessoas. Com isto, novas formas de acessibilidade a diversos serviços em nosso dia-a-dia foram disponibilizadas. As redes sociais virtuais, como um exemplo desta evolução, trouxeram possibilidades como unificar serviços, encontrar pessoas, dentre outros. Em justificativa a esta evolução, novos serviços também puderam ser agregados às redes sociais, e como exemplo desta afirmação estão os serviços de contexto como localização. Existem modelos que já se utilizam da junção destas duas possibilidades para criar serviços específicos, utilizando características das redes sociais como perfis das pessoas, combinando também com a localização física do indivíduo em um momento específico (ZAUPA et al., 2013).

Atualmente, uma nova ideia de rede social está sendo discutida e também planejada, trata-se de uma rede social específica para objetos inteligentes chamada rede social de objetos inteligentes (GIRAU et al., 2013). Esta rede social baseia-se nas redes sociais dos seres humanos, criando relacionamentos exclusivamente entre seus dispositivos. Assim, dispositivos que possuem alguma capacidade computacional podem comunicar-se entre si utilizando a Internet para isto. Isto permite aos dispositivos relacionarem-se entre si, trocarem informações, serviços, oferecerem serviços de contexto aos seus proprietários, entre outras opções.

Nesse âmbito, surge um termo novo, Internet Social das Coisas (do inglês *Social Internet of Things* – SIoT), que apresenta a ideia de inclusão de redes sociais exclusivas para objetos e assim como nas redes sociais para humanos, busca criar relacionamentos baseados em afinidades, localização, lote de fabricação dos objetos e dispositivos que pertencem ao mesmo usuário (GIRAU et al., 2013). SIoT não pode ser vista apenas como uma extensão das redes sociais, mas como uma rede social independente que possui a sua própria plataforma (ATZORI et al., 2011). Neste sentido, é permitido aperfeiçoar o papel de alguns módulos presentes nesta plataforma para criar ou mesmo dinamizar as formas de relacionamento entre os dispositivos inteligentes. Em analogia às questões de pesquisa para o problema de se lidar com a comunicação de bilhões de objetos na Internet, algumas propostas de criação de plataformas SIoT vem sendo apresentadas (ATZORI et al., 2011). Essas propostas têm incorporado um grande número de objetos inteligentes identificados provendo serviços para os usuários finais através de protocolos de comunicação padrão de uma forma extremamente heterogênea em termos de requisitos, comportamentos e capacidades. De fato, as arquiteturas de SIoT têm sido planejadas para possuir potencial para resolver problemas de navegabilidade de rede e descobertas de informações e serviços de tal forma que possa ser dimensionada para o surgimento de bilhões de dispositivos futuros (GIRAU et al., 2013).

Em (ATZORI et al., 2011) afirma que a realização de uma SIoT eficiente e confiável requer a definição de uma arquitetura complexa que leva em consideração questões de detecção do mundo real, transmissão de dados e gestão de serviços relevantes para construir aplicações. Considerando esta análise, as prioridades emergentes são:

- Habilitar total conectividade da IoT operando em níveis de detecção e de rede;
- Prover as funcionalidades de middleware e aplicação e protocolos para facilitar a exploração de serviços de coisas relacionadas.

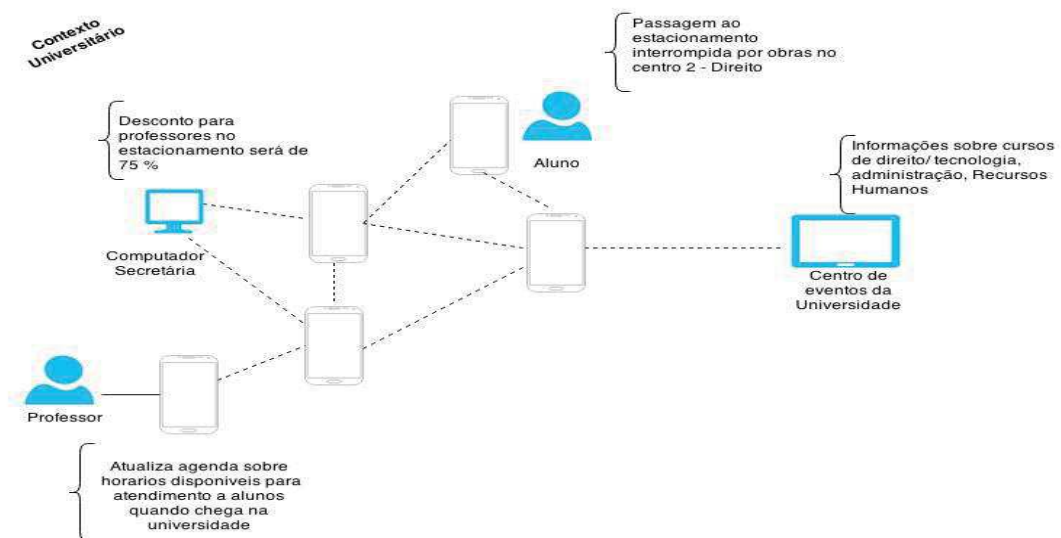
SIoT propõe a unificação da ideia de IoT com redes sociais onde os objetos imitam comportamentos humanos e criam seus próprios relacionamentos baseados em regras estabelecidas pelos seus próprios donos (ROBERTO et al., 2013). Neste sentido é possível também afirmar que SIoT pretende ser uma rede social onde cada objeto representa um nó capaz de estabelecer relações sociais com outros objetos de forma autômato em relação aos relacionamentos estabelecidos pelos seus proprietários (ROBERTO et al., 2013).

O objetivo de SIoT (propor relacionamento entre os objetos inteligentes de forma exclusiva), apresenta uma relação com a ideia de Computação Ubíqua apresentada por (WEISER, 1999), ao prever um mundo onde os dispositivos computacionais estariam presentes em objetos, ambientes e nos próprios seres humanos, interagindo naturalmente com os seres humanos sem que fossem percebidos. Neste sentido, o presente trabalho é uma aplicação da ideia de Computação Ubíqua, termo que foi criado por Mark Weiser em 1999, em seu renomado artigo “The computer for the 21st Century”, onde define a computação ubíqua como:

“As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas integram a vida cotidiana até o momento em que não se pode mais distingui-las.” (WEISER, 1999)

Neste cenário, este trabalho consiste em uma forma de compartilhamento de recursos, serviços e informações entre objetos inteligentes em uma comunidade universitária. O objetivo aqui é modelar uma rede social de objetos inteligentes onde estes possam trocar informações entre si, levando em consideração requisitos como serviços de localização, ciência de contexto, propondo uma aprendizagem dinâmica sobre o local de atuação e possibilitando a oferta de novos serviços e recursos a partir desta aprendizagem. A Figura 1 apresenta uma ideia de aplicação da SIoT em um campus universitário.

Figura 1: Modelo de aplicação de SIoT em um campus universitário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como demonstrado na Figura 1, diversos eventos são publicados para variadas situações. Estas publicações irão integrar-se a regras definidas em cadastro dos dispositivos para relacionarem-se em SIoT. Por exemplo, um proprietário de um objeto inteligente, ao instalar o aplicativo desenvolvido para o SIoT Campus (proposta deste trabalho) terá como opções informar seus interesses por questões específicas tais como localização, questões acadêmicas, trabalhos específicos na universidade, dentre outras. Estas configurações individuais dos proprietários dos dispositivos irão integrar a SIoT do campus, serão analisadas por um servidor que irá verificar a regra de interesse de cada dispositivo envolvido em um relacionamento, e estabelecer relacionamentos baseado em qual regra melhor se encaixa para esta questão. Na Figura 1, os pontos tracejados indicam os diversos relacionamentos que podem ocorrer para os dispositivos pertencentes ao modelo proposto deste trabalho. Alguns detalhes importantes merecem especial atenção ao propósito aqui buscado; um dispositivo ao se interessar por uma publicação de um evento ou conteúdo de outro dispositivo em um relacionamento irá armazenar esta informação em sua memória, servindo ao propósito de esta informação ser útil para outro dispositivo em um relacionamento futuro. Logo, surge uma questão desafiadora que é de quanto tempo uma informação de um evento deverá ficar disponível na memória do dispositivo, evitando sobrecarga com inúmeras informações de eventos. Uma das estratégias pensadas para evitar este problema é definir o tempo de vida da informação, de maneira que não seja maior do que o tempo de duração do evento específico para qual ela se refere. Com isto, após finalizar o tempo, a informação armazenada no dispositivo deve ser eliminada, evitando uma sobrecarga de informações na memória dos objetos.

Para propor este trabalho, a tecnologia NFC (*Near Field Communication* ou campo de comunicação próximo) foi escolhida para fundamentar a comunicação entre os objetos. A tecnologia NFC está presente em dispositivos móveis, como smartphones, tablets, etiquetas NFC, permitindo um relacionamento de modo interativo entre estes dispositivos (DUNANT, 2013). Desta forma objetos inteligentes poderão comunicar-se entre si usando NFC, mas todo o controle do relacionamento será mediado por um serviço definido. Para a comunicação cliente/servidor faz uso da Internet através do protocolo de comunicação TCP/IP e a tecnologia REST. Casos de uso de sucesso como transporte público e pagamento eletrônico (DUNANT, 2013) de aplicabilidade desta tecnologia contribuíram para a escolha de NFC neste trabalho para prover a comunicação entre os objetos na proposta deste trabalho.

1.1 Motivação

Considerando o contexto da aplicação, podem-se citar alguns aspectos que motivam o presente trabalho. O fato de fornecer uma rede social específica para objetos em uma universidade permite explorar a troca de serviços e conteúdos entre os membros da comunidade acadêmica, possibilitando desta forma uma interação dinâmica entre estes através do relacionamento de seus objetos inteligentes. Em um primeiro momento, o dispositivo recebe um cadastro onde serão estabelecidas regras de relacionamentos, tais como quais dados serão disponibilizados nos dispositivos, qual o tipo de relacionamento será permitido, que tipo de serviços será disponibilizado, sendo este o período de maior intervenção humana no relacionamento entre os objetos. A partir deste ponto, os objetos terão plena capacidade para interagirem entre si, escolhendo o tipo de relacionamento mais apropriado para estabelecerem esta relação.

Foram estudados diversos modelos no âmbito desse trabalho (GARRIDO et al., 2010) (GIRAU et al., 2013) (ATZORI et al., 2011) (TURCU et al., 2012) (ZAUPA et al., 2012). Entretanto, não foram identificadas propostas que fizessem uso de uma rede social de objetos específica para um campus universitário, isto é, as propostas não disponibilizam mecanismos de compartilhamento de recursos e serviços para a comunidade acadêmica, constituída majoritariamente por alunos, professores e funcionários. Dentre os modelos estudados, verificaram-se alguns projetos que propõem lidar com a comunicação de objetos inteligentes através de protótipos de uma arquitetura genérica. Recursos como a comunicação entre robôs inteligentes capazes de tomar decisões sozinhas, a disponibilidade de utilizar uma comunicação passiva de objetos que não possuem recursos computacionais utilizando para isto etiquetas NFC são alguns dos recursos ofertados nos modelos encontrados de SIoT.

SIoT possui uma arquitetura padrão composta de três camadas, sendo cada uma destas camadas responsáveis por prover soluções para determinadas fatias desta comunicação (GIRAU et al., 2013). Como base de pesquisa e aplicação, alguns módulos nestas camadas podem ser reprogramados visando dinamizar estes relacionamentos. Com isso, o presente trabalho consiste em unificar a ideia de IoT com as redes sociais aplicadas a um contexto universitário. Levando em consideração a ideia padrão proposta por SIoT, é proposta uma integração entre as pessoas de uma universidade através de seus objetos inteligentes. Para isto, os objetos poderão se comunicar e buscar por recursos, serviços, eventos e dados de acordo com os interesses de seus proprietários, oferecendo uma maior integração entre os membros da comunidade universitária.

1.2 Questão de Pesquisa

Com base na caracterização do problema descrito na seção anterior, a questão de pesquisa que este trabalho busca responder é:

“Como seria um modelo que explora os conceitos de Internet das Coisas Sociais (SIoT) em um campus universitário usando a tecnologia NFC?”

O presente modelo consiste em uma rede para objetos inteligentes com aplicação em campus universitário, baseada na abordagem da SIoT. O modelo foca no uso dos relacionamentos dos inúmeros objetos existentes em um campus universitário, propondo interação entre eles com a finalidade de ser uma nova ferramenta para disseminar informações acadêmicas entre os membros que compõem a comunidade universitária. Desta forma, a proposta do modelo é de uma rede social exclusiva para objetos inteligentes em um ambiente acadêmico em que as informações de contexto, como por exemplo, localização e agenda, são usadas como critérios para estabelecer relacionamentos entre os dispositivos inteligentes. Algumas configurações iniciais sobre preferências dos proprietários destes dispositivos são informadas através de um aplicativo móvel desenvolvido para esta função. Em um ambiente universitário, informações específicas sobre determinados assuntos, eventos publicados, notícias relevantes a determinados temas que forem capturados por estes objetos inteligentes são enviadas a um servidor e analisadas de forma que estas informações possam ou não ser usadas para estabelecer relações entre os objetos inteligentes. O modelo SIoTcampus utiliza destas informações e as analisa comparando as regras de preferências dos proprietários dos dispositivos para troca de informações e divulgação de novos eventos cadastrados. Neste sentido, o modelo SIoTcampus visa se posicionar como uma forma de interação entre os integrantes da universidade, buscando compatibilidades entre os eventos que são publicados e

preferências que cada usuário do modelo possui. A contribuição prática deste modelo é então aumentar a oferta de informações do meio acadêmico por intermédio de relacionamento de seus dispositivos inteligentes.

Esse trabalho foca no uso da tecnologia NFC já presente em diversas aplicações comerciais com muitos casos de sucesso, como por exemplo, pagamento eletrônico ou no transporte coletivo. Um fator importante para o uso desta tecnologia é o fato de já estar presente em projetos de cartões inteligentes de universidades, como exemplo, a TUI (do espanhol *Tarjeta Universitaria Inteligente*) do Banco Santander (RIVERO, 2012). Neste projeto, alguns casos de atuação estão presentes nas seguintes áreas como pagamento eletrônico, transporte, espaços inteligentes, rastreabilidade do cartão eletrônico entre outros. Assim, pode-se fazer uso destas aplicações para aplicar o modelo aqui proposto. Embora não seja uma tecnologia exclusiva para desenvolvimento do trabalho aqui proposto, os fatores acima citados foram determinantes para a escolha da tecnologia em sua aplicação neste modelo.

1.3 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo, baseado em SIoT para aplicar às necessidades de um campus universitário permitindo a criação de uma relação social entre dispositivos da comunidade de usuários. Para que este objetivo seja alcançado o modelo proposto faz uso de tecnologias móveis e métodos de coleta de contexto via dispositivo móvel.

O relacionamento entre os objetos permite o compartilhamento de informações, serviços e eventos que poderão ser trocados entre estes objetos. Um dispositivo poderá ter conhecimento sobre novos eventos a partir de informações compartilhadas por outro dispositivo como também poderá ofertar suas informações e serviços a outros dispositivos em cada relacionamento estabelecido. A tecnologia NFC foi utilizada para propor esta comunicação. Esta tecnologia emprega em seu uso funcionalidades que permite dois dispositivos compartilharem informações através de seu uso. Baseado em alguns casos de sucesso no emprego desta tecnologia em projetos acadêmicos, optou-se por seu emprego para a comunicação entre os dispositivos.

Como resultado final busca-se alcançar um novo método de interação entre alunos, professores, funcionários acadêmicos, priorizando características comuns entre eles para estabelecer estes relacionamentos. Dentre as características pensadas é possível considerar perfil, localização, agenda de compromissos e serviços disponíveis no campus. Novos relacionamentos serão realizados diretamente entre os objetos inteligentes com base nestas características, buscando pontos comuns entre elas. Como resultado a esta interação, novos recursos e serviços serão disponibilizados, permitindo assim novas maneiras de prover interações entre os componentes da universidade.

1.4 Metodologias

O processo de avaliação deste trabalho será dividido em duas etapas. A primeira consiste na aplicação do modelo criado por este trabalho para a comunidade universitária com o objetivo de criar uma SIoT utilizando os conceitos de computação ubíqua conforme

(WEISER, 1999) e computação móvel de acordo com (SATYANAYANAN, 2001). Neste processo, um aplicativo cliente Android será instalado em dispositivos inteligentes que suportam a tecnologia NFC. Alternativas a este relacionamento, será a utilização do cartão universitário inteligente ou de etiquetas, ambos com a tecnologia NFC. No caso particular das etiquetas, permite o acoplamento a objetos que não são considerados inteligentes, permitindo assim a inclusão destes em novas interações. O objetivo do aplicativo desenvolvido é servir como elemento de interação e configuração para que os integrantes da comunidade universitária possam preparar seus objetos inteligentes para fazerem parte de relacionamentos SIoT do campus.

Com o objetivo de avaliar a aceitação do modelo SIoT Campus desta proposta alguns itens de um questionário foram elaborados com base no modelo de aceitação da Tecnologia TAM (TAM – Technology Acceptance Model) proposto por (DAVIS, 1989) aplicado e expandido por (YOON et al., 2007) em seu estudo sobre aceitação de rede wireless. O modelo TAM considera as crenças descritas abaixo como principais influências para aceitação de uma nova tecnologia:

- **Facilidade percebida de uso:** é o grau que uma pessoa acredita que tecnologia poderia diminuir seus esforços;
- **Utilidade percebida:** é o grau em que a pessoa acredita que a tecnologia poderia melhorar o seu desempenho.

Para isto, foi utilizada uma área da universidade onde foram dispostos sensores NFC conectados a um servidor responsável por mediar os relacionamentos. A construção de um protótipo exclusivo para estes relacionamentos foi necessária, sendo este instalado e configurado em um grupo de 10 pessoas vinculadas a universidade, distribuindo entre professores, alunos e funcionários. No servidor, foram gerados novos eventos, que puderam ser testados e avaliados para verificar a propagação entre os relacionamentos dos objetos inteligentes. Com o modelo de SIoT universitário aqui proposto em funcionamento, pretendeu-se explorar o compartilhamento de serviços, eventos e conteúdo dos objetos pertencentes à rede SIoT em favor de seus proprietários. Ao final espera-se que estes objetos, através de seus relacionamentos, possam desempenhar um papel importante no sentido de alertar através de mensagens sobre a descoberta de novos eventos de interesse para seus proprietários.

1.5 Estrutura do Texto

O presente trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta os conceitos básicos que são essenciais para a compreensão do modelo proposto. O capítulo 3 traz uma lista com os principais trabalhos acadêmicos que buscam realizar, dentro dos seus respectivos interesses, inovações na área de SIoT, de onde se observa a adaptação de novos recursos. O capítulo 4 descreve o modelo do projeto proposto que envolve os dispositivos dos alunos para a criação de uma rede social da internet das coisas específica para um campus universitário. O capítulo 5 apresenta aspectos de implementação do protótipo. Já o capítulo 6 traz os resultados dos cenários executados pelo protótipo. As considerações finais são apresentadas no capítulo 7.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta conceitos fundamentais para entendimento do modelo proposto no trabalho. Inicialmente são apresentadas as definições de computação móvel e computação ubíqua, temas importantes para compreensão da ideia básica sobre do conceito de IoT. A seguir, é discutido o termo IoT e suas definições. Isto é importante para compreensão do modelo de aplicação proposto neste trabalho. O terceiro tópico abrange os relacionamentos dos objetos inteligentes e suas definições para que isto possa ocorrer. O quarto tópico, abordada a tecnologia por rádio frequência RFID. Por fim, são apresentadas algumas considerações sobre o modelo aqui proposto e seu relacionamento com as tecnologias apresentadas neste capítulo.

2.1 Computação Móvel e Ubíqua

A disponibilização de redes sem fio permitiu o surgimento de dispositivos que podem se comunicar com outros equipamentos mesmo em movimento. Através destas redes celulares, smartphones, notebook, etc tornam-se mais flexíveis aos seus usuários, tornando-se mais versáteis e com comunicação independente de localização (FORMAN et al., 1994). A computação móvel além de permitir a mobilidade do dispositivo agrega algumas limitações e dificuldades (SATYANARAYANAN, 2011) (FORMAN et al., 1994) (HAMMERSHOJ et al., 2010):

- Variação na qualidade de rede, tanto em disponibilidade quanto em velocidade e latência;
- Recursos computacionais limitados nos dispositivos móveis, tanto em memória quanto em processamento;
- Consumo de energia;
- Variação dos recursos oferecidos na rede local, onde um dispositivo ou informação pode estar acessível em uma rede e não mais quando trocar de enlace;
- Mudança no endereço e identificação do próprio dispositivo;
- Rede heterogênea onde as tecnologias de transmissão, topologia e protocolos podem variar de uma rede a outra;
- A segurança precisa ser observada com maior cuidado.

O consumo de energia é um problema em dispositivos móveis devido à necessidade de acrescentar recursos de processamento e comunicação mais avançados que consomem mais energia com o desafio de manter o conjunto de componentes leves e de tamanho reduzido. Dispositivos que se movimentam precisam rastrear o ambiente para encontrar canais de comunicação e precisam se comunicar constantemente para caracterizar sua presença na rede (PITOURA et al., 2001).

Para que a comunicação entre os dispositivos seja realizada o uso de middlewares que estabelecem uma rede móvel disponibiliza aos usuários uma acessibilidade aos recursos computacionais a qualquer lugar e a qualquer hora. A principal função destes middlewares constitui em abstrair boa parte das dificuldades técnicas enfrentadas por estes dispositivos.

Esta abstração exige técnicas que as aplicações distribuídas não móveis não costumam exigir (GRIGORAS, 2006):

- Transparência de comunicação independente do dispositivo;
- Simplicidade de protocolos;
- Escalabilidade em respeito ao número de membros da rede;
- Portabilidade de serviços e aplicações;
- Adaptabilidade dos protocolos e aplicações às características dos nós da rede;
- Protocolos que garantem qualidade de serviço;
- Segurança de comunicação e execução remota.

A transparência de comunicação e a adaptabilidade às características dos nós da rede fazem com que os dispositivos possam interagir com outros que estejam próximos. A computação móvel passa a ter sua transparência de comunicação mais evoluída a ponto de tornar a comunicação simples aos desenvolvedores e imperceptíveis aos usuários. A combinação destas técnicas pode agir em um objetivo comum e passam a ser caracterizados como sistemas pervasivos ou ubíquos (SATYANARAYANAN, 2011).

Computação ubíqua foi apresentada cientificamente por (WEISER, 1999) em seu artigo “*The computer for the 21st century*” onde diz que a comunicação máquina-homem pode ser caracterizada como computação invisível se esta agir de acordo com as ações naturais do comportamento humano. Um dos exemplos citados no artigo é a possibilidade de detectar a presença de uma pessoa autorizada e abrir a porta automaticamente durante o tempo necessário para a sua passagem.

A tecnologia da computação móvel impulsionou a computação ubíqua quando ofertou a possibilidade de comunicação através de canais sem fio como Bluetooth e WiFi. Os dispositivos podem considerar um grande número de indicadores para realizar a computação como:

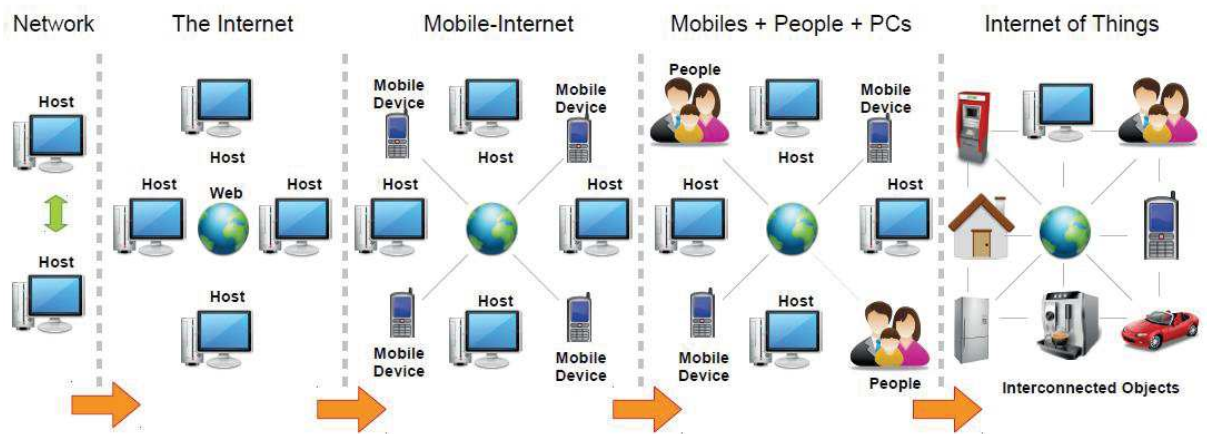
- Localização geográfica;
- Temperatura do ambiente;
- Reconhecimento de voz;
- Indicadores de movimento.

A localização geográfica é muito importante para que os dispositivos selecionem em casos especiais, apenas informações que possam ter influência para o usuário. A rota de um GPS como exemplo a esta afirmação, permite ao dispositivo considerar a localização do usuário e os acontecimentos nas regiões próximas para tomar decisões de qual é o caminho mais adequado para um usuário. A utilização destes dois conceitos contribuiu para o surgimento de um termo chamado de Internet das coisas na qual foi acoplada a objetos inteligentes a capacidade de conectarem a Internet e através disto serem capazes de interagirem entre si.

2.2 Internet das Coisas

Os avanços tecnológicos presentes na computação móvel deram origem ao surgimento de um paradigma chamado Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* – IoT). Esta tecnologia se define como objetos inteligentes que possuem acesso a protocolos de comunicação e a partir disto permitem uma interação com as pessoas oferecendo serviços que visam facilitar a vida dos seres humanos. Objetos inteligentes são definidos como dispositivos eletrônicos que possuem em seu hardware funções para acesso à Internet e que apresentam funcionalidades de interação com os seres humanos. A Figura 2 apresenta a evolução da IoT em cinco fases.

Figura 2: Evolução da internet das coisas



Fonte: Retirado de (PERERA et al., 2014).

Nos anos de 1960, a comunicação entre dois computadores só foi possível por causa do surgimento das redes de computadores. Mais recentemente, em 1980, o protocolo TCP/IP foi introduzido. Então o uso comercial da Internet se iniciou mais tarde. Em 1991, surgiu a *World Wide Web* (WWW) tornando a Internet mais popular e estimulando o rápido desenvolvimento. Mais tarde dispositivos móveis são conectados à Internet e formam o conceito de Internet móvel. Com as redes sociais, usuários iniciam uma comunicação em conjunto na Internet. A próxima etapa é o IoT que possibilita a conexão dos objetos ao redor das pessoas entre si.

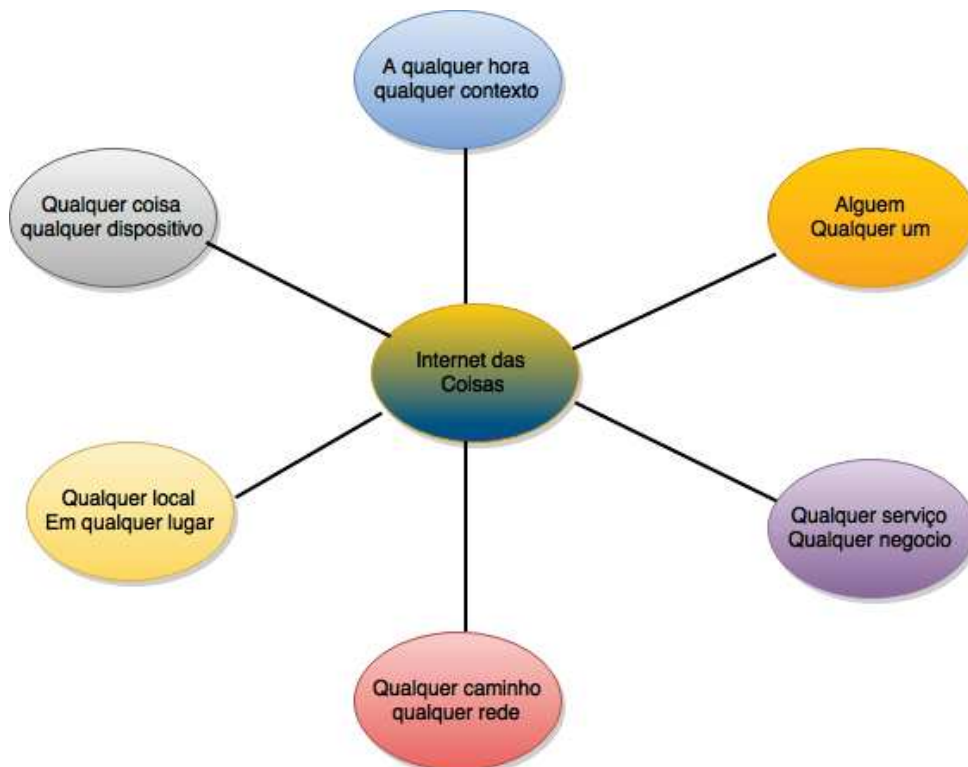
IoT é um termo de revolução tecnologia que possui a ideia de conectar objetos do nosso cotidiano com a Internet. É cada vez mais crescente o número de eletrodomésticos, meios de transportes com conexão com a Internet e também ligados a outros dispositivos. A ideia desta tecnologia é a união destes dois mundos, através da conexão de dispositivos que se comuniquem entre si, data centers e seus armazenamentos em servidores em nuvem. O principal papel da IoT é prover a comunicação entre bilhões de dispositivos para compartilhar informações e completar tarefas para melhorar a eficiência da vida humana.

A definição de Internet das Coisas pode ser vista na Figura 3, em que IoT permite que pessoas e coisas sejam conectadas a qualquer hora em qualquer lugar com qualquer coisa, o ideal é usar qualquer caminho ou rede e qualquer serviço para isto. O fluxograma da Figura 3 apresenta a ideia geral de IoT e suas ramificações referente a sua aplicabilidade. Internet das Coisas surgiu com a ideia de que através de uma conexão com Internet, os dispositivos possam acessar a Internet para fornecer uma maior interação com os usuários. Qualquer

pessoa pode realizar esta interação com os dispositivos presentes em IoT, podendo usar para esta interação qualquer caminho ou rede que ofereça uma garantia de conexão destes dispositivos com a Internet.

O local e também o horário para que se realize esta interação independe de qualquer outro fator que não seja a conexão com a Internet para que isto ocorra, bem como qualquer dispositivo que possua conexão e que possa apresentar funcionalidades de interação com o usuário está apto para isto.

Figura 3: Relação entre sensores e Internet das Coisas.



Fonte: Traduzido livremente de (PERERA et al., 2014).

Atualmente, existe um grande número de objetos conectados, como geladeiras, óculos, televisores, carros, entre outros, o que tem despertado a necessidade uma arquitetura padrão para colocar isto em prática. IoT tem como objetivo estabelecer uma interação entre os objetos inteligentes através da Internet.

O funcionamento da IoT pode ser dividido em três etapas:

1. Identificação - registro de dados e informações para conexão entre os aparelhos e a Internet feita por rádio frequência (identificação única);
2. Sensores que detectam na qualidade física dos objetos;
3. Miniaturização e nanotecnologia nos quais pequenos objetos com a capacidade de interação se conectam à rede e transmitem informações.

Grandes empresas como Microsoft, IBM, LG, Panasonic estão desenvolvendo projetos para criarem uma arquitetura padrão para IoT. Com a enorme quantidade de dispositivos inteligentes já existentes, faz-se necessário uma arquitetura padrão para interconexão destes

dispositivos. Acredita-se que em um futuro próximo teremos roupas que se adaptarão as condições de temperatura ambiente, que aos passarmos com um veículo por um sensor receberemos uma indicação sobre qual manutenção preventiva este veículo precisa, cuidados médicos poderão ser prestados de forma antecipada, em razão de diagnósticos mais eficientes e rápidos (ATZORI et al., 2013).

Com a capacidade computacional dos objetos inteligentes presentes em IoT, pensou-se na possibilidade de interligar dois conceitos importantes que são os conceitos de IoT com o de redes sociais tradicionais. Surgiu a partir disto uma ideia de criar uma rede social exclusiva para objetos chamada de internet das coisas sociais.

2.3 Internet das Coisas Sociais

Com o número cada vez mais crescente de dispositivos com capacidade de conexão com a Internet, foi identificada a necessidade de uma plataforma de comunicação para a interação dos bilhões de objetos existentes. O fato destes dispositivos possuírem capacidade de interação com seus proprietários desenvolveu a perspectiva de uma ideia de relacionamento entre os próprios objetos, podendo compartilhar recursos e serviços em benefício de seus proprietários.

A convergência da tecnologia da IoT com o conceito de redes sociais virtuais levou a um novo paradigma chamado de Internet das Coisas Sociais (SIoT), onde objetos imitam comportamentos humanos e criam seus próprios relacionamentos baseados em regras estabelecidas pelos seus próprios donos (ATZORI et al., 2013). Neste sentido, objetos serão tratados como entidades virtuais na Internet com capacidade de incluir e produzir serviços, colaborar com objetivos comuns e deverão ser integrados com todos os outros serviços (GIRAU et al., 2013).

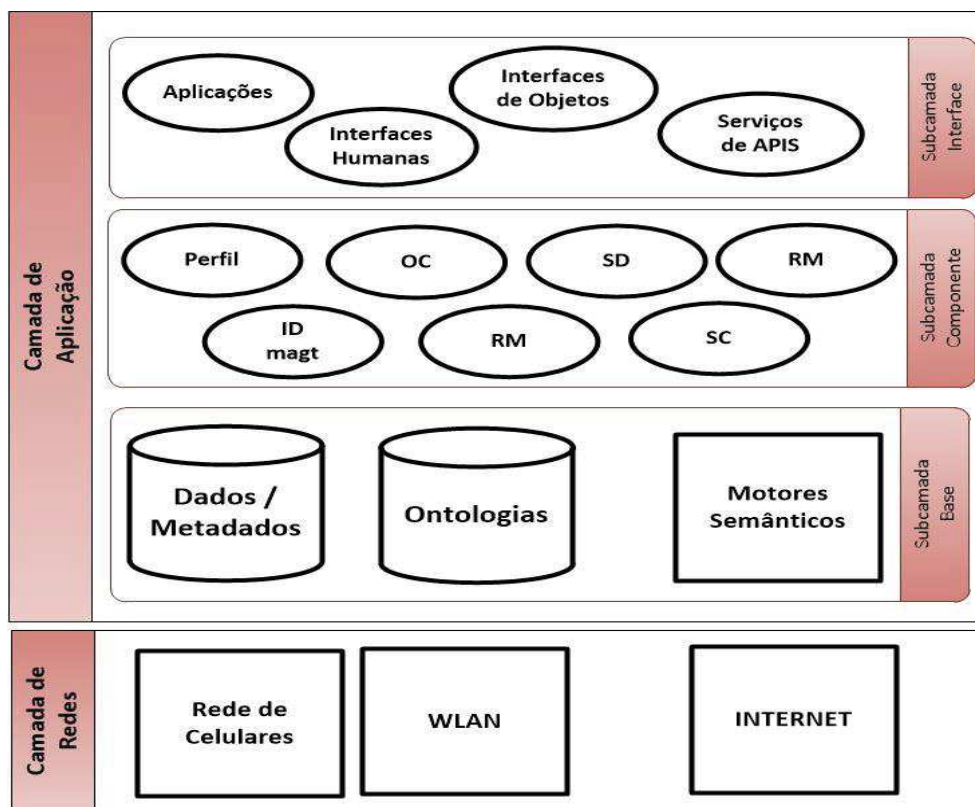
Atividades de pesquisas consideram que objetos sendo envolvidas na rede juntamente com pessoas, redes sociais podem ser construídas baseados na Internet das coisas e são significativas para investigação em relação à evolução de objetos em IoT (GIRAU et al., 2013). Na SIoT uma rede social é formada, na qual cada objeto é um nó capaz de estabelecer relações sociais com outros de forma autônoma com base nas regras estabelecidas pelos seus proprietários (ATZORI et al., 2013).

Assim como os humanos, os objetos também criam seus relacionamentos baseados em regras definidas pelos seus proprietários. Da mesma forma que os humanos possuem relacionamentos com seus familiares, objetos criam relacionamentos com seus parentes de objetos (*parental object relationship*) (GIRAU et al., 2013), como objetos parecidos que são fabricados no mesmo período pelo seu fabricante. Assim como também os seres humanos podem estabelecer relacionamentos quando estão no mesmo lugar, objetos que compartilham a mesma localização podem criar um relacionamento (*location object relationship and co-work object relationship*) (GIRAU et al., 2013). Outro tipo de relacionamento é estabelecido quando objetos entram em contato esporadicamente ou continuamente por razões puramente relacionadas com as relações entre seus donos, isto é nomeado relacionamento social de objetos (*social object relationship*) (GIRAU et al., 2013). Finalmente, objetos pertencentes ao mesmo usuário podem também criar um relacionamento (*ownership object relationship*) (GIRAU et al., 2013).

Os modelos SIoT possuem características comuns como (GIRAU et al., 2013):

- Os objetos utilizam protocolo HTTP para o envio e recebimento de dados. Esta escolha sempre permite uma grande interoperabilidade entre as plataformas;
- Um servidor intermediário é sempre usado. Os objetos não podem se comunicar diretamente uns com os outros;
- Cada objeto possui uma data point associado a ele no lado do servidor para controle dos dados enviados;
- Os métodos POST e GET são usados para envio e requisição de dados;
- Uma etiqueta é atribuída a cada data point;
- Descoberta do data point é realizada utilizando etiquetas através de um motor de pesquisa interna;
- O sistema identifica cada objeto com sua chave API.

Figura 4: Arquitetura padrão SIoT.



Fonte: Traduzido livremente de (GIRAU et al., 2013).

A Figura 4 mostra os principais componentes da plataforma SIoT. A camada de rede é utilizada para transferir dados através de redes diferentes, enquanto que o núcleo da plataforma é representado pela subcamada base, subcamada componente, subcamada interface.

A subcamada base inclui o banco de dados para armazenamento e gerenciamento de diferentes tipos de dados, como por exemplo, temperatura, latitude, longitude e umidade.

Objetos podem memorizar mais de dezesseis campos de dados diferentes, os primeiros doze campos possuem um tipo fixo enquanto que os últimos quatro são reservados para usos futuros. Por exemplo, o campo de número dois é usado para rastrear dados de temperatura, o campo três é usado para rastrear dados de voltagem e assim por diante. Os últimos quatro campos são deixados para as aplicações clientes decidirem sobre seu uso.

A subcamada componente programa a funcionalidade de *Object Profiling* (OP) que é necessária a fim de configurar informações sobre objetos. *ID Management* (IM), por sua vez, atribui um único ID para cada objeto a fim de identificá-los. *Owner Control* (OC) habilita os usuários para especificar os comportamentos dos objetos e *Relationship Management* (RM) usado para criar e gerenciar os relacionamentos entre objetos.

A camada interface é onde as subcamadas e os serviços de API, como escrita e leitura estão localizados.

Os objetos podem criar seus relacionamentos que serão controlados pelo RM em dois caminhos:

- **Profiling relationship** (GIRAU et al., 2013): são gerados com base apenas na informação de perfil de seus objetos e são independentes do comportamento dos seus proprietários. Nesta categoria estão contidos os relacionamentos *Ownership Object Relationship* (OOR), *Co-Location Object Relationship* (CLOR) e *Parental Object Relationship* (POR). De fato, OOR são criados entre objetos registrados SIoT, por algum usuário. Quando os objetos têm o mesmo valor de modelo de atributo POR é criada. Para ativar a CLOR dois objetos necessitam estar fixados na mesma localização (numeric ID);
- **Dynamic relationship** (GIRAU et al., 2013): estes relacionamentos são criados quando os usuários, e conseqüentemente objetos, interagem uns com os outros e satisfazem as regras desta interação. Para esta categoria pertencem *Co-Work Object Relationship* (CWOR) e *Social Object Relationship* (SOR). Em particular isto é importante para o servidor reconhecer dois objetos na mesma localização mesmo que os objetos não estejam em condições de visibilidade. O módulo RM é ativado toda a vez que um novo objeto é encontrado em SIoT, ou toda a vez que um objeto transmite informação sobre sua localização ou sobre os ID's dos objetos que ele encontrou. Para relacionamentos dinâmicos, o módulo RM é ativado por eventos sobre a visibilidade dos dispositivos, quando um dispositivo publica uma mensagem.

2.4 Sensores

Sensores são considerados componentes importantes para IoT. Uma rede de sensores compreende um ou mais nós de sensores com comunicação entre eles usando tecnologias com fio e sem fio (PERERA et al., 2014). É possível ligar múltiplas redes de sensores em conjunto através de diferentes tecnologias e protocolos. Entretanto, existem além dos sensores outras tecnologias que pode complementar a infraestrutura de detecção e comunicação em IoT, como as redes ad-hoc (PERERA et al., 2014). Estas redes apresentam uma abordagem diferente das redes de sensores e apresentam muitas vulnerabilidades.

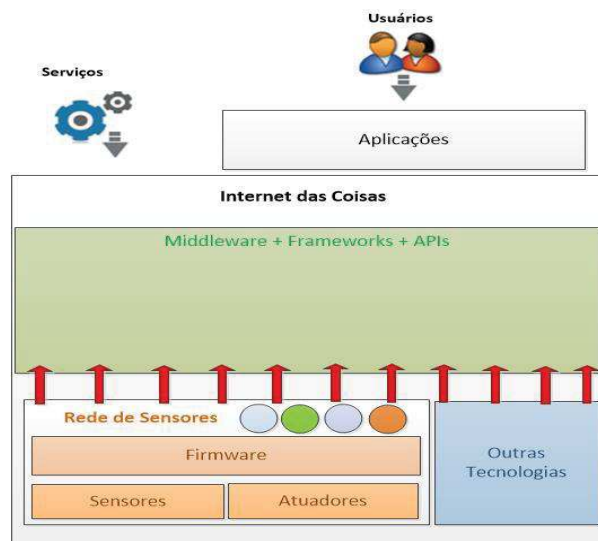
IoT utiliza uma arquitetura de sensores de três camadas, onde sensores de múltiplas redes são ligados entre si através da Internet. Existem várias tecnologias de redes sem fio

utilizadas para a construção de rede de sensores sem fio como WPAN, Bluetooth, wireless local network WLAN e Wi-Fi, wireless metropolitan area network (WMAN), redes 2G e 3G e redes de satélites (GPS). Redes de sensores também podem usar dois tipos de protocolos para comunicação: non-IP based (Zigbee e Sensor-Net) e protocolos IP-based (NanoStack, PhyNet e IPV6).

No início as redes de sensores foram usadas para domínios limitados e para atingir finalidades específicas tais como monitoramento ambiental, agricultura, sistemas de saúde, detecção de eventos e monitoramento de integridade estrutural (PERERA et al., 2014). Existem três categorias de sensores que compõem a IoT: redes de sensores do corpo (BBS), redes de sensores de objetos (OSN), e redes de sensores ambientais (ESN).

IoT compreende sensores e atuadores (PERERA et al., 2014). Dados são coletados usando sensores que são processados e definidos sobre quais decisões serão tomadas. Finalmente os atuadores executam as ações que foram decididas. Redes de sensores são compostas pelo hardware do sensor (sensores e atuadores) e por um firmware. A IoT compreende tudo o que as redes de sensores suportam e ainda mais uma espessa camada de software, tais como sistemas de middleware, frameworks, APIs e muitos outros componentes de software. A camada de software é instalada em todos os componentes computacionais. De forma diferente dos sensores que foram projetados no início para fins específicos a IoT teve muitos tipos de aplicações. Desta forma sensores devem ser preparados para vários domínios de aplicações para serem reutilizados e se conectarem em muitos outros sensores. Para controlar o tráfego de informações entre sensores, são projetados middlewares para fornecerem serviços genéricos e funcionalidades como inteligência, interoperabilidade, ciência de contexto que é necessária para realizar a comunicação entre os sensores e atuadores de forma eficaz (PERERA et al., 2014). Redes de sensores podem existir sem o IoT, entretanto IoT não consegue existir sem as redes de sensores, porque elas provem a maioria do hardware, suporte de infraestrutura, como acesso a sensores e atuadores (PERERA et al., 2014). Existem também outras tecnologias que podem fornecer acesso a sensores e atuadores como redes ad-hoc, portanto elas não são escaláveis e não podem acomodar as necessidades do IoT individualmente (PERERA et al., 2014). A Figura 5 apresenta o relacionamento de redes de sensores e IoT.

Figura 5: Relacionamento entre redes de sensores e Internet das coisas.



Fonte: Retirado de (PERERA et al., 2014).

2.5 RFID

Identificação por rádio frequência (RFID) é uma tecnologia de identificação automática e captura de dados que habilita várias entidades para serem identificadas de forma única (TURCU, 2012). O uso da tecnologia RFID pode permitir aos objetos inteligentes que a reconheçam e ao identificarem elementos que estão ao seu alcance podem atuar de forma específica. Uma das características desta tecnologia é permitir que os objetos inteligentes pudessem colaborar para a criação de um ambiente invisível aos olhos de seus usuários tornando esta computação oculta.

A arquitetura de sistema básico de RFID possui três componentes maiores que são: etiquetas de contato eletrônicas que servem para armazenar dados de identificação única e outras informações específicas de um leitor RFID para operações de leitura e escrita sobre estas etiquetas e elementos de processamento que são os componentes de aplicação. Uma etiqueta RFID é acoplada a uma entidade para esta ser identificada. Assim RFID torna-se uma solução de baixo custo para identificação dos objetos que deve ser ligada a Internet das coisas e torna-se um elemento essencial para o desenvolvimento da IoT.

2.6 NFC

A tecnologia NFC (campo de comunicação próximo) é uma tecnologia presente em alguns dispositivos inteligentes atualmente que permitem a estes dispositivos comunicarem-se de forma interativa entre si. Esta interação se realiza através de um protocolo de comunicação compatível com a tecnologia sem fio, baseada nas normas ISO 14443 (DUNANT, 2013). Algumas vantagens desta tecnologia frente às demais é que não é necessária ao NFC a inserção de códigos ou dados para realizar uma interação, um simples gesto de aproximação de um dispositivo com NFC com outro é o que é necessário para realizar toda uma interação entre eles.

NFC está presente em diversos setores como bancos, lazer, saúde estando presente em projetos de grandes companhias como SONY, SAMSUNG, GOOGLE, MICROSOFT, IBM diferentes entidades bancárias como VISA MASTERCARD (DUNANT, 2013). A tecnologia NFC também proporciona a capacidade de leitura de tags (etiquetas). Tags NFC são pequenas etiquetas que incluem um pequeno chip NFC em modo passivo que armazena informação. A comunicação passiva é quando o cartão inteligente com um chip NFC se aproxima do leitor e é alimentado por um campo magnético que este leitor gera. Assim neste modo quem inicia a comunicação é o leitor que é baseado em comandos embutidos nele e o papel do cartão neste modo é interagir em resposta a estes comandos.

NFC está presente também em cartões inteligentes onde possuem um chip NFC que através de sua leitura irá se originar acesso a conteúdo de Internet, abertura de portas entre outras aplicações. Com o surgimento desta tecnologia nos objetos inteligentes tornou-se possível emular as funcionalidades de um cartão inteligente em um objeto inteligente. Outra vantagem que o NFC apresentou foi à possibilidade de dispositivos inteligentes atuarem como leitor ou cartões NFC. Desta forma estabelece-se uma comunicação ativa quando dois dispositivos inteligentes com NFC comunicam-se entre si em que um está atuando como leitor e outro como emulador de um cartão inteligente.

O que foi pensado para adoção da tecnologia NFC em dispositivos móveis foi à vantagem de transportar o chip NFC presente em cartões inteligentes para dispositivos móveis. Com isto o chip irá possuir a vantagem de suportar múltiplas aplicações e será chamado de elemento seguro. A Figura 6 apresenta o cenário da inclusão de NFC em objetos inteligentes. O elemento seguro trata-se de um elemento em nível de execução com alto nível de proteção física (manipulação de hardwares) e lógica (interfaces) canais e softwares devem atender a rigorosos sistemas de segurança. Este elemento é implementado em um circuito diferente do processador do dispositivo móvel e inclui sua própria memória volátil e permanente e um coprocessador para as operações de criptografia.

Figura 6: Inclusão do cenário NFC em dispositivos inteligentes.



Fonte: Retirado de (DUNANT, 2013).

A inclusão desta tecnologia no projeto de SIoT deste trabalho se deve a alguns fatores observados sobre as vantagens desta tecnologia frente as demais que poderão ser úteis para a comunicação entre os objetos inteligentes da comunidade universitária. A Tabela 1 apresenta alguns pontos estudados sobre a comparação da tecnologia com as demais.

Tabela 1. Análise comparativa NFC com outras tecnologias

Distancia de Operação	0,1m	10-100m	300m – 400km	1km – 35km	Orientado ao ato voluntário
Velocidade de transmissão	848kbit/s	2Mbit/s	54Mbit/s	14Mbit/s	Velocidade aceitável
Tempo estabelecimento de Conexão	20milisegundos	6s	2s	1s	Extremamente rápido
Robustez frente a interferências	Extremamente alta devido a curta distância	Normal	Normal	Normal	Extremamente robusto
Facilidade de conexão	Extremamente alta	Baixa	Media	Media	Extremamente confiável
Compatibilidade com SIoT	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível	Compatível com SIoT

Fonte: Adaptada do modelo de (DUNANT, 2013).

Com base nas características da tabela anterior imagina-se realizar a comunicação entre os objetos inteligentes utilizando a tecnologia NFC. Alguns trabalhos relacionados com o tema de SIoT foram observados visando buscar uma integração da ideia de SIoT para um campus universitário.

2.7 Considerações Parciais

O modelo proposto utiliza de todos os conceitos descritos nesta seção. A computação móvel e ubíqua se faz presente no modelo pelo fato do objetivo ser buscar maneiras para estabelecer relacionamentos entre dispositivos móveis. O conceito de Internet das Coisas se aproxima da proposta pelo fato de os dispositivos móveis em IoT possuírem capacidades computacionais e protocolos para comunicação com a Internet. Assim, dispositivos inteligentes podem usar esta capacidade para comunicação entre si. O termo SIoT aqui apresentado constitui-se como a base do modelo desta proposta.

A proposta de aplicar em um campus universitário a ideia base de SIoT que é de estabelecer um relacionamento entre objetos inteligentes a partir de configurações de preferências dos proprietários destes objetos. O relacionamento de SIoT com sensores é muito importante para a captura de dados dos dispositivos móveis aqui presentes. Nesta proposta um dos meios de se estabelecer, isto é, através da captura de dados de sensores NFC, onde estes sensores são responsáveis por detectar em um nível físico a presença dos dispositivos em relacionamentos SIoT. As tecnologias NFC e RFID são tecnologias já presentes nos temas de IoT e SIoT. Como já existem casos de sucesso sobre a aplicação da tecnologia NFC em utilizar o cartão inteligente do campus para interligar serviços na universidade, espera-se utilizar estes casos de sucesso para aplicação desta tecnologia para o modelo aqui apresentado.

De forma diferente da proposta aqui apresentada, alguns trabalhos exploram o conceito do tema de SIoT apresentando arquiteturas genéricas para lidar com a comunicação entre os diversos objetos inteligentes (ATZORI et al., 2011). Modelos que utilizam do tema de SIoT para estabelecer relacionamentos entre robôs cognitivos (TURCU, 2012) que são robôs inteligentes que utilizam da capacidade de tomarem decisões baseados em históricos de comunicações com outros objetos. Outro trabalho bastante relevante a ideia desta proposta foi o projeto Mingle (ZAUPA et al., 2012). O capítulo 3 aborda estes trabalhos estudados apontando características comuns e derivando lacunas para o modelo aqui proposto.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

A modelagem de uma arquitetura para fornecer uma plataforma de comunicação entre os objetos inteligentes em um campus universitário pode envolver uma série de conceitos que já foram estudados em outros trabalhos relacionados. Este capítulo apresenta alguns trabalhos que se aproximam da questão de pesquisa no sentido de trabalharem com a proposta de estabelecer um modelo geral para criar uma arquitetura padrão para a SIoT e os aborda através de alguns conceitos observados em tais trabalhos com relação a estrutura sobre o relacionamento entre os objetos inteligentes, métodos de comunicação, integração de dados, modos de armazenamento das informações, tipos de aprendizagem e tipo de contexto. Como critério de pesquisa buscou-se trabalhos que atendessem as aplicações de SIoT em campus universitário. Buscou-se também por trabalhos que procuravam disponibilizar redes sociais para objetos combinadas com foco em ambiente universitário. As palavras-chaves para busca destes trabalhos foram *SIoT*, *Social Networks*, *IoT*. Usou-se como base o Google Scholar.

Neste capítulo algumas questões práticas citadas nos trabalhos relacionados são apresentadas a fim de caracterizar a aplicabilidade dos modelos no auxílio à resolução da questão de pesquisa. Para concluir é feito um resumo sobre os trabalhos estudados para destacar as diferenças e características de cada proposta.

3.1 Mingle

O Mingle (ZAUPA et al., 2014) é um modelo desenvolvido com a ideia de prover uma rede social espontânea com base na localização geográfica do indivíduo (ZAUPA et al., 2014). Buscando interesses comuns entre pessoas que estejam presentes em um mesmo local uma rede social espontânea é então formada, sendo a conexão através dos dispositivos móveis desses indivíduos (ZAUPA et al., 2014). A partir desta rede social, usuários podem acessar conteúdos e serviços virtuais relacionados com o local específico onde se encontram. A pessoa presente nas células pode decidir por se identificar ou não para os demais participantes.

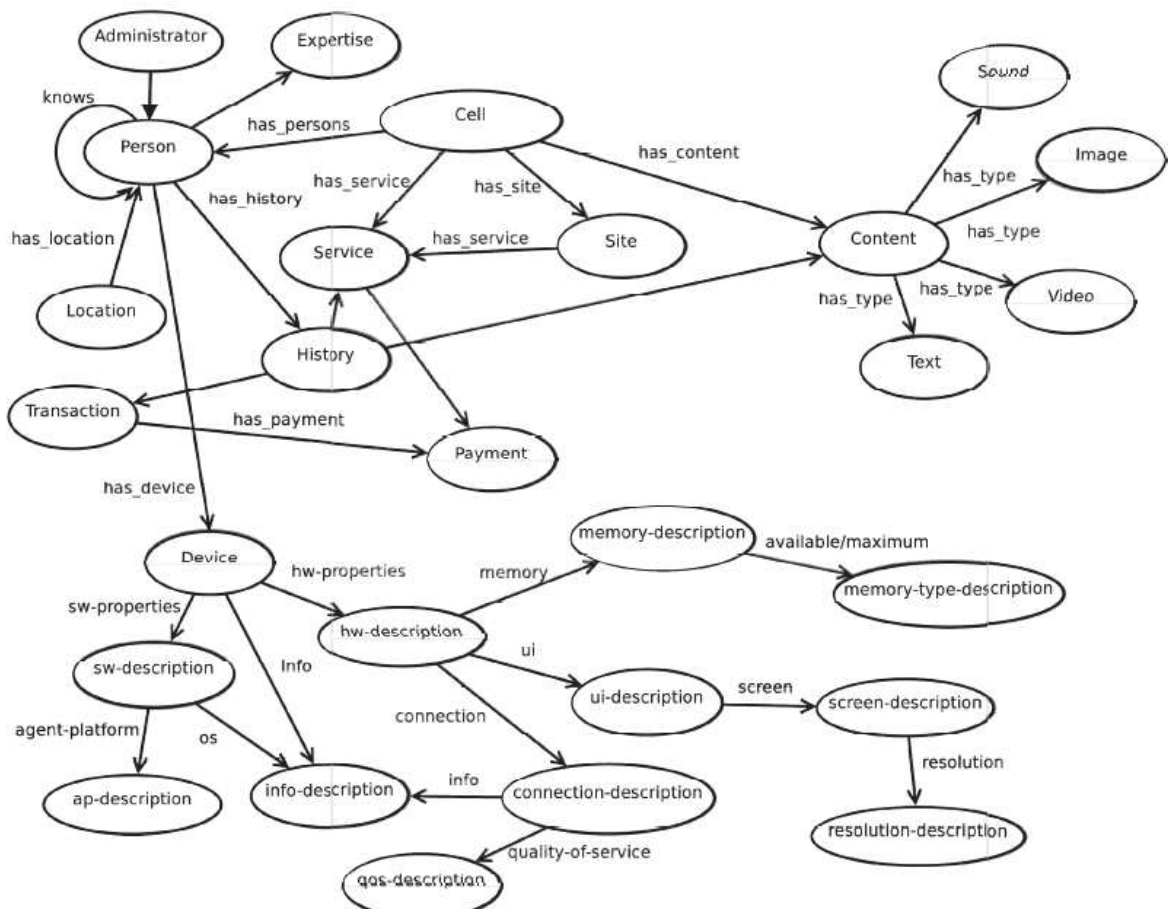
No Mingle, a sensibilidade ao contexto é característica chave para transformar a relação entre as pessoas em uma interação ubíqua. Outras informações são consideradas pelo modelo, além da localização física e das preferências pessoais, tais como informações temporais, contexto social, contexto histórico e condições ambientais.

No modelo, o local físico onde ocorre interação da rede social espontânea criada naquele momento é denominado célula. São previstos dois tipos de células: públicas e privadas. A diferença entre elas é que células públicas permitem uma interação total entre as pessoas. Já células privadas realizam intermediação entre as pessoas. O Mingle procura responder 4 tipos de perguntas (ZAUPA et al., 2009):

- Quem está aqui?
- Como chego até eles?
- Que serviços são oferecidos neste local?
- Que evento de meu interesse existe aqui?

Cada pessoa constrói o seu perfil definindo serviços e conteúdos que são oferecidos. Além disso, também informa as preferências e interesses. Tais informações são armazenadas em uma ontologia que é empregada tanto para a criação de uma base de conhecimento das pessoas e das células quanto para a inferência de informações que facilitem a interação entre essas pessoas. O Mingle foi projetado com uma ontologia para armazenar as informações da rede social. A Figura 7 apresenta a ontologia do Mingle. Nesta ontologia estão representadas as principais entidades relacionadas com o modelo (ZAUPA et al., 2009). A classe *person* representa os usuários do Mingle que estão conectados em uma célula. Além disso cada pessoa tem associada o seu histórico representado pela classe *History*, suas especialidades classe *Expertise*, sua localização classe *Location* e o seu dispositivo classe *Device*. Duas classes representam o dispositivo *sw-description* e *hw-description*. Essas informações sobre o dispositivo são importantes para a sensibilidade ao contexto e também para adaptação dos conteúdos e serviços ao dispositivo que o usuário tem disponível. As células são representadas pela classe *Cell*. Esta célula também disponibiliza serviços classe *Service* e conteúdos classe *Content*. Por fim o uso de um conteúdo pode envolver uma transação financeira classe *Transaction* e incluir pagamentos classe *Payment*.

Figura 7: Ontologia do modelo Mingle.

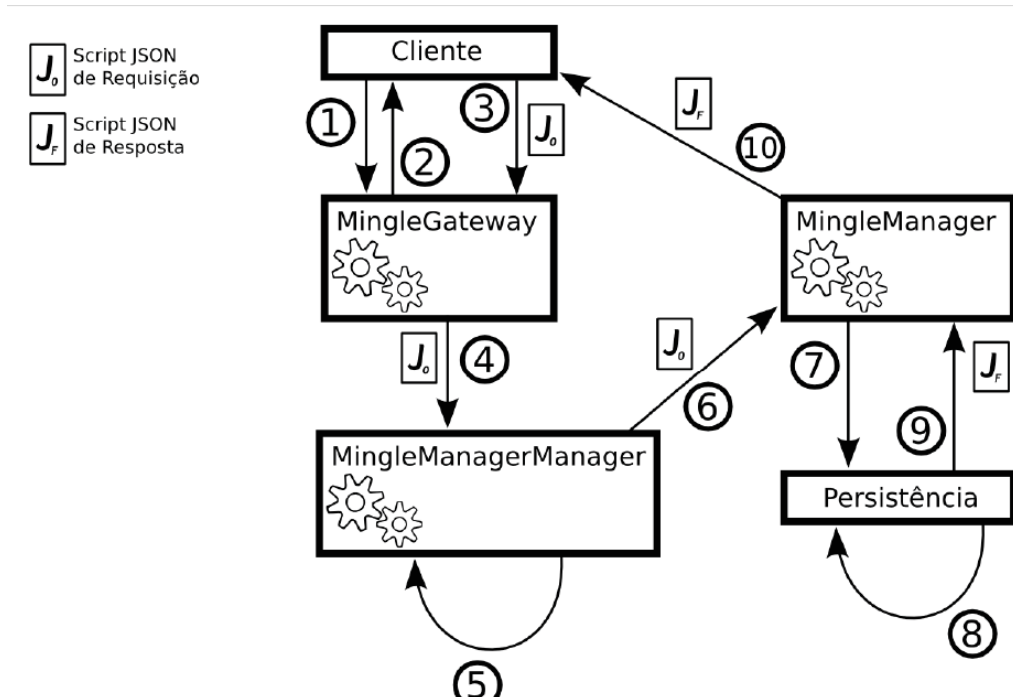


Fonte: Retirado de (ZAUPA et al., 2009).

A Figura 8 apresenta a arquitetura do modelo Mingle. Primeiramente o cliente se conecta ao servidor e envia um script contendo um conjunto de operações tipicamente de

escrita e ou consulta a base de dados. O servidor instancia um manager, que foi escolhido pelo conjunto de dados sendo acessado para processar este script. Ao final, caso tenha havido uma consulta o manager retorna um novo script, que contém dos dados solicitados pelo cliente.

Figura 8: Arquitetura modelo Mingle.



Fonte: Retirado de (ZAUPA et al., 2009).

3.2 Stinger Robot

Outro projeto relacionado com SIoT é o Stinger Robot (TURCU, 2012). O modelo utiliza o conceito de robôs cognitivos, sistemas de robôs autômatos e inteligentes que são capazes de realizar tarefas do mundo real sem qualquer controle externo. Esses robôs são também capazes de tomar decisões e selecionar ações em ambientes dinâmicos.

Recentemente graças ao desenvolvimento nas técnicas de identificação de rádio frequência (RFID) e tecnologia de identificação relacionada, redes de sensores a Internet evolui de uma rede que conecta informações digitais para um novo conceito em que entidades físicas são ligadas utilizando a Internet para isto (TURCU, 2012). Este conceito é chamado IoT onde pesquisadores consideram que o futuro da tecnologia e informática será uma IoT com dispositivos autoconfiguráveis e serão conectados a bilhões de outros dispositivos e ativados através de entidades inteligentes que se consultam e criam serviços entre si.

Experimentos, como a simulação de comportamentos em robôs móveis são baseados na pesquisa de (BRAITENBERG et al., 1984). Esta pesquisa demonstrou que robôs podem simular alguns comportamentos humanos como medo, agressividade ou amor. O foco da pesquisa deu-se em fazer os robôs entenderem e captarem o seu ambiente de atuação e fazê-los reagir a estímulos desse ambiente tal como a luz.

Muitos estudos teóricos e implementações de padrões de comportamento foram criados como base nas ideias de (BRAITENBERG et al., 1984), utilizando vários kits robóticos. Atualmente vários robôs cognitivos participam ativamente das seguintes áreas de pesquisa:

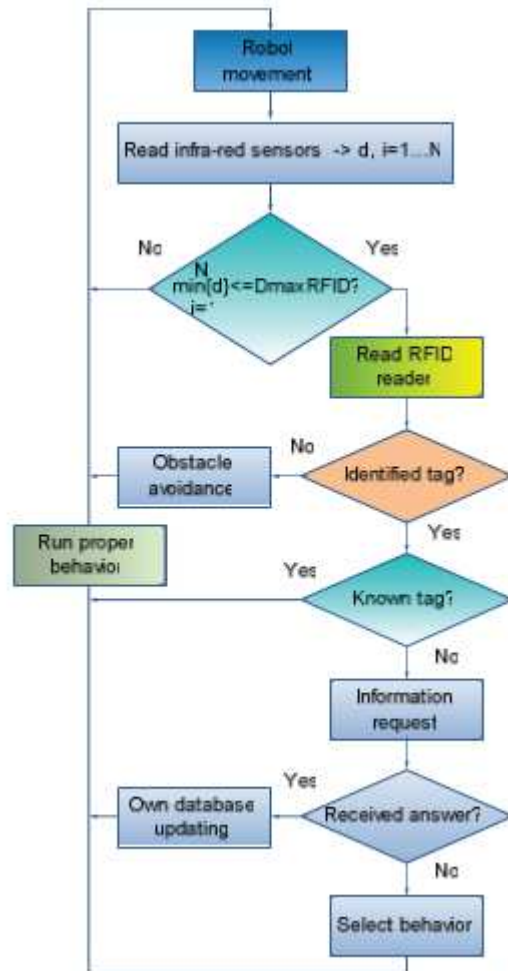
- Estudar e modelar os modos humanos de aumento da percepção da complexidade, de aprendizagem e de interação com o ambiente;
- Concepção e implementação de sistemas artificiais que podem atuar de forma independente, aprender, perceber e se comportam como sistemas vivos;
- Estudar e projetar interfaces homem-robô, usando vários métodos, tais como tele operação, linguagem natural e gestos e interface direta com o sistema nervoso.

Esta capacidade de interação é uma característica chave da inteligência humana e consequentemente essencial para robôs cognitivos. Atualmente existem várias zonas europeias e também internacionais de pesquisa em relação à simulação de comportamentos de robôs inteligentes em vários campos de atividades.

A proposta do Stinger Robot é utilizar um robô com tecnologia RFID que execute a identificação das demais entidades na vizinhança RFID sem a intervenção humana. Dependendo da entidade identificada o robô apresenta certo tipo de comportamento. Se o robô não reconhece a entidade RFID ele envia uma mensagem para os outros parceiros IoT (usuários humanos, outros robôs, dispositivos embarcados, etc.). Se a resposta não for recebida dentro de um determinado período de tempo, o robô toma a sua própria decisão de acordo com o algoritmo implementado, manifestando assim o comportamento de livre arbítrio. As entidades não marcadas são classificadas como obstáculos e consequentemente evitadas pelo robô. Evitar obstáculos também pode ser realizado através de um determinado tipo de comportamento (por exemplo, rejeição).

O uso de um site como o twitter foi considerado para este modelo. Assim entidades registradas (visto como coisas dentro do IoT) são capazes de construir comunidades online. Desta forma um robô sendo incorporado a uma rede social, possíveis conhecimentos entre robô e coisas IoT podem ser exploradas como informações compartilhadas entre parceiros mútuos. Um exemplo disto seria a comunicação de diferentes entidades robóticas ou entre robôs e humanos e interações de longa distância. Assim uma entidade robótica pode fazer um paradeiro conhecido compartilhando informações sobre outras entidades conhecidas ou desconhecidas que ele encontra dentro de um mesmo espaço específico. Através de um site pessoal uma interface fácil de utilizar e bem intuitiva permite a interação homem robô de longa distância mais natural. A Figura 9 mostra a implementação do algoritmo do Stinger Robot. O robô possui a opção de evitar obstáculos, informando ao usuário quando encontrar uma entidade desconhecida e tomando a sua própria decisão em caso de não receber a resposta em um período de tempo predeterminado sobre a relação com esta entidade encontrada. O robô ainda atualiza o seu status dentro da rede social, caso haja uma conexão com a Internet. Desta forma outra entidade (humano ou robô) interessada nas atividades do robô pode verificar qual tarefa o robô realizou.

Figura 9: Implementação do algoritmo do Stinger Robot.



Fonte: Retirado de (TURCU, 2012).

3.3 NFCSC

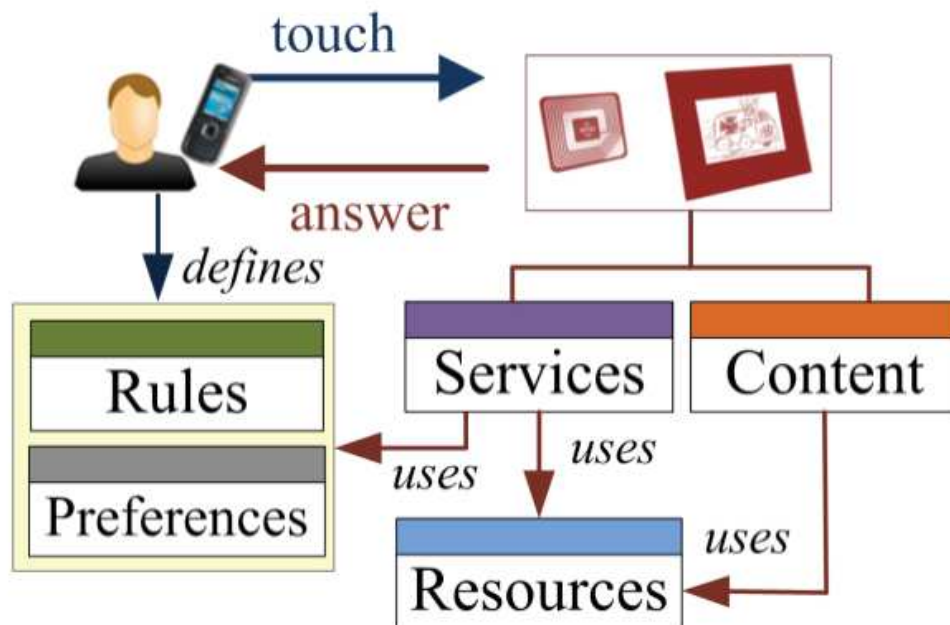
NFCSC (GARRIDO et al., 2010) é um projeto escrito em Java que utiliza o conceito de SIoT para etiquetas NFC passivas. O middleware tem como objetivo oferecer todas as funcionalidades bem como a definição dos cenários para a comunicação dos objetos por etiquetas passivas. NFCSC permite a execução em paralelo de diversos cenários e projetos. Para cada projeto um conjunto de identificação são definidos bem como os objetos que compõem o cenário, os serviços associados aos objetos, as preferências gerais, as iterações com os usuários e os recursos utilizados nele.

A interação com os objetos de um cenário pode ser mais ou menos complexo em relação a alguns parâmetros como tipo de sensor, se ele é ativo (possui seu próprio poder autônomo) ou passivo, ou referente às próprias informações relacionadas com o objeto. Os objetos ativos possuem alguma capacidade de processamento, por iniciativa própria, ou porque eles estão conectados diretamente a qualquer sistema com esta capacidade (um leitor ligado a uma rede com um servidor central). Os cenários com este tipo de objetos podem ser facilmente personalizados com a inteligência do processo de contar com um servidor em segundo plano que armazena informações sobre o cenário, usuários, dispositivos etc. Já um

cenário com objetos passivos simplesmente armazenam informações que possam ser lidas pelo dispositivo do usuário, por meio de um software adequado que irá guiar as interações iniciando as ações necessárias.

NFCSC permite a definição do cenário, as regras e as preferências de interação do utilizador, ele também tem a capacidade de gravar tanto as tags associadas aos objetos do cenário como de gerar o conteúdo necessário para a boa execução do middleware. Embora a ferramenta ainda esteja em fase de testes, já é permitido estabelecer a hierarquia das funcionalidades associada a cada objeto e definir todas as restrições e preferências. Cada cenário nesta ferramenta é descrito por um documento XML. A Figura 10 apresenta a ferramenta NFCSC na etapa de configuração de cenário. Nesta figura objetos passivos são configurados para interagirem com outros objetos em um mesmo cenário sendo mediado por um middleware (software adequado instalado em um dispositivo que irá guiar as interações entre os objetos passivos) presente em um objeto inteligente. O objetivo aqui é aumentar as possibilidades de comunicação de objetos por etiquetas passivas permitindo o compartilhamento de conteúdo e serviços presentes nestas etiquetas. Com isto um cenário, aqui identificado como objetos presentes em um mesmo local, pode usar um middleware presente em um dispositivo inteligente para realizarem esta comunicação estabelecendo prioridades de serviços e conteúdos entre estes objetos. O projeto NFCSC permite inicialmente configurar os cenários de uso identificando cada objeto passivo e estabelecendo o grau de serviços e conteúdos que eles irão compartilhar.

Figura 10: Ferramenta NFCSC.



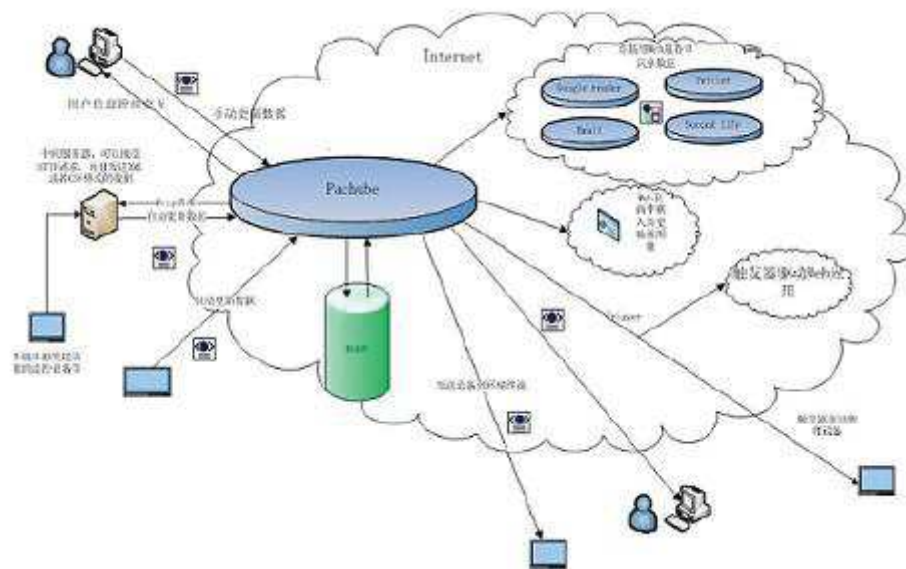
Fonte: Retirado de (GARRIDO et al., 2010).

3.4 Pachube Arquiteture

Outro projeto relacionado com SIoT é o projeto de arquitetura Pachube. Este projeto é um middleware projetado para o propósito de servir como uma plataforma padrão para intermediar toda a comunicação entre o grande número de objetos existentes em SIoT. O middleware fica executando seus serviços em segundo plano no servidor e capturando dados dos sensores. Assim quando um dado de um sensor detecta a presença de um identificador cadastrado em seu banco de dados associado a um objeto inteligente é então verificado pelo middleware se este dado (data point) pertence a um objeto cadastrado ou não na base do middleware para se iniciar uma comunicação (GIRAU et al., 2013).

Utilizando a arquitetura REST, este middleware prove comunicações entre os objetos da seguinte maneira. A arquitetura REST oferece os métodos (POST, GET, PUT, DELETE) para manipular os recursos. Quando o método GET é chamado é possível obter a informação completa do que se está querendo de um campo específico. Os tipos gerais são XML e JSON. O método POST é utilizado para registrar informações para o servidor, enquanto o método PUT pode Exchange os dados do banco de dados. O método DELETE é usado para deletar informações. O modelo Pachube utiliza estes métodos para autorização dos clientes IoT. O objetivo do projeto e interoperabilizar o grande número de comunicações existentes provindas de objetos inteligentes na SIoT. A Figura 11 apresenta o modelo de comunicação do objeto PACHUBE.

Figura 11: Modelo do projeto de arquitetura Pachube.



Fonte: Retirado de (GIRAU et al., 2013).

3.5 THINKER As Demo

Outro projeto que possui o mesmo propósito da arquitetura Pachube e o projeto THINKER As Demo. De forma semelhante ao projeto Pachube este projeto prevê um middleware de comunicação entre os diferentes objetos inteligentes existentes em SIoT.

THINKER As Demo faz uso da arquitetura REST e utiliza desta arquitetura para fornecer a comunicação entre os diferentes tipos de objetos inteligentes presentes em SIoT. O modelo prevê a comunicação da seguinte maneira. Quando dois objetos estão em condições de visibilidade um do outro, eles atualizam seus dados e enviam para o servidor que recebe estes dados via REST e verifica se os identificadores destes objetos pertencem a algum objeto cadastrado em sua base de dados. Caso os identificadores pertençam a um objeto cadastrado, o servidor atualiza os dados de localização e verifica as permissões de relacionamento entre eles e estabelece a comunicação. Caso não pertençam a algum objeto cadastrado o relacionamento entre eles é descartado.

Este projeto surgiu com um dos primeiros modelos de arquitetura do SIoT, inserindo a ideia de uma plataforma padrão para a intensa comunicação entre os objetos inteligentes existentes. A Figura 12 apresenta o modelo do projeto Thinker As Demo em sua fase de aplicação apresentando serviços de contexto como localização e sua parte de configuração dos canais de sensores.

Figura 12: Modelo thinker as Demo

Fonte: Retirado de (GIRAU et al., 2013).

3.6 Análise Comparativa

Os modelos relacionados foram resumidos e comparados na Tabela 2. As características foram extraídas a partir dos modelos apresentados e auxiliam no entendimento geral das questões conceituais e técnicas de cada proposta. Algumas destas características já foram discutidas nas seções anteriores. O ponto de relacionamento entre os trabalhos é a ideia de uma rede social específica para objetos inteligentes, dentre os quais os modelos Pachube (GIRAU et al., 2013), Thinker As Demo (GIRAU et al., 2013), NFCSC (GARRIDO et al., 2010) e Stinger Robot (TURCU, 2012) proporcionam uma ideia com base bem concreta neste relacionamento. Os modelos Pachube e Thinker As Demo trabalham no sentido da criação de uma arquitetura que suportará a comunicação entre os bilhões de objetos inteligentes existentes no mundo. O modelo destas propostas será utilizado como base para estabelecer o relacionamento entre os objetos deste modelo. A comunicação entre os clientes SIoT aqui

proposto será elaborado seguindo o padrão geral para a comunicação dos objetos expostos nestes dois modelos. O modelo Mingle (ZAUPA et al., 2014) apresenta uma proposta um pouco diferente dos demais modelos estudados. Neste modelo o objetivo é a criação de uma rede social espontânea baseada em afinidades e utilizando os serviços de localização. Entretanto a ideia deste modelo poderá servir como base importante para o modelo desta proposta pela sua metodologia de aplicação que é em um campus universitário.

Tabela 2. Análise comparativa dos modelos relacionados.

Tipo de Contexto	Localização	✓	✓	✓	✓	✓
	Perfil do objeto	✓	✓	✓	✓	✓
	Tipo de comunicação	WiFi / 3G	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi	Sensores/WiFi
Modos de armazenamento		Banco de dados	Ontologia	Banco de dados	Banco de dados	Banco de dados
Tipo de aprendizagem		X	Estática definida por parâmetros	Dinâmica	Dinâmica	Dinâmica
Integra Redes Sociais		✓	✓	✓	✓	✓
Integração dados		JSON	XML	JSON		JSON
Tipo de relacionamento SIoT		X	POR / CLOR /SOR	POR / CLOR /SOR/OOR	POR / CLOR /SOR	POR / CLOR /SOR/OOR

Legenda: POR (Relacionamento baseado em parentesco de objeto), CLOR(Relacionamento baseado na Localização do objeto), OOR(Relacionamento baseado em controle do proprietário dos objetos) SOR(Relacionamento baseado em relação social dos objetos), v – Indica que o modelo possui a característica relacionada, X -- Indica que o modelo não possui a característica relacionada.

Dentre as técnicas observadas estão o uso de serviços de contexto como localização que identifica se os objetos dos modelos estudados utilizam serviços de geolocalização para estabelecerem uma SIoT, tipo de comunicação que diz respeito a qual tecnologia foi identificada para comunicação dos objetos inteligentes dos modelos para criarem a SIoT, e perfil dos objetos que são regras definidas nos objetos inteligentes sobre preferências de seus proprietários. Estas regras servirão como padrão para estabelecer um relacionamento SIoT baseado em afinidades. Outras técnicas que foram observadas dizem respeito ao modo de armazenamento das informações do servidor que controla os relacionamentos, podendo destacar dois tipos (banco de dados ou ontologia). Um ponto importante identificado diz respeito ao tipo de comunicação SIoT destacando nesta etapa o tipo de relacionamento ocorrido entre os objetos. Conforme já explicado nas seções anteriores os objetos inteligentes

podem estabelecer relacionamentos baseados em critérios como localização (objetos que compartilham o mesmo local geográfico), pertencentes ao mesmo dono (objetos pertencentes ao mesmo proprietário), relação de trabalho (objetos que compartilham o mesmo tipo de atividade de trabalho), fabricação (objetos que foram fabricados no mesmo período). A base de dados utilizada para armazenar a grande quantidade de dados presente nesta comunicação será através de um banco de dados e também poderá utilizar de uma ontologia para descrever melhor o funcionamento e a ideia de aplicação do relacionamento desta proposta.

Estes trabalhos contribuem nas decisões de projeto do modelo desta proposta definido no Capítulo 4. Os serviços propostos neste trabalho podem tirar proveito dos serviços de contexto, modos de armazenamento de informações, integração de dados e também do tipo de relacionamento SIoT que foram estratégias adotadas pelos que as utilizam para promover a distribuição do processamento. Com base nos trabalhos relacionados o modelo SIoT Campus busca uma nova forma de interação entre os membros que compõem a comunidade acadêmica usando eventos (informações diversas que envolvam o meio universitário) para estabelecer esta interação.

4 MODELO PROPOSTO

O modelo visa oferecer o compartilhamento de serviços e recursos através da comunicação direta dos objetos inteligentes. Para isto, um modelo de comunicação entre objetos inteligentes está sendo pensado, seguindo o padrão da arquitetura estabelecida para SIoT (GIRAU et al., 2013) mas levando-se em consideração serviços úteis para a comunidade de um campus universitário. O objetivo é interligar objetos inteligentes que possuam características comuns, compartilham o mesmo local geográfico, mais de um objeto inteligente de um mesmo proprietário e que estabeleçam as mesmas relações de trabalho. A partir destas características o modelo deve estabelecer regras de relacionamento em que se possam agregar novos serviços a serem disponibilizados para a comunidade universitária.

Dentre os modelos estudados, o modelo Mingle (ZAUPA et al., 2014) propõe a criação de uma rede social espontânea específica para um campus universitário. Neste modelo pessoas que possuem a mesma localização geográfica e que possuem interesses em comum passam a fazer parte de uma rede social espontânea criada exatamente naquele local e com as pessoas ali presentes. O modelo aqui apresentado pode fazer uso de algumas características também existentes no modelo Mingle, mas o objetivo aqui é a oferta de serviços agregados a um campus universitário para a comunidade universitária. Tais serviços poderão ser compartilhados pelos objetos inteligentes funcionando como uma nova oferta de conteúdos para o âmbito universitário. A comunicação entre os objetos para este modelo irá se realizar utilizando a tecnologia NFC e como fruto desta comunicação alguns serviços que podem ser compartilhados são:

- Descontos em restaurantes universitários: neste exemplo, componentes da comunidade universitária poderão usar objetos inteligentes para receberem descontos em restaurantes da universidade. Para que isto ocorra, basta aproximar o dispositivo a algum sensor NFC ou mesmo a algum outro dispositivo com NFC (comunicação através da emulação de cartão) e através da interação NFC entre dispositivo e leitor irá ter a resposta se o proprietário do dispositivo pertence à comunidade universitária recebendo já o seu devido desconto em caso de esta confirmação for positiva;
- Troca de informações: quando dois ou mais dispositivos se encontram em condições de visibilidade eles podem iniciar uma interação que será mediada por um servidor. Como vantagens desta comunicação os objetos podem trocar informações úteis com base nas regras de definição de seus proprietários. Como exemplo a esta afirmação se um estudante faltou a uma determinada aula e não possui a matéria específica daquela data, seu objeto inteligente ao estar em condições de visibilidade com outro que possua esta informação pode habilitar a troca de materiais pertinentes à disciplina.
- Informações sobre eventos: pode-se utilizar um objeto inteligente para receber informações sobre eventos da universidade de seu interesse. Para isto basta aproximar o objeto em um local específico e informações sobre eventos para aquela localização serão enviadas para a tela do dispositivo;
- Registro de presença: professores podem registrar o diário de classe utilizando o cartão da universidade para isto e utilizando um celular com a tecnologia NFC presente para atuar como leitor NFC. Assim o aluno registra a presença

na aula aproximando o seu cartão inteligente da universidade ao celular do professor ou a um celular específico para esta finalidade.

- Acesso à localização de professores: pode habilitar a localização de professores no campus da universidade. Desta forma, quando um professor acessa o estacionamento da universidade ele pode escolher por mostrar a sua localização ou não, com o propósito de visualizar o ponto específico do campus onde o professor se encontra.

Com isto recursos dos objetos inteligentes, podem ser compartilhados entre professores, alunos, colegas e funcionários através destes relacionamentos. A opção pelo uso da tecnologia NFC justificada na seção 2 deste documento, apresenta alguns fatores que podem limitar o relacionamento entre os objetos inteligentes neste modelo. Por conta de este modelo utilizar esta tecnologia, os relacionamentos entre os dispositivos ocorrem de forma intencional, ou seja, precisam da iniciativa do proprietário do dispositivo para realizar esta interação. Este fator ocorre por conta da limitação da própria tecnologia NFC que exige uma proximidade de 10 mm para realizar a operação.

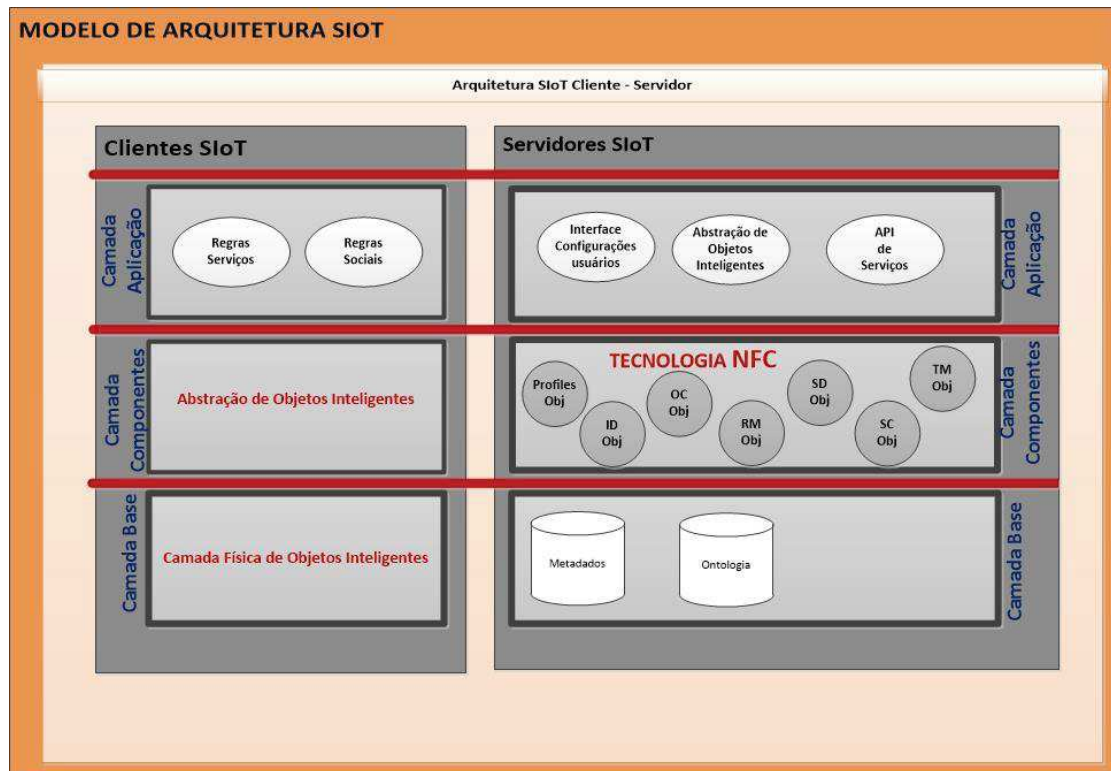
Assim este modelo possui a promessa de criar uma SIoT exclusiva para a comunidade universitária objetivando agregar vantagens para estabelecer uma nova socialização entre os integrantes universitários através do relacionamento de seus objetos inteligentes. Assim esses objetos quando forem detectados através de sensores, passam a procurar por novos serviços, descoberta de novos conteúdos através da interação com outros objetos e alertam seus proprietários sobre possíveis novidades através de eventos.

4.1 Arquitetura

O modelo desta proposta leva em consideração o contexto na qual os objetos inteligentes estão inseridos como localização, tempo, características dos dispositivos inteligentes e também o perfil dos integrantes da comunidade universitária. Para este modelo foi considerado a arquitetura padrão de SIoT conforme determinado por (ATZORI et al., 2014). Os autores consideraram que objetos inteligentes possuem condições de estabelecerem relações sociais entre si de forma semelhante como os seres humanos fazem em redes sociais. Com isso, os relacionamentos entre os objetos ocorrem de forma espontânea sem a intervenção de seus proprietários, sendo estabelecidos levando-se em consideração regras de configuração baseadas nas preferências de seus proprietários. Fica assim a cargo do usuário definir quais serviços seu objeto inteligente poderá compartilhar em um relacionamento. A arquitetura do modelo foi criada com o propósito de prover uma estrutura de software e serviços para o ambiente de um campus universitário em que a comunicação entre os membros da comunidade universitária pudesse ser facilitada através do relacionamento de seus dispositivos inteligentes. O modelo utiliza uma arquitetura baseada na abordagem cliente/servidor, onde os módulos gerais da arquitetura são apresentados inicialmente e os detalhes da composição destes módulos são apresentados na sequência. Optou-se por esta arquitetura, pois se imagina que o servidor possa ser oferecido como um serviço em uma nuvem computacional (NIST, 2009). A Figura 13 apresenta a arquitetura geral do modelo.

O modelo da arquitetura apresenta dois lados do relacionamento SIoT, o lado cliente e o lado servidor. O lado servidor possui três camadas e é responsável pelo gerenciamento, controle, inclusão e exclusão dos possíveis relacionamentos entre os objetos inteligentes do campus da universidade. O servidor deste modelo foi projetado segundo o modelo padrão de

Figura 13: Arquitetura do modelo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

SIoT possui três camadas: a camada base, a camada componente e a camada aplicação. A camada base possui o banco de dados e uma ontologia necessária para registro dos dados dos objetos inteligentes em um relacionamento. Cada objeto cadastrado no servidor possui uma chave de identificação e é através desta chave que o servidor identifica os objetos em um relacionamento. A camada componente no servidor é composta por alguns módulos que gerenciam a parte principal dos relacionamentos entre os objetos inteligentes. A escolha por esta tecnologia foi feita levando em consideração alguns casos de uso de sucesso como, por exemplo, o uso em pagamentos de tickets eletrônicos em transportes públicos (DUNANT, 2013) e também por ser uma tecnologia segura e confiável presente em muitos outros casos de uso. A arquitetura do modelo SIoTCampus, foi planejada com base na arquitetura geral de SIoT e utiliza os seguintes módulos desta arquitetura RM Obj, Profiles Objs e ID Ob e OC obj. Conforme (GIRAU et al., 2013), os módulos que estipulam o relacionamento entre os objetos inteligentes da SIoT são:

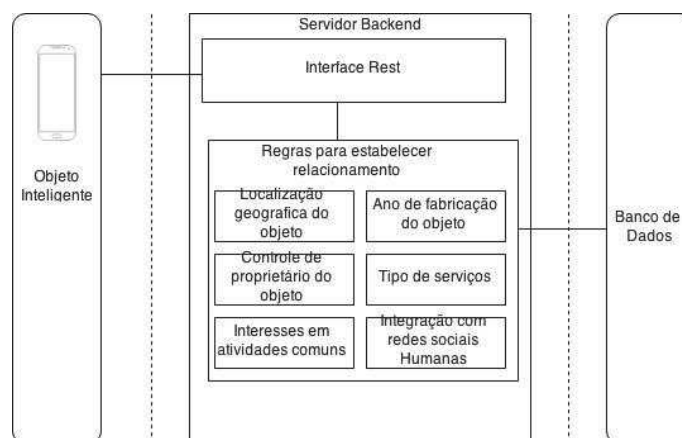
- Profiles Obj: informações estáticas e dinâmicas dos objetos devem ser organizadas em classes com base nas principais características dos objetos inteligentes. Neste módulo de configuração são estabelecidas as regras para a comunicação entre os objetos inteligentes;
- ID Obj: consiste em atribuir uma chave única que irá identificar universalmente cada objeto. Cada objeto inteligente possui uma chave única que o identifica na base de dados do servidor, sendo que desta forma o servidor possui condições de associar as regras de profiles de cada objeto a sua chave nas comunicações dos objetos;

- OC Obj: trata-se de políticas de segurança definidas pelos proprietários para descartar qualquer operação que o objeto executa sem o seu consentimento;
- RM Obj: módulo responsável por permitir aos objetos iniciar, atualizar e terminar os relacionamentos. As relações de aceitar amizades são baseadas em configurações definidas pelos seres humanos. Neste módulo quando dois objetos inteligentes se encontram em condições de visibilidade, eles enviam sua chave de identificação ao servidor e aguardam liberação do servidor para iniciarem um relacionamento de amizade em SIoT.
- SD Obj: assim como os seres humanos procuram por novas amizades em suas redes sociais, este módulo é responsável por procurar padrões para que os objetos inteligentes possam fornecer serviços necessários entre si;
- SC Obj: responsável por habilitar as interações entre os objetos. A descoberta de serviços explora o relacionamento de objetos para encontrar o serviço desejado que seja então ativado para este componente. É de responsabilidade deste componente também incluir a propriedade de gerenciamento das informações de grupo de objetos para processar as informações obtidas de diferentes objetos e obter a resposta mais confiável para uma consulta;
- TM Obj: trata sobre como a informação fornecida por outros membros de objetos inteligentes deve ser processada. Aqui as características de confiabilidade e controle sobre a base do comportamento do objeto são tratadas e este módulo está estritamente ligado ao módulo RM Obj.

4.2 Servidor SIoTCampus

No modelo SIoTCampus, a camada de aplicação do servidor é responsável por identificar e estabelecer relacionamentos entre os objetos inteligentes, utilizando para isto alguns módulos específicos para gerar o tipo de relacionamento apropriado entre os objetos inteligentes. A Figura 14 mostra os módulos presentes na camada servidora.

Figura 14: Camada servidora do modelo proposto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme demonstrado na figura acima, a tecnologia escolhida para a comunicação entre o cliente e o servidor SIoT no modelo SIoTCampus foi a interface Rest. Dentre os

fatores que contribuíram para a utilização desta tecnologia no modelo está a sua facilidade de instalação e manutenção e sua simplicidade de uso. Toda a comunicação entre os objetos inteligentes é mediada pelo servidor SIIoTCampus neste modelo. Desta forma, algumas das funções do servidor neste modelo é o tempo de duração de um relacionamento, tipo de conteúdo compartilhado entre os objetos inteligentes, os eventos técnicos que envolvem cada um dos dispositivos durante um relacionamento como controle de identificadores de objeto, eventos disparados por cada objeto, localização geográfica do relacionamento, tipo de regras de relacionamento envolvidas entre outros, controle de acesso a conteúdo, entre outros.

Um objeto inteligente quando está em condições de visibilidade (ou seja, sente a presença de outro objeto através de um sensor nfc), procura estabelecer um relacionamento enviando ao servidor via interface Rest seus dados como seu endereço físico para identificação e também solicita ao servidor permissões para acessar conteúdos e serviços disponíveis de outro objeto inteligente. O servidor ao receber os dados dos dispositivos que desejam ser relacionar, verifica em um primeiro momento se estes estão cadastrados em sua base de dados e caso estejam, busca as permissões de cada dispositivo para permitir este relacionamento. Os módulos presentes na camada servidora da SIIoT do modelo desta proposta são:

- Localização geográfica do objeto: a regra estabelecida no servidor para criar este tipo de relacionamento é pelo fato de dois ou mais dispositivos se encontrarem presentes em um mesmo local físico, mantendo a mesma localização;
- Controle de proprietário do objeto: neste caso os objetos para relacionarem-se devem pertencer ao mesmo proprietário. Logo, neste caso, se objetos possuem um mesmo dono eles podem relacionar-se entre si;
- Interesse em atividades comuns: explora as atividades comuns que são executadas por proprietários de objetos inteligentes diferentes. Assim neste tipo de relacionamento o servidor analisa o tipo de atividade que é executada por um proprietário de um objeto e verifica a frequência desta mesma atividade em outros dispositivos que desejam criar um relacionamento;
- Tipo de serviços: o servidor verifica quais os serviços que um dispositivo oferece e a partir desta oferta analisa quais outros dispositivos podem possuir um eventual interesse neste serviço;
- Integração com redes sociais humanas: nesta regra o servidor busca por regras de interesses em contas cadastradas em sites de relacionamento social dos proprietários de objetos inteligentes. Desta forma, as amizades pertencentes nestas redes sociais dos proprietários de objetos inteligentes podem também serem estendidas entre seus dispositivos.

A abordagem da arquitetura escolhida para este modelo foi a cliente/servidor. Assim nesta abordagem o servidor fica responsável por toda a interação do relacionamento entre os objetos, controlando etapas neste relacionamento como segurança envolvida, tipo de relacionamento apropriado, compartilhamento de eventos, rastreabilidade dos objetos envolvidos, etc. O outro papel no relacionamento do modelo SIIoTCampus é o do cliente. O cliente neste modelo pode ser representado por um smartphone com tecnologia NFC, um cartão universitário com um chip interno que possui suporte a esta tecnologia, objetos comuns

do cotidiano do campus universitário que recebem capacidade de interação através de etiquetas NFC. A camada cliente nesta arquitetura e os papéis por ela representada no modelo SIoTcampus podem ser verificados na próxima seção.

4.3 Clientes para Dispositivos Móveis

O módulo cliente no SIoTcampus, possui funcionalidades voltadas mais a uma interface amigável (de simples utilização) para os proprietários dos dispositivos inteligentes. Este módulo interage com o proprietário do dispositivo através de um aplicativo móvel desenvolvido exclusivamente para esta função. Neste aplicativo são requeridas algumas configurações importantes para o funcionamento do modelo desta proposta, como configurações de interesses por determinadas questões, cadastro de eventos, visualização de eventos disponíveis publicados por outros usuários. Neste sentido, após o cadastro do perfil de um usuário no cliente SIoTcampus, quando um objeto inteligente deseja estabelecer relacionamentos com outro, ele envia inicialmente alguns dados ao servidor (seu código NFC, localização) que serão analisados e respondidos sobre a possibilidade de se estabelecer o relacionamento em questão.

O aplicativo cliente do modelo SIoTcampus, foi projetado para oferecer de forma simples opções para os usuários definirem seu perfil, optarem sobre quais as configurações disponíveis pelo modelo serão de interesse destes usuários e quais eventos estarão disponíveis para visualização. O emprego da tecnologia NFC em um aplicativo móvel Android neste cliente para fins de relacionamento com os demais objetos inteligentes e também para controle de acesso ao aplicativo, garante um ponto extra de segurança, pois esta mesma tecnologia é utilizada em outras aplicações comerciais com casos de uso de sucesso como transporte coletivo, pagamento eletrônicos, etc. Este aplicativo móvel, que compõe o lado cliente deste modelo, está estritamente relacionado a interação do dispositivo inteligente com o seu proprietário, porém o relacionamento entre os objetos inteligentes ocorre entre os dispositivos sem ser necessário o controle desta etapa por seus proprietários.

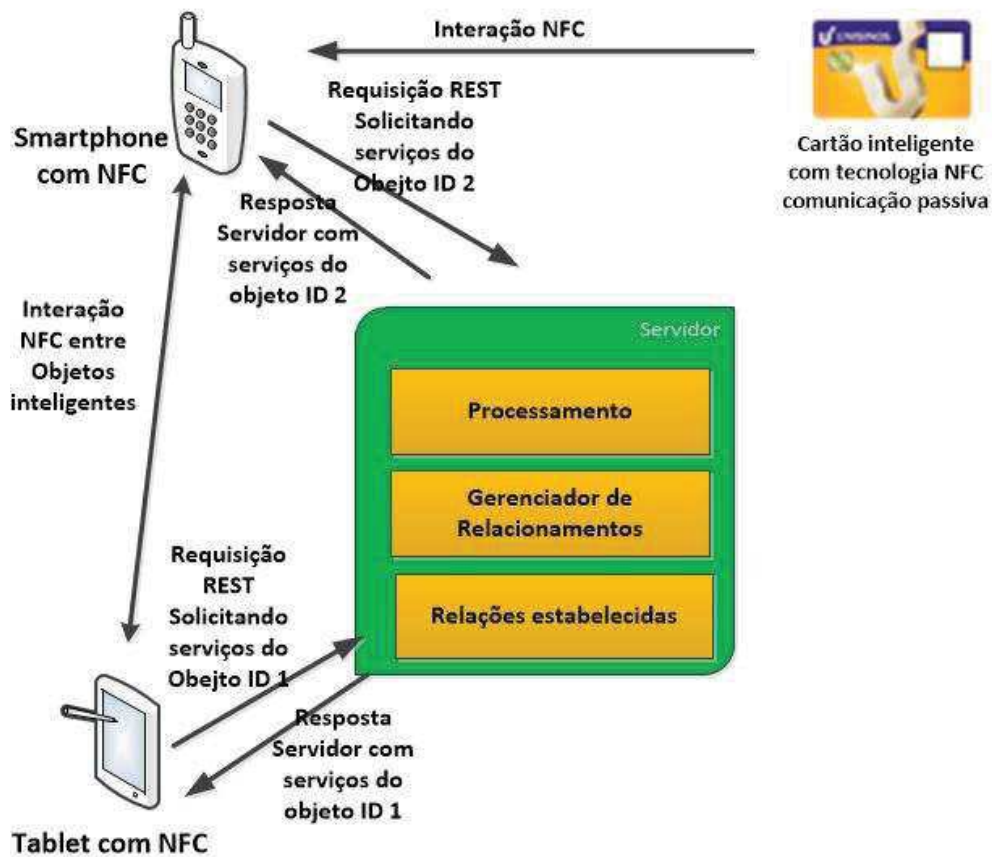
4.4 Interação entre os Objetos Inteligentes

O módulo RM obj do servidor SIoTcampus é ativado toda vez que um novo objeto é detectado através de sensores NFC presentes no campus universitário ou toda a vez que um objeto transmite informações ao servidor sobre a localização ou sobre chaves de outros objetos inteligentes que ele encontrou.

Quando dois objetos se encontram em condições de visibilidade (um objeto sente a presença do outro), ambos enviam determinadas informações ao servidor SIoTcampus. O servidor reconhece estas informações e consulta em sua base de dados estas informações como um potencial evento e verifica se as chaves de identificação dos objetos presentes nestas informações pertencem a um objeto inteligente já cadastrado. Após esta verificação, e caso o objeto conste na base de dados do servidor o módulo RM Obj é ativado e então o relacionamento é criado. A partir do consentimento do servidor para realizar a comunicação, os objetos podem comunicar-se entre si utilizando a tecnologia NFC. Os objetos então podem trocar serviços e conteúdos fazendo uso desta tecnologia, porém sempre respeitando os limites de acesso proposto pelo servidor deste modelo. Outra possibilidade é o uso de cartões

inteligentes como os cartões universitários. Neste exemplo, os cartões receberão dados do servidor que ficarão incluídos em seu chip. Neste tipo de comunicação passiva, quando um objeto inteligente passar próximo a um cartão inteligente ele irá ter acesso a seus conteúdos e serviços. Os dados presentes neste cartão serão atualizados por um servidor em segundo plano. Caso contrário o relacionamento é descartado pelo servidor. A Figura 15 apresenta um exemplo de funcionamento do módulo RM Obj do servidor SIoT do modelo proposto.

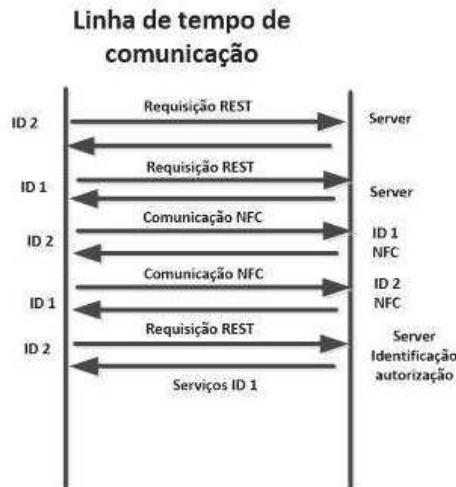
Figura 15: Módulo de relacionamento do modelo proposto
Relacionamento entre objetos inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma linha de comunicação entre os objetos inteligentes é apresentada na Figura 16. Nesta linha de comunicação é refletida a explicação apresentada anteriormente quando dois objetos inteligentes se encontram em condições de visibilidade.

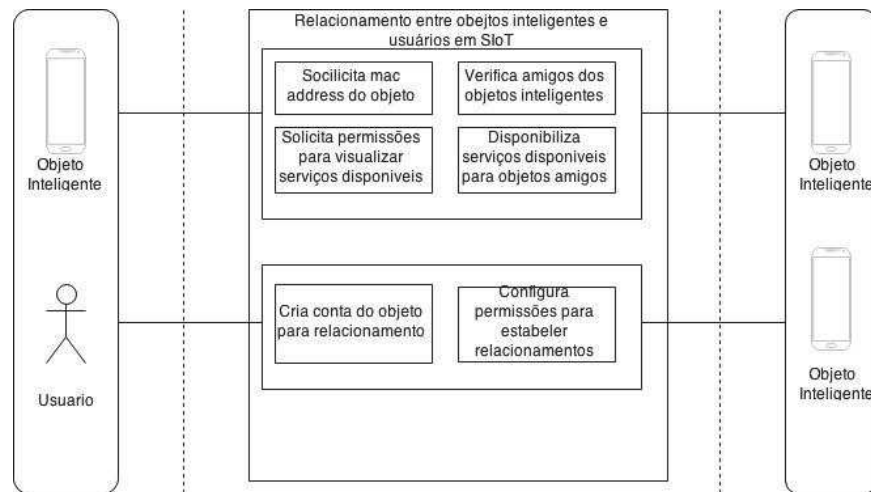
Figura 16: Linha do tempo da comunicação entre os objetos inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a implementação do servidor será utilizado a linguagem de programação Java Enterprise Edition. O serviço REST será utilizado para autenticação e processamento das requisições dos clientes SIoT com o servidor SIoT. A Figura 17 apresenta as funcionalidades permitidas em um relacionamento direto entre objetos inteligentes para o modelo desta proposta e também entre os proprietários e seus dispositivos.

Figura 17: Relacionamento entre objetos inteligentes e seus proprietários

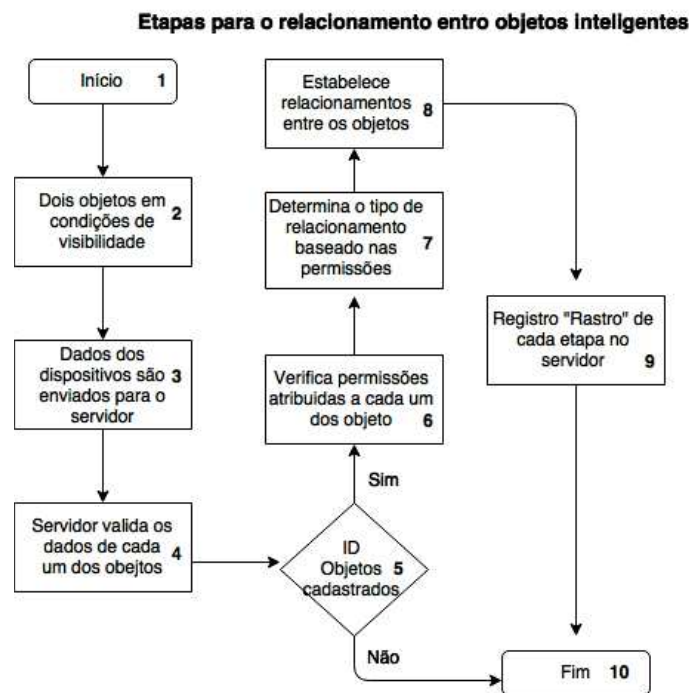


Fonte: Elaborado pelo autor.

Quando os objetos desejam estabelecer um relacionamento, ou seja, quando eles estão em condições de visibilidade, eles solicitam o endereço MAC (do inglês Media Access Control, controle de acesso de mídia) um do outro e também enviam o seu endereço para o servidor que irá analisar se estes dados pertencem a dispositivos cadastrados. Em resposta positiva do servidor, cada um dos objetos solicita permissão para acessar os serviços disponíveis armazenados nos dispositivos. Esta solicitação é importante para verificar se há armazenada em outro objeto inteligente algum serviço de seu interesse.

O objetivo desta funcionalidade é descobrir quais serviços presentes nos dispositivos possam ser de interesse para um possível compartilhamento entre eles. Baseada nas permissões de acesso cadastradas individualmente para cada objeto, somente serviços e conteúdos que estejam em acordo com estas permissões poderão ser ofertados no relacionamento. Outro relacionamento apresentado na Figura 17 diz respeito à comunicação entre proprietário e objeto inteligente. Neste relacionamento, através de um aplicativo instalado no cliente SIOTCampus, o proprietário do dispositivo realiza um cadastro liberando as devidas permissões de relacionamento para a comunicação no modelo e também informando suas preferências específicas sobre alguns assuntos disponibilizados nas categorias de interesses como localização, conteúdos acadêmicos e gastronomia, para quando for estabelecido um relacionamento. A partir destas configurações serão geradas regras e a partir destas regras serão efetuados de fato os relacionamentos entre os dispositivos. Essas regras utilizam uma junção de fatores como eventos publicados sobre as diversas categorias disponíveis no aplicativo, contextos suportados por cada um dos eventos publicados e as configurações do perfil cadastradas para cada usuário. Os passos de um relacionamento entre dispositivos inteligentes são demonstrados na Figura 18.

Figura 18: Etapas do relacionamento entre os objetos inteligentes



Fonte: Elaborado pelo autor.

O fluxograma apresentado na Figura 18 mostra os passos para estabelecimento de relacionamento entre os objetos inteligentes. Em um primeiro momento dois objetos se encontram através de sensores NFC (etapa 2). Após isto, eles enviam os seus dados (como o MAC Address) para o servidor e aguardam a resposta (etapa 3). O servidor recebe estes dados e analisa se correspondem os dados de objetos cadastrados em sua base de dados (etapa 4). Caso estejam cadastrados, o servidor verifica então as permissões atribuídas a cada um dos objetos para criar o relacionamento (etapa 6). Estas permissões referem-se a qual tipo de conteúdo os objetos possuem permissão de acesso, quais tipos de serviços eles podem

oferecer e compartilhar (etapa 7). Com base nestas informações, o servidor irá estabelecer qual é o tipo de relacionamento adequado para se criar (etapa 8).

O próximo passo é o registro de cada etapa do relacionamento no servidor (etapa 9). Cada etapa deste fluxograma é registrada no servidor em sua base de dados. Isto serve ao propósito de controle do relacionamento por parte do servidor e aqui nesta proposta é chamado de rastro de eventos. Caso os objetos envolvidos em um possível relacionamento não estejam cadastrados na base de dados do servidor, o relacionamento é então descartado (etapa 10).

Todos os relacionamentos criados pelo servidor para os dispositivos inteligentes são baseados em regras que foram geradas a partir de uma ontologia criada para o modelo SIoT Campus. Esta ontologia demonstra todo o processo do modelo SIoT Campus apresentando sua aplicação, seus possíveis contextos, eventos e regras possíveis disponíveis para este modelo.

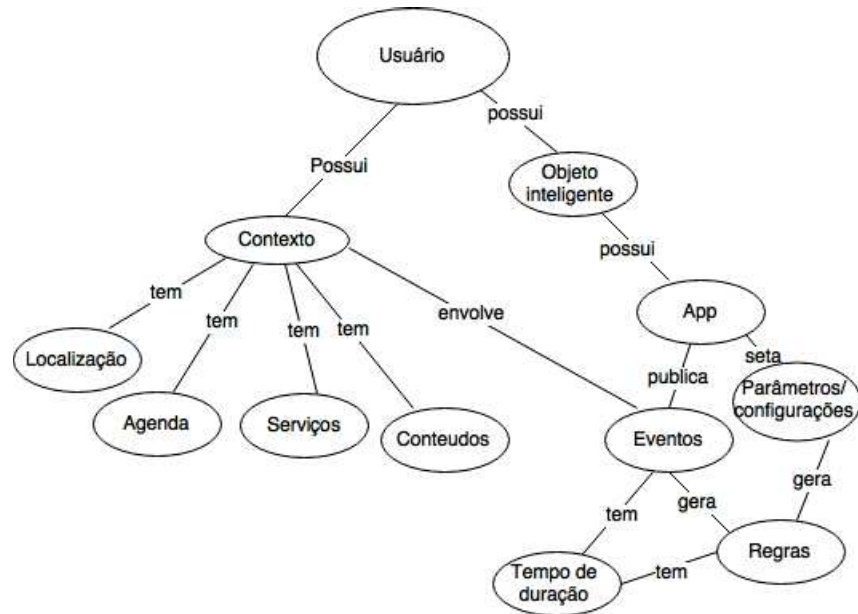
4.5 Ontologia Proposta

O termo ontologia na computação foi adotado pelas comunidades de Inteligência Artificial, para descrever ou representar áreas de conhecimento. A ontologia, de acordo com (GRUBER, 1993) e (HILERA et al., 2006), é uma especificação explícita de uma conceitualização, ou seja, uma representação de um domínio de conhecimento. O uso de ontologias traz vantagens como:

- i) compartilhamento de conhecimentos comuns da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software;
- ii) reutilização de conhecimento do domínio;
- iii) utilização para fazer as interferências sobre domínio;
- iv) auxílio na separação do conhecimento do domínio e dos conhecimentos operacionais;
- v) forma de análise do conhecimento acerca do domínio (NOY et al., 2001).

Para auxiliar a escolha dos tipos possíveis de relacionamento, de acordo com o perfil dos usuários da comunidade universitária, contextos e características dos objetos inteligentes, foi definida uma ontologia que tem como principal objetivo funcionar como ferramenta para escolha dos tipos de relacionamentos. A Figura 19 apresenta a ontologia do modelo SIoT Campus.

Figura 19: Ontologia do modelo SIoTCampus



Fonte: Elaborado pelo autor.

A ontologia do modelo SIoTCampus está dividida em quatro grupos. Esses grupos são compostos por informações contextuais que são necessárias para o relacionamento proposto no modelo. O grupo usuário presente nesta ontologia contém informações sobre o perfil do usuário representando professores, alunos e funcionários do meio acadêmico. Objeto inteligente contém as características dos dispositivos móveis. Contexto é composto por informações contextuais do usuário. Evento representa todas as publicações, compartilhamento de informações e conteúdos que envolvem o meio acadêmico.

4.6 Regras de Relacionamento

Conforme demonstrado na ontologia da Figura 19, um usuário do modelo SIoTCampus pode publicar um evento que conterá necessariamente uma sequência de fatores para ser publicado. Este evento será utilizado como parâmetro para gerar as regras de relacionamento entre os objetos inteligentes deste modelo. Assim, um usuário pode possuir um contexto, um dispositivo, e suas preferências. Essas propriedades auxiliam no tipo de relacionamento que o servidor do modelo irá se basear para criar relacionamentos específicos. Estes relacionamentos devem atender a um determinado contexto do usuário, a um determinado evento que pode ser visualizado em um objeto inteligente e que esteja de acordo com preferência de perfil que o usuário possa ter predeterminado para visualização destes eventos.

A Figura 20 apresenta um exemplo de como são elaboradas as regras SWRL (HORRIDGE, 2009) em um relacionamento entre os dispositivos inteligentes. Estas regras são geradas no momento do relacionamento e também levando em consideração as preferências configuradas no cadastro de perfil dos usuários.

Figura 20: Regras de relacionamento para objetos inteligentes

```
Student(?Aluno), hasActivity(?Aluno, ?Act), hasDevice(?Aluno, ?Device), hasPreference(?Aluno,
?PFR), hasEvent(?Aluno, ?Event), hasContext(?Aluno, ?CTX), hasRelationship(?Aluno, ?
Relationship), hasRelationship(?Device, ?Relationship), hasRules(?Relationship, ?Rules),
hasRulesoperation(?Rules, "And", "OR") CanSendPublication(?
Event, "True"^^string), CanSendContext(?Event, "True"^^string), DeviceNetConnection(?Device,
"WiFi"), DeviceType(?Device, "smatphone", "tablet", "card") --> chosenAluno(?Aluno),
ChosenActivyToStudent(?Aluno, ?Act)
```

Fonte: Elaborado pelo autor

A propriedade `hasActivity` informa o tipo de relacionamento pretendido quando um dispositivo de um integrante universitário busca por algum evento disponível. Neste momento a propriedade `hasPreference` busca as configurações de perfil dos usuários envolvidos e a propriedade `hasContext` utiliza o tipo de evento (localização, agenda, acadêmico, gastronomia) que este evento em questão está vinculado. A partir destas propriedades são estabelecidas as regras de relacionamento `hasRulesoperation` que irão combinar através de operadores (OR ou And) os tipos possíveis de relacionamentos aceitos. Quando um relacionamento é realizado um alerta ao proprietário do dispositivo é enviado `canSenPublication` e também analisado o tipo de contexto que este evento `CanSendContext` disponibiliza.

De acordo com estas regras, quando os dispositivos se encontram eles enviam dados ao servidor SIoT para que possa ser validado o relacionamento entre eles. Neste momento uma regra semelhante à Figura 20 é criada onde é verificada se o usuário possui alguma atividade (evento cadastrado ou busca por eventos específicos), qual o tipo de dispositivo envolvido no relacionamento, suas preferências de perfil, tipo de conexão utilizada, tipo de serviço requerido e a resposta do servidor à requisição dos dispositivos envolvidos no relacionamento.

4.7 Considerações Parciais

Esta seção apresentou os detalhes de implementação do modelo SIoTcampus. O modelo utiliza de uma arquitetura cliente/servidor onde as regras de relacionamento são geradas e mantidas por um servidor em segundo plano que utiliza informações de preferência dos usuários para estabelecer o tipo correto de relacionamento entre os objetos inteligentes. A arquitetura utilizada segue o modelo da arquitetura padrão da SIoT proposta por (ATZORI, et al., 2013) priorizando os componentes responsáveis por segurança, geração de relacionamento, controle de perfil e controle de dispositivo.

A arquitetura cliente apresentou um foco mais de interação com o usuário, onde para isto foi desenvolvido um aplicativo móvel para realizar algumas configurações específicas no modelo. A interação (relacionamento) entre os objetos inteligentes foi demonstrada através de um fluxograma onde toda a etapa deste relacionamento pode ser observada em detalhes. As regras para mediar os tipos possíveis de relacionamentos entre os objetos foram apresentadas através da ontologia criada para este modelo, apresentado os componentes envolvidos no modelo SIoTcampus.

O capítulo 5 apresenta os aspectos de implementação do protótipo do modelo desta proposta bem como as ferramentas e tecnologias utilizadas para esta implementação.

5 ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO

Para permitir a avaliação das ideias propostas pelo modelo SIoTCampus, foi implementado um protótipo que consiste em um servidor de aplicação, um aplicativo móvel com formulários para cadastro de informações do proprietário, uma ontologia para validar o modelo e um banco de dados para armazenamento das informações sobre relacionamento dos objetos inteligentes. O protótipo foi construído a partir de modelo SIoTCampus (proposto no Capítulo 4), sendo que sua construção visou atender ao maior número de cenários da comunidade acadêmica para que fosse possível utilizá-los nos experimentos práticos apresentados no próximo capítulo.

Algumas questões de implementação não puderam ser realizadas por questões puramente relacionadas à tecnologia envolvida no modelo. O fato de o cartão universitário possuir pouco espaço em seu chip NFC para armazenamento de informações limitou a etapa de transferir conteúdos (arquivos de dados) para dentro do cartão para ser compartilhado com outros dispositivos no campus. Para esta etapa, utilizou-se a capacidade do cartão para que o usuário pudesse gravar as suas configurações de perfil neste espaço, mantendo o seu perfil a cada interação em novos relacionamentos. A questão de localização de um determinado professor foi demonstrada utilizando a ferramenta de mapas da empresa Google. Nesta etapa, se pode ver a localização de um dispositivo em um ponto do mapa (por exemplo, na área da Unisinos). Porém como proposto no modelo, o objetivo era apresentar um mapa com os dispositivos próximos reconhecidos em condições de visibilidade.

Este capítulo foi organizado de forma a apresentar a estratégia aplicada para a concepção de cada uma das partes do protótipo, sendo que as seções trazem as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento, à estrutura geral e o projeto detalhado de cada um dos componentes.

5.1 Ferramentas Utilizadas na Construção do Protótipo

A construção do protótipo do SIoTCampus foi dividida em duas etapas, sendo a primeira de Projeto/Análise, onde se gerou a documentação técnica e também os recursos de hardware necessário que serviram de suporte para a segunda etapa, a codificação, onde o protótipo foi efetivamente construído e testado. A segunda etapa foi a construção do protótipo que utilizou um ambiente de desenvolvimento para Android e um servidor web para mediar os relacionamentos possíveis deste cliente.

Para a modelagem do protótipo, realizada na etapa de Projeto/Análise, foi utilizado UML (Unified Modeling Language) (BOOCH et al., 2005) por se tratar de um padrão internacionalmente reconhecido e difundido tanto no meio acadêmico quanto no mercado. Já para a codificação dos diversos componentes foram utilizadas tecnologias que seguem as premissas da portabilidade e da adaptabilidade. Optou-se por empregar a linguagem Java e pelo desenvolvimento de um cliente para Android. Além disso, toda a interação entre componentes é feita através de Webservices, possibilitando mudanças fáceis e sem impactos significativos para a aplicação.

A Tabela 3 apresenta cada uma das etapas de construção do protótipo onde a coluna “artefatos” traz os resultados gerados ao final da etapa, e a coluna “ferramentas” a lista dos aplicativos utilizados para a geração destes artefatos.

Tabela 3: Artefatos e Ferramentas de cada etapa do protótipo.

Projeto e Análise	Consistiu na documentação técnica que foi utilizada na codificação do protótipo. Nesta etapa, os conceitos do modelo SIoT Campus foram convertidos para soluções viáveis de serem implementadas com os recursos disponíveis	Diagrama geral dos componentes do protótipo e suas ligações.	Microsoft VISIO (MICROSOFT, 2010)
		Diagrama de classe para cada um dos casos de usos	https://draw.io (Ferramenta de modelagem WEB) ferramenta utilizada para modelagem de diagramas do protótipo SIoT Campus
		Casos de uso detalhado para definir todas as interações entre os dispositivos inteligentes, servindo como principal base para a implementação.	
Codificação	Etapa onde os aplicativos que compõem os módulos do protótipo foram efetivamente implementados, instalados e testados.	Servidor de aplicação WEB, necessário para intermediar toda a comunicação entre os objetos inteligentes, acesso aos dados no banco de dados e filtragem e controle de cada tipo de relacionamento e compartilhamento entre objetos inteligentes.	WILDFLY 8.2.0
		Formulários de interação com o proprietário, que consiste em interfaces onde o usuário configura seu perfil e preferências, visualizando oportunidades e informações geradas pelos componentes do protótipo. A linguagem JAVA for ANDROID foi utilizada para programar tais formulários.	ANDROID STUDIO Versão 2.1
		Uma ontologia que armazena todas as informações de configuração e a dinâmica do protótipo (como por exemplo, o perfil dos proprietários, categorias de objetos inteligentes, tipo de serviços, tipo de informações, histórico dos relacionamentos, entre outros).	PostgreSQL versão 9.3.4-2

5.2 Estrutura Geral do Projeto

Este capítulo apresenta uma visão geral da estrutura do protótipo SIoT Campus, com todos os componentes desenvolvidos para dar suporte à execução dos experimentos. Para permitir a validação das ideias propostas pelo modelo SIoT Campus, foi implementado um protótipo que consiste em diversos componentes de software como Android, web service, tabelas e formulários para dispositivos móveis, que representam cada um dos principais módulos do projeto proposto.

O protótipo foi construído a partir de diretivas propostas pelo modelo SIoT Campus (Capítulo 4), sendo que sua construção visou atender alguns cenários do ambiente acadêmico

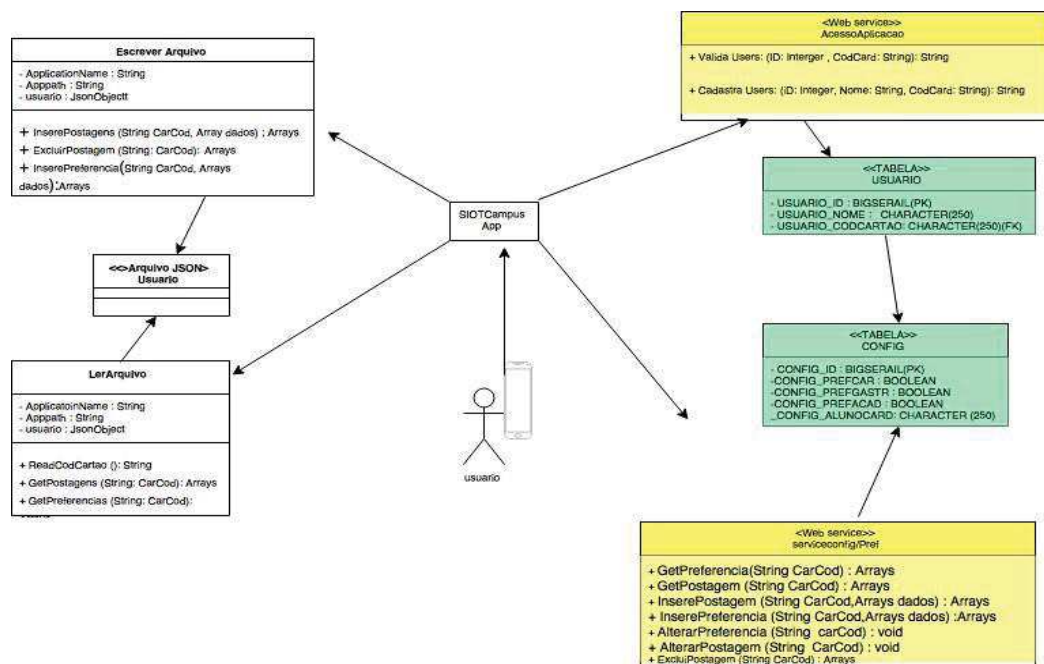
para que fosse possível utilizá-los nos experimentos práticos apresentados no próximo capítulo.

Este capítulo foi organizado de forma a apresentar a estratégia aplicada para concepção de cada uma das partes do protótipo, sendo que as seções trazem as ferramentas utilizadas no desenvolvimento, a estrutura geral e o projeto detalhado de cada um dos componentes e os casos de uso implementados no protótipo.

5.3 Controle de Acesso

O controle de acesso a qualquer aplicação é um fator importante, pois visa garantir a propriedade de autenticidade no acesso e também limita os usuários de acessarem funcionalidades que não sejam as suas em uma aplicação. Neste protótipo implementado SIOTCampus, o controle de acesso ao ambiente é realizado através do uso da tecnologia NFC. Desta forma um usuário (aluno da universidade) registra a sua presença no ambiente do modelo utilizando o cartão universitário da faculdade com esta tecnologia. Para este controle o usuário pode utilizar sensores NFC dispostos em leitoras que suportam esta tecnologia ou utilizam algum smartphone com NFC para atuar nesta transação como um leitor para o cartão universitário. O fato de utilizar a tecnologia NFC presente em smartphones que a suportam para atuar como leitor de cartões é chamado de emulation card (emulador de cartões) (DUNANT, 2013). Desta forma, a funcionalidade de emular um leitor de cartão foi utilizada para permitir o acesso à aplicação. A tecnologia NFC possui um código identificador presente no cartão inteligente que se torna o único dado a ser enviada ao servidor web para etapa de validação e posteriormente liberação de acesso ao sistema.

Figura 21: Caso de uso – Acessar Aplicação.



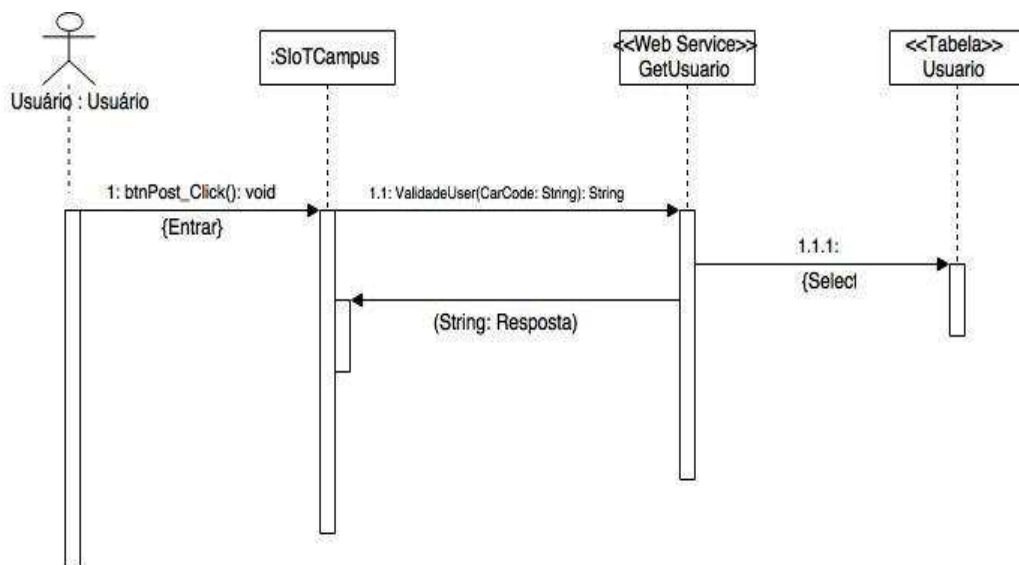
Fonte: Elaborado pelo autor.

Um exemplo de login no dispositivo móvel pode ser visto na Figura 21. Esta figura apresenta um caso de uso que faz parte do caso de uso **Acessar Aplicação**. Para este caso de uso, foi implementado o webservice **Acesso Aplicação**, que disponibiliza o método de validação do usuário (**método Acessar Aplicação**) utilizado pelo dispositivo móvel.

De acordo com este caso de uso o usuário envia para acesso o aplicativo SIoTCampus e insere o seu cartão universitário para a etapa de validação. Como resultado a esta etapa, o aplicativo direciona-se por dois caminhos, o primeiro emite uma mensagem de erro caso o código do cartão não seja equivalente a um código cadastrado, e o segundo permite acesso ao ambiente SIoTCampus e suas funcionalidades.

A Figura 22 traz o diagrama de sequência que demonstra como foi implementada a validação do usuário no ambiente. Neste diagrama, o formulário no dispositivo móvel (SIoTCampus) utiliza o método (**ValidadeUser**) do *web service* **GetUsuario** passando como parâmetro os dados do cartão (CarCode) e recebendo como resposta a confirmação do login ou mensagem de erro.

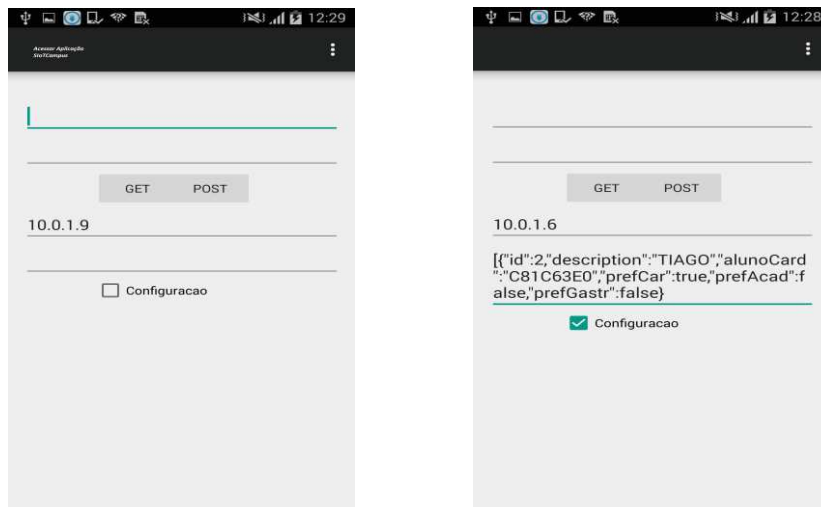
Figura 22: Diagrama de Sequência – Acessar Aplicação



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela de login da aplicação desenvolvida para o dispositivo móvel está na Figura 23. O usuário aproxima o seu cartão universitário da UNISINOS, clicando em seguida no botão POST. Caso a validação no sistema seja realizada com sucesso, ele receberá acesso aos eventos disponíveis combinados com o seu perfil. Também é informado nesta tela o endereço IP (Internet Protocol) referente ao servidor web que irá atender a requisição de validação.

Figura 23: Exemplo de tela de login no dispositivo móvel.



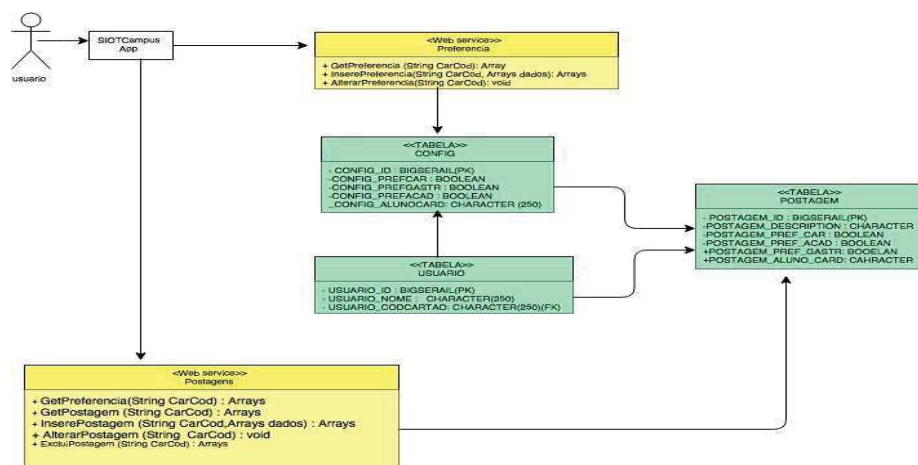
Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Gerenciamento de Eventos

A publicação de eventos e postagem de informações sobre assuntos diversos condizentes com o ambiente acadêmico são funcionalidades essenciais dentro do modelo SIoTCampus, tendo em vista que seu objetivo principal é utilizar estes eventos para criar relacionamentos baseados nas configurações fornecidas pelos proprietários dos dispositivos inteligentes. Tendo em vista isto, foi implementado no protótipo do modelo SIoTCampus o caso de uso **CapturarEventos**, que trata dos eventos disponíveis publicados por usuários do modelo. Também é tratado neste caso de uso, além da visualização dos eventos disponíveis, a evolução de como gerar relacionamentos entre usuários a partir destes eventos.

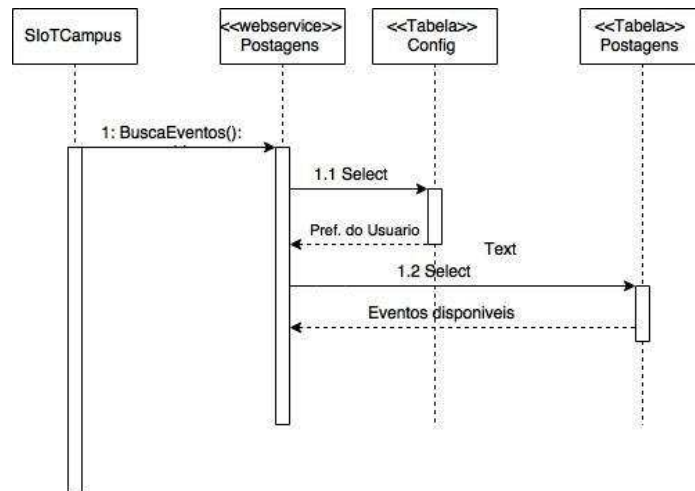
O caso de uso é apresentado na Figura 24 onde pode se destacar o componente **CapturaEvent**. Já a Figura 25 apresenta o diagrama de sequência do componente **CapturaEvent**.

Figura 24: Caso de uso – Capturar Eventos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 25: Diagrama de Sequência – Capturar Eventos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com o caso de uso da Figura 24 o usuário envia o código do cartão (CarCode) ao servidor SIoT Campus que valida estes dados (CarCode) e a opção BuscaEventos. O servidor então verifica quais são as regras de preferência método (GetPreferencia) daquele usuário (CarCode) e realiza uma busca por eventos disponíveis para aquele usuário (GetPostagens) em sua base de dados.

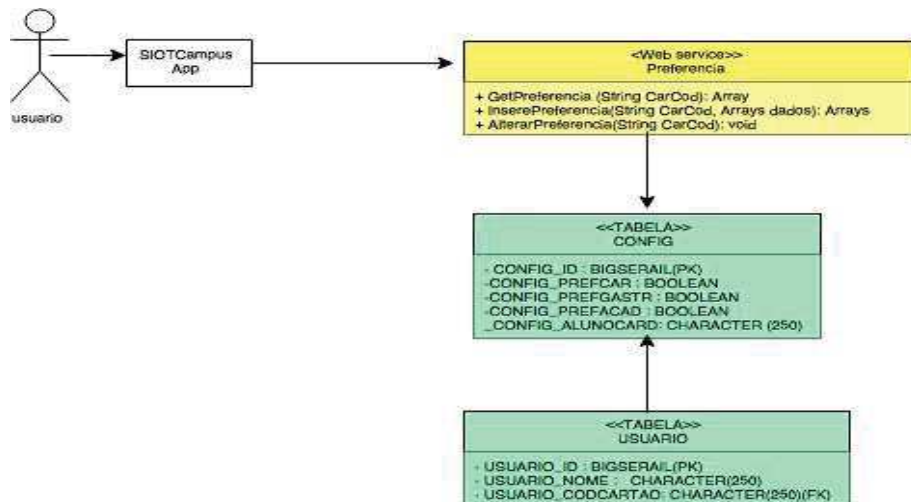
5.5 Configuração do Perfil

Os relacionamentos entre os objetos inteligentes são realizados baseadas nas configurações cadastradas pelos usuários dos dispositivos. Desta forma o perfil do usuário serve como parâmetro para o servidor estabelecer qual será o tipo de relacionamento mais apropriado para estabelecer relacionamentos entre os dispositivos. Na Figura 26 é apresentado o caso de uso **DefineConfig**. Este caso de uso disponibilizado no modelo SIoT Campus visa oferecer aos usuários opções de manipular as suas configurações, podendo determinar qual suas preferências para estabelecer futuros relacionamentos. Destas configurações, além dos relacionamentos construídos, é possível também a visualização dos eventos disponíveis que atendam aos requisitos de compatibilidade com as preferências de cada usuário. Na Figura 27 é apresentado um diagrama de Sequência para o caso de uso **DefineConfig**.

A Figura 26 apresenta o caso de uso DefineConfig. Neste o usuário envia ao servidor SIoT Campus um código de identificação (CarCode) juntamente com a opção de cadastro ou alteração de suas preferências de perfil. O servidor após validar o código do usuário (CarCode) irá acionar um dos seguintes métodos GetPreferencia(), InserePreferencia() ou AlterarPreferencia() de acordo com a solicitação que o usuário realizou. Um exemplo a esta sequência pode ser visto na Figura 27 que apresenta o diagrama de sequência DefineConfig para o modelo SIoT Campus. Neste diagrama o usuário aciona a opção de configuração do protótipo e o servidor disponibiliza a este usuário acesso aos métodos InserePreferencia() e AlterarPreferencia(). O método InserePreferencia() irá receber as novas preferências de perfil

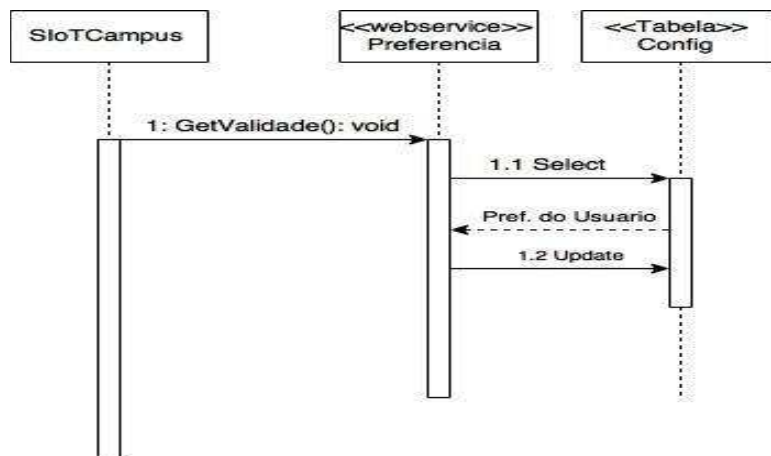
do usuário, onde o usuário poderá escolher quais das categorias disponíveis (Figura 28) ele irá ter interesse em receber eventos. O método `AlterarPreferencia()` permite aos usuários do modelo SIoTCampus manipular suas preferências de perfil (Figura 28) acionando ou não a categoria que deseja receber eventos.

Figura 26: Caso de uso - Definir Configurações.



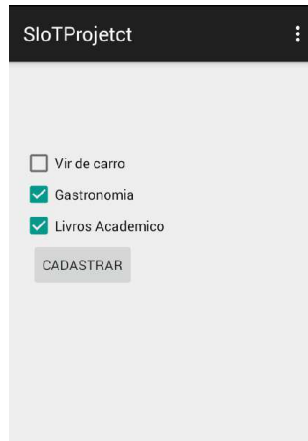
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27: Diagrama de Sequência – Definir configurações.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28: Definir configurações no modelo SloTCampus.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.6 Considerações Parciais

Esta seção apresenta as funcionalidades que foram projetadas pelo modelo SloTCampus. O modelo descrito possui a opção de integrar de uma forma mais natural as pessoas que compõem o meio acadêmico. Desta forma, para tornar isto possível foi desenvolvido um protótipo para um dispositivo móvel que permite aos componentes da comunidade acadêmica cadastrar suas preferências sobre categorias de assuntos às quais desejam receber notificações de eventos.

O modelo foi utilizado em um prédio da faculdade Unisinos (UNISINOS, 2015), onde foram executados alguns cenários para verificar a eficácia do mesmo para o que se propõe. Nestes cenários, foram simuladas diversas situações que fazem parte do dia a dia de um contexto universitário e sobre estas situações foi testado o nível de relacionamento entre os usuários que se pode estabelecer com o modelo em execução. O próximo capítulo apresenta em detalhes os cenários executados e os tipos de relacionamentos buscados a partir da execução destes cenários.

6 AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo apresentar os experimentos utilizados pelo protótipo SIoTCampus, afim de avaliar a proposta do modelo. Foram realizados dois experimentos sendo o primeiro focado na avaliação de eventos e conteúdos relacionados com um ambiente universitário e o segundo tendo o objetivo de avaliar o nível de aceitação para os alunos que participaram dos experimentos.

A primeira seção deste capítulo irá apresentar o ambiente e os equipamentos que em conjunto com o protótipo foram utilizados para a realização dos dois experimentos. Já a segunda seção irá apresentar detalhes sobre o primeiro experimento, onde serão realizados em um ambiente simulado, dois cenários envolvendo questões presentes nos contextos dos alunos integrantes do Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada (PIPICA) da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). A seguir, é detalhada a segunda avaliação onde foi escolhido um grupo de alunos para avaliar o nível de aceitação do modelo proposto, através de um questionário respondido após o emprego do protótipo SIoTCampus.

6.1 Metodologia de Avaliação e Ambiente de Experimentação

A comunidade científica tem utilizado cenários como método para avaliação de ambientes sensíveis ao contexto (SATYANARAYANAN, 2010; DEY, 2001; SILVA et. al., 2010; BARBOSA et. al., 2011). Para avaliar o modelo proposto, foi desenvolvido um protótipo para Android que interage com os leitores e cartões universitários usando a tecnologia NFC. Para que fosse possível realizar os experimentos deste protótipo, o mesmo foi implantado no quarto andar do prédio C02 da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS, 2015).

Foi utilizado um ambiente físico composto por nove salas (que simulam os cenários de execução para estes experimentos) onde foram testadas formas de relacionamento entre os dispositivos computacionais inteligentes que integram o cotidiano dos integrantes da universidade. A Figura 29 mostra a planta baixa deste andar, onde as salas marcadas em vermelho foram escolhidas para à área de atuação do ambiente SIoTCampus.

Figura 29. Planta baixa prédio PIPICA.

C01 416 – Laboratório Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos	C01 415 – Laboratório de Inteligência Artificial	C01 414 – Laboratório de Pesquisa Operacional Fábio ramal 1658 ASAV 1857	C01 413 – Laboratório Geral (<i>c/projetor</i>)	C01 412 – Laboratório de Computação Gráfica e Processamento de Imagens	C01 411 – Laboratório de Engenharia de Software e Linguagem de Programação (<i>c/projetor</i>)	C01 408 – Gabinete Coordenador C01 409 – Sala de Orientação	C01 407 – VizLab e MoDA ramal 1619 C01 406 – Sala de Orientação	C01 405 – Laboratório Projeto TVDigital ramal: 1659 CC 5701	C01 404 – Sala de Aula
C01 418 João Gluz – 1610 Jorge Barbosa – 1625 Kleimner – 1610/1629	C01 419 Luiz Gonzaga - 1657 Luiz Luna – 1639 Marta Villamil - 1636	C01 420 Kleimner – 1610/1629 Rodrigo Righi – 1629 Cristiano - 1623	C01 421 João Valiati – 1626 Patricia Maillard – 1626 Sandro Rigo – 1646/1611	C01 422 Sala de convivência	Wc masc	Wc fem	4º. ANDAR		
						C01 401 (casa de máquinas elevador)	C01 402 Arthur Gómez – 1618 José Vicente – 1647 Leonardo C. - 1647	C01 403 – Laboratório Obaamilos Ramal 1617	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para realização dos experimentos, foram utilizados os seguintes equipamentos de computação móvel:

- Samsung galaxy S4 gi9505: um smartphone que inclui a tecnologia NFC, que foi escolhida para propor o relacionamento entre os dispositivos no modelo SIoTCampus;
- Leitora NFC SCL010: para interação com cartões inteligentes que tem um chip NFC incluído. Isto foi especialmente importante no SIoTCampus para testar relacionamentos em cenários estáticos (onde a posição da leitora não foi modificada na execução do cenário);
- Cartão Inteligente Unisinos: O próprio cartão de estudante da universidade Unisinos que tem um chip com a tecnologia NFC;

Para testar o fluxo de trabalho do relacionamento entre os dispositivos conforme apresentado na Figura 16, foram criados alguns eventos no SIoTCampus contendo publicações sobre situações diversas envolvendo o campus. Estas publicações foram gravadas no servidor em um banco de dados e serviram de parâmetros para regras de outros relacionamentos. Após a realização de cada uma das etapas dos experimentos, todos os alunos envolvidos foram convidados a responder um questionário sobre a aceitação do modelo SIoTCampus.

Com o objetivo de avaliar a aceitação do modelo SIoTCampus foi elaborado um questionário com base de aceitação da tecnologia TAM (TAM – Technology Acceptance Model) proposto por (DAVIS, 1989) aplicado e expandido por (YOON et al., 2007) em seu estudo sobre aceitação de rede wireless. O instrumento foi composto por 10 questões com respostas escalonadas de acordo com a escala Likert (LIKERT, 1932) de cinco pontos. Esta escala fornece cinco alternativas em um intervalo de 1 ponto (concordo totalmente) até de 5 pontos (discordo totalmente), possibilitando assim avaliar quanto o entrevistado concorda ou não com os questionamentos feitos a ele.

6.2 Experimento 1: execução dos cenários de aplicação

O objetivo deste primeiro experimento é executar na prática em ambiente simulado, alguns dos cenários propostos na Figura 1 com a intenção de como o modelo SIoTCampus poderia ser útil para viabilizá-los. Nesta seção será apresentada a preparação para este experimento e os detalhes de cada uma das execuções do cenário realizadas. Também foi avaliado, com o grupo que executou este experimento, alterar configurações sobre perfil e interesses sobre questões as quais desejam buscar a visualização de eventos, disponibilizando assim uma busca por novas ofertas de eventos cadastrados por categorias diferentes.

6.2.1 Preparação e execução do experimento

O experimento foi realizado escolhendo datas aleatórias para testar as relações entre os dispositivos da comunidade acadêmica propostas pelo SIoTCampus. Para cada um dos dez integrantes da universidade acadêmica escolhidos para a realização deste experimento, foi

passada a instrução de utilizar o próprio cartão universitário para a etapa inicial de cadastro dos seus respectivos acessos no modelo SIoT Campus e também configurar seus interesses sobre categorias de eventos no campus as quais desejariam ter acesso.

A instrução que foi passada aos componentes deste experimento de avaliação (alunos do laboratório de Computação Gráfica e Processamento de Imagens) é que tentassem a execução do cenário conforme um roteiro de experimento previamente fornecido, e ao final informassem sua opinião sobre o nível de satisfação do uso do protótipo.

A publicação de eventos que atendessem aos usuários foi cadastrada no banco de dados antes do início do experimento, para que o foco do usuário pudesse ser neste experimento inicial somente na execução. Para a execução dos cenários propostos alguns alunos do curso desempenharam diferentes papéis durante toda a avaliação. Foi simulado para estes alunos atuarem como professores, alunos, proprietários de restaurantes universitários e atendentes de estacionamentos, funções necessárias para se avaliar individualmente os cenários em questão. A seguir é listada a execução dos cenários e em suas próximas seções os resultados obtidos:

- Relacionamento entre os usuários e objetos inteligentes, para demonstração sobre o uso das opções do protótipo. Neste experimento, os usuários cadastram suas preferências e também cadastram eventos para testar o nível de utilização do protótipo;
- Relacionamento entre alunos e professores, como registro de presença em sala de aula, registro e consulta de agendas e compromissos, etc.;
- Análise dos eventos disponíveis no protótipo, objetivando testar a efetividade das publicações de eventos comparados com as preferências de cada usuário.

6.2.2 Relacionamento Usuário e Objeto Inteligente

Neste cenário de avaliação buscou-se testar a efetividade da usabilidade do protótipo por conta dos usuários. Dentre as opções de teste para este cenário encontra-se o cadastro de configurações de perfil pelo cartão universitário da Unisinos.

A primeira etapa do uso do protótipo SIoT Campus, é o cadastro de um cartão universitário no banco de dados do modelo. Este procedimento se faz necessário para as etapas de controle de acesso, controle de publicação de eventos, visualização de eventos, entre outras. Para esta etapa de avaliação os alunos utilizaram a opção de cadastro para registro do código do cartão na base de dados bem como configurações de preferências sobre assuntos acadêmicos as quais desejavam receber informações. A Tabela 4 apresenta as etapas de avaliação deste cenário. A execução do cenário proposto nesta tabela apresenta a etapa de cadastro de perfil, visualização dos eventos e cadastro de eventos. As opções de cadastro de informações refletem informações pessoais solicitadas nesta etapa. A opção de visualizar eventos apresenta informações sobre eventos já cadastrados na base de dados do servidor SIoT Campus antes da realização deste experimento e também os possíveis eventos que forem cadastrados pelos usuários na opção cadastra eventos.

Tabela 4. Execução do cenário 1.

19:25																		
Aluno/ Professor	Cadastro Informações																	
	<ul style="list-style-type: none"> - Informa Nome - Informa o curso que esta estudando - Cadastra o cartão de estudando no sistema 																	
		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="width: 50px; height: 20px;"></td> </tr> </table>																
		<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="background-color: #cccccc; width: 40px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="background-color: #cccccc; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="background-color: #cccccc; height: 20px;"></td> </tr> </table>																

Como resultado a questão apresentada, no final da execução do cenário, os usuários tinham a opção de acrescentar comentários sobre possíveis melhorias na etapa avaliada. Ao final da execução deste cenário, os alunos puderam sugerir algumas melhorias em questões que julgarem necessárias. As respostas a esta execução foram consideradas satisfatórias, porém foi sugerida a inclusão de novas categorias para vincular novos eventos cadastrados. Tal situação pode ser resolvida cadastrando um número maior de categorias que suportem os eventos cadastrados por novos usuários.

6.2.3 Relacionamento Professor e Aluno diário de classe

Neste cenário de avaliação, o professor recebe o registro de sala de aula de seus alunos através do relacionamento entre os cartões universitários de seus alunos com seu dispositivo. Outra etapa de avaliação para este cenário é sobre a possibilidade de verificar a localização habilitada no dispositivo do professor no campus. Desta forma, com a opção de permitir localização habilitada no dispositivo do professor, alunos poderão ter acesso para um possível encontro com os professores ou não dentro do campus universitário. A Tabela 5 apresenta as etapas de avaliação deste cenário. De acordo com este experimento, um aluno que simulou um professor prepara o protótipo para receber a presença dos alunos em sua sala de aula. Ele escolhe a disciplina e permite que os alunos registrem a sua presença ao aproximar o cartão universitário no smartphone do “professor”. O smartphone foi passado a todos os alunos que participaram do experimento sendo que estes cartões foram cadastrados na base de dados do servidor SIoTcampus antes da execução deste experimento. Os alunos recebem no smartphone do professor a mensagem de que sua presença foi registrada e também podem visualizar eventos disponibilizados para o professor para aquela disciplina

Como resultado a questão apresentada no final da execução do cenário, os alunos tinham a opção de acrescentar sugestões para a etapa avaliada. Dentre estas sugestões, o fato de mostrar eventos do professor após o registro de presença dos alunos, apresentou a conclusão que poluía a funcionalidade, sendo considerada uma opção desnecessária. Para resolver esta questão pode ter implementado junto a esta funcionalidade do experimento uma opção que torne opcional a busca por eventos disponibilizados pelo professor, não sendo de forma obrigatória a visualização como foi planejado (não desenvolvido no protótipo).

Tabela 5. Execução do cenário 2.

		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conteúdos Acadêmicos</td> <td></td> <td>- Acadêmicos</td> <td></td> </tr> </table>					Conteúdos Acadêmicos		- Acadêmicos	
Conteúdos Acadêmicos		- Acadêmicos								
		- Visualiza mensagem de presença Registrada								

6.2.4 Relacionamento Professor e Aluno Localização

Este cenário de avaliação consiste na identificação da localização de professores por parte de alunos da universidade. Neste relacionamento é possível prever, por uma estimativa

de tempo, se um determinado professor se encontra na universidade ou não. Assim alunos interessados em contatar pessoalmente determinados professores podem fazer uso desta opção para descobrir sobre a informação de presença ou não deste professor na universidade. A Tabela 6 demonstra a execução deste tipo de cenário. A execução deste cenário apresenta um ambiente simulando um estacionamento. Neste experimento um aluno simulou um professor que insere o seu cartão ao leitor NFC que está conectado ao servidor SIoT Campus. Neste momento, com a opção de perfil “Vir de carro” marcada nas preferências deste professor, um evento é disparado no servidor SIoT Campus mostrando a presença do professor no campus. Os alunos que realizaram este experimento puderam obter a informação que o professor estava na universidade através da visualização do evento gerado no momento em que este registrou sua presença no estacionamento.

Como resultado a questão apresentada no final da execução do cenário, os alunos tinham a opção de acrescentar sugestões para a etapa avaliada. Dentre estas sugestões, o fato de ser gerado um evento sobre a localização do professor no campus universitário apresentou uma boa aceitação. Entretanto alguns alunos consideraram que apenas o fato de saber que o professor estava na universidade mas não saber de fato a localização específica do professor em um determinado momento não agrega grande valor a esta funcionalidade do protótipo. Como solução a esta sugestão, se faz inevitável o uso de sensores que apresentem uma coordenada mais exata sobre um histórico de relacionamento e localização do dispositivo do professor com a posição dos leitores dispostos no campus (não desenvolvido no protótipo).

Tabela 6. Execução do cenário 3.

		<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																

6.2.5 Limitações na execução dos experimentos

Alguns cenários de avaliação não puderam ser avaliados neste experimento. Isso se deu principalmente pelo fato de alguns recursos necessários a estes cenários não terem sido implementados no protótipo. Segue abaixo comentários para os cenários que não puderam ser testados neste experimento:

- **Relacionamento direto entre smartphones usando NFC:** não foi possível testar o cenário de relacionamento entre smartphones diretamente através da tecnologia NFC. Para a realização deste experimento, teria que ter a emulação de dois smartphones atuando um como leitor e outro como emulador de um cartão. Detalhes técnicos referentes a implementação neste cenário impediram a sua realização. Para tornar este cenário viável, se faz necessário o uso da biblioteca NFC-API disponibilizada para Java, sendo que o protótipo deve implementar esta biblioteca para tornar viável a troca de informações diretamente entre os aparelhos que possuam NFC em seu dispositivo de hardware. Além disso, alguns dispositivos bloqueiam o acesso ao NFC disponibilizado no smartphone para além da leitura de informações;
- **Relacionamento entre smartphones e cartões universitários para cadastro de configurações:** não foi possível a execução deste cenário, porque conforme previsto em tempo de projeto deste protótipo, a ideia seria utilizar o próprio cartão da universidade como uma ferramenta de armazenamento do perfil dos usuários. Esta abordagem melhora o desempenho do relacionamento dos dispositivos com o servidor visto que não seria necessária uma seleção de dados de configuração no banco de dados, uma vez que as configurações de perfil estariam gravadas no próprio cartão universitário

As limitações constatadas não tiveram impacto no sentido de dificultar a avaliação do protótipo, uma vez que as questões mais importantes foram avaliadas. Isso inclui a utilização de informações pertinentes ao cotidiano dos integrantes da universidade e através destas prover relacionamentos entre os dispositivos inteligentes no sentido de realizar uma aproximação maior dos integrantes do campus.

6.3 Avaliação de Aceitação do Modelo SloTCampus

A segunda etapa de avaliação foi direcionada para avaliação da aceitação do modelo SloTCampus. Esta etapa envolveu um grupo de pessoas voluntárias que após a utilização do protótipo, responderam um questionário. Nesta seção são apresentados detalhes desta avaliação e os resultados obtidos na mesma.

6.3.1 Preparação e execução do experimento

Para a execução deste experimento, foi configurado um ambiente de sala de aula na sala C01 412 conforme mostrado na figura de planta baixa do prédio da Unisinos - Figura 29 do prédio PIPCA da UNISINOS. Para os testes de visualização de eventos, cadastro de configurações de perfil e cadastro de eventos foi utilizado as salas C01 406 e C01 407. A

execução do experimento envolvendo a localização do professor gerando um evento quando este registrava a sua presença no estacionamento foi realizada na sala C01 409.

Os eventos disponibilizados para a realização destes experimentos podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7. Eventos disponibilizados durante o experimento.

1	Problema no estacionamento do centro 6	Localização
2	Desconto no restaurante universitário para alunos da Unisinos	Gastronomia
3	Problema na escada de acesso ao centro 6 Unisinos	Localização
4	Prova para a disciplina de Computação Gráfica cancela	Acadêmico
5	Estacionamento do centro 6 lotado	Localização
6	Trabalho sobre vetores para a disciplina de Java	Acadêmico
7	Palestra sobre Segurança no auditório do centro 2	Acadêmico
8	Manifestação de estudantes na em frente a universidade	Localização
9	Acidente impede acesso à universidade pelo BR 116	Localização
10	Novos cursos disponibilizados para área de computação	Acadêmico
11	Alunos do curso de gastronomia irão oferecer um café aos alunos do curso de ciência da computação	Gastronomia
12	Seminário sobre dispositivos móveis no auditório centro 4	Acadêmico
13	Novos conteúdos disponibilizados para a cadeira de computação gráfica	Acadêmico
14	Estacionamento liberado em homenagem ao dia do estudante	Acadêmico
15	Professor Ruiz – Java encontra-se na universidade	Localização
16	Professor Marco – Computação Gráfica encontra-se na universidade	Localização
17	Pratos exóticos no restaurante universitário	Gastronomia
18	Notas do grau 2 disponíveis para acesso	Acadêmico
19	Lista de aprovados para curso de Ciência da computação	Acadêmico
20	Novos livros disponíveis na biblioteca da Unisinos	Acadêmico

A amostra utilizada para esta avaliação contou com a participação de 10 pessoas, todas da comunidade Unisinos. Cada um destes usuários recebeu um dispositivo móvel equipado com o sistema operacional Android. O dispositivo já estava configurado para conexão wireless e possuía tecnologia NFC. Foi feito também um treinamento básico para uso do aplicativo SIoTcampus (funcionalidades de autenticação, área de eventos, preferências e serviços). A seguir são descritas as quatro etapas que o experimento foi dividido:

- **Etapa 1 (Relacionamento Usuário e Objeto Inteligente):** Foram cadastrados tantos cartões universitários Unisinos quanto pessoas que participaram desta etapa de avaliação no banco de dados do modelo SIoT Campus. Também foi cadastrada uma quantidade de vinte eventos distribuídos sobre as categorias de gastronomia, conteúdos acadêmicos e localização.
- **Etapa 2 (Relacionamento Professor e Aluno Diário de classe):** Neste experimento, os usuários participaram de um ambiente simulado de sala de aula onde puderam testar o relacionamento de presença no diário de classe. O objetivo era que, ao passar o dispositivo do professor entre os alunos, os usuários realizassem a sua comprovação de presença na aula bem como verificassem possíveis eventos ou informações disponíveis pelo professor com relação com aquela disciplina. Para este experimento, também foi utilizada uma leitora NFC ligada a um notebook onde este notebook foi posicionado próximo à porta do ambiente simulado, identificando a presença dos alunos bem como os eventos disponíveis pelo professor através do registro do cartão na leitora.
- **Etapa 3 (Relacionamento Professor e Aluno Localização):** Nesta etapa, o professor ao chegar em um ambiente simulando um estacionamento, aproxima o seu leitor para acesso ao mesmo. Neste momento é publicado um evento sobre a presença deste professor dentro da universidade. Os alunos que participaram deste experimento acessaram a opção de localização para determinado professor e verificaram sobre a localização do professor no campus.
- **Etapa 4 (Questionário de avaliação do experimento):** Concluídas as etapas anteriores, os participantes responderam a um questionário de avaliação contendo perguntas relacionadas a sua experiência na utilização do SIoT Campus, onde as respostas dentro da escala Likert (1932) de cinco pontos, variando entre 1 (discordo totalmente) até 5 (concordo totalmente). Os usuários poderiam escolher a opção 3 (indiferente), significando que não tinham nenhuma opinião particular a respeito de um determinado item ou ainda um comentário que foi utilizado para complementar a avaliação do experimento.

6.3.2 Resultados do Experimento

O segundo experimento foi direcionado a avaliação do modelo SIoT Campus. O experimento envolveu voluntários que após a utilização do protótipo, responderam a um questionário. Uma cópia completa deste questionário pode em um anexo a este documento. Este questionário foi elaborado com o objetivo de atestar a facilidade de uso do modelo e também percepção de utilidade. O perfil dos usuários que participaram da realização deste experimento, são alunos do curso de Ciência da Computação da universidade da Unisinos. Para que algumas avaliações pudessem ser executadas, alguns alunos deste grupo de voluntários aceitaram desempenhar a função de outros papéis para algumas outras funcionalidades do protótipo. Nesta seção são apresentados detalhes destes experimentos e os resultados obtidos para o mesmo.

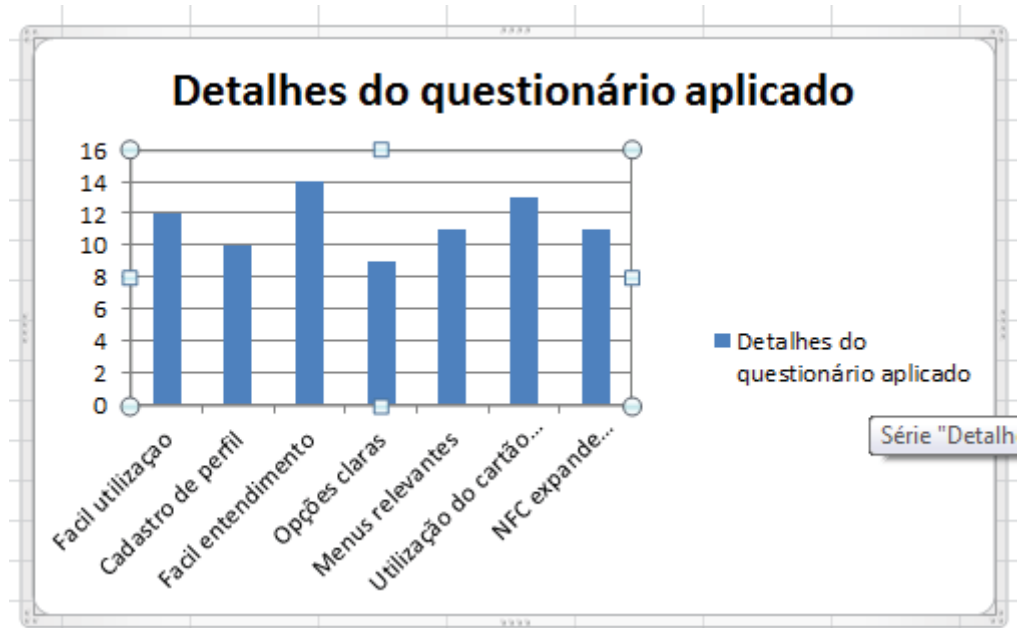
A relação das afirmações apresentadas aos alunos neste experimento pode ser visto na Tabela 8. Ao todo são 10 afirmações, as cinco primeiras (itens de 1 a 5) se referem a facilidade percebida no uso do modelo SIoT Campus e as últimas 5 (itens de 5 a 10) estão relacionadas a utilidade percebida do modelo. A análise das respostas foi organizada em gráficos que agrupam todos os resultados obtidos.

Tabela 8. Itens do questionário utilizado no experimento 2.

1	O modelo em geral é de fácil entendimento.
2	Com um pouco de esforço consigo cadastrar o perfil de um usuário.
3	O aplicativo desenvolvido é de fácil utilização.
4	É fácil cadastrar um evento no SIoT Campus.
5	As opções são claras e objetivas.
6	As opções de menus são relevantes.
7	As opções de perfil no cadastro são relevantes ao ambiente universitário.
8	Os eventos disponíveis estão relacionados com o perfil do usuário.
9	A utilização do cartão universitário se mostra satisfatório para acesso as opções do modelo.
10	O emprego da tecnologia NFC amplia as possibilidades de uso do modelo.

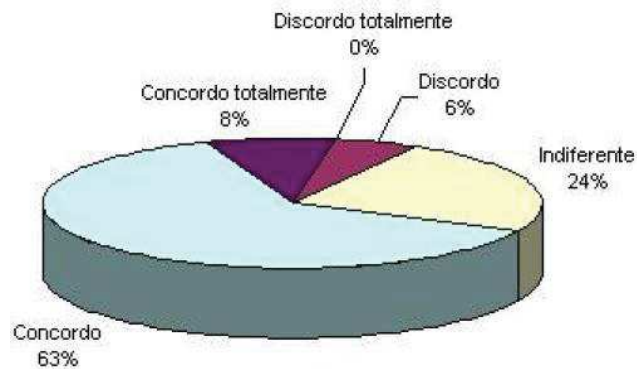
Nos resultados obtidos no experimento, em média mais de 70% dos usuários concordaram parcialmente ou plenamente com as afirmações relacionadas à facilidade de uso percebido no SIoT Campus (itens 1 a 5 do questionário). Isto confirma que, conforme opinião da maioria dos entrevistados, o uso rotineiro do modelo poderia diminuir esforços no sentido de propor uma maior interação entre os membros da comunidade acadêmica. O gráfico da Figura 30 apresenta os detalhes das questões respondidas pelo grupo de usuários que participou do experimento. O gráfico da Figura 31 traz a média dos resultados obtidos nas questões 1 a 5.

Figura 30: Detalhes do questionário avaliado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

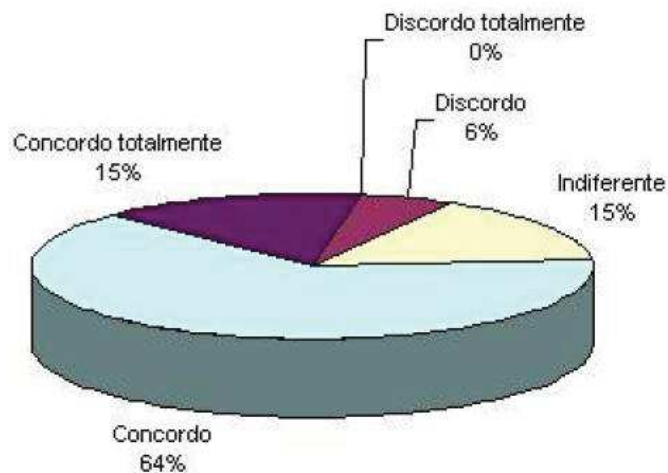
Figura 31: Facilidade de uso percebida (questões 1 a 5).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Mostrando-se ainda mais significativo, o resultado obtido nas questões de 6 a 10, que compilam a percepção quanto a utilidade percebida no modelo, indicam quase 80% dos usuários consideram que o modelo SIoTcampus seria útil no dia a dia e melhoraria seu desempenho no sentido de propor uma melhor interação entre os membros da comunidade acadêmica. A Figura 32 traz um gráfico com médias obtidas nas questões de 6 a 10.

Figura 32: Utilidade percebida (questões 5 a 10).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste experimento também é importante destacar os resultados obtidos especificamente na questão 10, onde 78% dos usuários concordam ou concordam totalmente com a afirmação que “O emprego da tecnologia NFC amplia as possibilidades de uso no modelo” e nenhum dos entrevistados discordou ou discordou totalmente.

Em complemento ao questionário, alguns comentários que foram feitos pelos entrevistados se tornam pertinentes, sendo que um dos que teve maior relevância foi “Este aplicativo se apresenta com uma excelente ferramenta no sentido de aproximar os integrantes da universidade”. Outra sugestão indicada pelo grupo de alunos que participou da avaliação foi “Ficou clara a intenção do projeto. É um aplicativo que pode ser abrangente para novas ideias possibilitando novas interações” e também “Esta ferramenta pode se tornar uma nova forma de comunicação para ser aplicada juntamente com os estudos. A ferramenta visa estreitar as relações entre todos da universidade”. Em contrapartida, alguma limitação para o seu uso deve-se ao fato de que nem todos os smartphones possuem a tecnologia NFC, sendo esta tecnologia o único meio de comunicação proposto entre os dispositivos neste modelo. Porém isto não implica em um problema para o sistema proposto, visto que o cartão universitário que possui NFC pode interagir com objetos inteligentes e isto gerar notificações ou interações com um aplicativo em um smartphone sem NFC (ou com NFC bloqueado). Desta forma o fator da tecnologia NFC proposta como meio de relacionamento entre os objetos inteligentes não limita a ação do modelo para as possíveis interações futuras entres dispositivos que não possui esta tecnologia.

7 CONCLUSÃO

O modelo proposto neste trabalho visou disponibilizar serviços para a comunidade universitária através da comunicação de objetos inteligentes. Tais serviços tem o objeto de ofertar novas possibilidades de interação entre os integrantes da comunidade baseadas em regras de interesses configuradas nestes dispositivos. Neste sentido, este trabalho apresentou o SIoTcampus, um modelo de uma rede social exclusiva para objetos inteligentes em um ambiente acadêmico em que as informações de contexto, como localização, agenda, etc. são usadas como critérios para estabelecer relacionamentos entre estes dispositivos.

Apesar de SIoT ser um tema relativamente novo, uma série de modelos foram propostos no sentido de fornecer uma plataforma que estivesse apta a lidar com a grande quantidade de comunicação dos diversos dispositivos existentes no mundo. Entretanto o modelo SIoTcampus aqui apresentado, é o único, dentre os trabalhos considerados, com foco no relacionamento de dispositivos inteligentes para o ambiente universitário. Dentre os modelos estudados para a realização do SIoTcampus, o modelo Mingle introduz uma ideia de uma rede social espontânea, oferecendo serviços e conteúdo para as pessoas que se conectam a esta rede durante o seu período de existência. O modelo SIoTcampus utiliza da ideia de uma rede social, porém com foco exclusivo no relacionamento entre os objetos inteligentes em um ambiente universitário. Como resultado a isto os membros da universidade tem acesso a eventos (informações sobre questões do cotidiano da universidade) que são compatíveis com o seu perfil. Os modelos Pachube Architecture e Thinker As demo, com um propósito mais geral buscam estabelecer uma forma de arquitetura para viabilizar a ideia desta rede de objetos inteligentes para relacionamentos a nível global. Destes modelos o SIoTcampus abstraiu a ideia dos módulos presentes nas suas arquiteturas que lidam com os tipos possíveis de relacionamentos, e aplicou o foco desta ideia em um campus universitário. Isto apresentou aos componentes da universidade uma nova forma de interagirem-se entre si, utilizando diversos conteúdos e publicações para agregar novas informações aos componentes do mundo acadêmico. O modelo propõe um novo método de relacionamento dos integrantes da comunidade acadêmica através da publicação de eventos. Além disto algumas das conclusões deste trabalho são:

- O uso de contextos envolvendo questões acadêmicas impulsionam os relacionamentos entre os membros da comunidade acadêmica através de seus dispositivos inteligentes. Isto pode ser observado nos resultados aos experimentos obtidos em um número de mais de 60 % constatou a percepção de uso do modelo;
- O modelo proposto contém módulos básicos para suporte ao compartilhamento de informações pertinentes a questões universitárias usando contextos e o perfil dos usuários. O cadastro de perfil e eventos, assim como a visualização de novos eventos teve um grande nível de aceitação por parte dos usuários que participaram do experimento;
- O sucesso obtido na execução dos cenários demonstra a viabilidade do SIoTcampus para operacionalizar diversas situações relacionamentos entre os usuários acadêmicos. Alguns comentários mencionados no capítulo anterior, identifica que para o perfil de usuários que participou dos experimentos, o protótipo se mantém fiel ao que se propõe. Assim a maioria dos entrevistados enxergaram o modelo SIoTcampus como uma ferramenta que pode auxiliar no relacionamento entre os dispositivos inteligentes, servindo como uma grande oferta de informações para o meio acadêmico;

- A avaliação realizada a partir dos experimentos sinaliza uma boa aceitação do modelo SIoTcampus por parte dos usuários reais da universidade. A grande parte dos cenários executados, resultou em um nível de aceitação do protótipo para uso real. Para que isto se torne viável alguns outros experimentos deveriam ser realizados propondo uma maior carga de utilização para análise do comportamento do modelo SIoTcampus;
- Ambos os experimentos realizados neste trabalho indicam que o modelo SIoTcampus poderia ser empregado como uma ferramenta para prover uma maior integração entre os componentes do ambiente universitário. A ideia proposta pelo modelo desta proposta tornou-se atrativa para o grupo de pessoas que realizaram o experimento. Utilizar eventos disponibilizados por outros usuários e a partir destes eventos permitir que os objetos inteligentes procurem por novas interações entre si pareceu promissora com uma margem de abrangência para outros trabalhos futuros.

Como principal contribuição científica, o modelo propõe uma rede de objetos inteligentes para a comunidade universitária em que seus dispositivos podem interagir entre si tendo seus comportamentos controlados pelos seus proprietários. Uma oferta maior de conteúdos e serviços pode ser compartilhada através desta comunicação. Além disso, o SIoTcampus é o único modelo, dentre os considerados, que foca exclusivamente na relação entre objetos inteligentes.

Na etapa de desenvolvimento deste trabalho, foi realizado a submissão de um artigo ao CLEI 2015. O artigo “*Explorando o conceito de Internet das Coisas Sociais em um Ambiente Universitário utilizando NFC*” foi aceito para publicação. Este artigo de forma semelhante a este documento apresenta a ideia do modelo SIoTcampus e sua principal contribuição científica que é de mostrar uma rede de objetos inteligentes de alunos, professores, funcionários da universidade em que seus dispositivos podem interagir entre si tendo seus comportamentos controlados por seus proprietários.

Este trabalho apresenta algumas oportunidades como trabalhos futuros. Pretende-se estender os tipos de contextos suportados pelo modelo, incluindo o histórico. Algumas limitações referentes a tecnologia empregada para este trabalho, também estão sendo prevista, oportunizando assim o emprego de outras tecnologias para propor relacionamentos de forma tanto intencional como não intencional entre os dispositivos. Outra possibilidade é estender o mecanismo de regras disponíveis. Isto implica em atribuir ao modelo novas formas de interação entre os objetos, utilizando serviços de geolocalização para incluir novos relacionamentos. Uma outra possibilidade de expandir ainda os possíveis relacionamentos é deixá-los menos intencional referente ao perfil cadastrado por seus usuários. Isto implica em dar maior autonomia aos dispositivos para estabelecerem os relacionamentos retirando a figura de um servidor para mediar esta comunicação.

7 REFERÊNCIAS

- ABOWD, G.; DEY, A.; BROWN, P.; DAVIES, N.; SMITH, M.; STEGGLES, P. “**Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness**” in Proc. 1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing. Ser HUC '99. London. UK: Springer-Yerlag. 1999. pp. 304-307.
- ANDROID, 2015. Site oficial do projeto Android (Um Projeto da Open Handset Alliance). Disponível em: <http://code.google.com/Android>. Acesso em 17 mai. 2015.
- ATZORI L. IERA A. MORABITO G. **SlOT: Giving a Social Structure to the Internet of Things**. 2011. Department of Electrical and Electronic Engineering – University of Cagliari, 09123 Cagliari, Italy. 2013
- CHEN, G.; KOTZ, D. “**A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research**” Department of Computer Science, Dartmouth College, Hanover, NH, USA, Tech. Rep., 2000
- DA COSTA, CRISTIANO ANDRE, ADENAUER C. YAMIN, AND CLAUDIO FERNANDO RESIN GEYER. “**Toward a General Software Infrastructure for Ubiquitous Computing.**” IEEE Pervasive Computing 7.1 (2008): 64-73
- DEY, A.; ABOWD, G. SALBER, D. **A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications**. Human-Computer Interaction, [S.1.], v. 16, n. 2, p. 97-166, Dec. 2001.
- DEY, A.K. **Understanding and Using Context**. Personal and Ubiquitous Computing, [S1], v.5, n.1, p. 4-7, Feb. 2001.
- DUNANT, HENRY. “**Libro Blanco sobre la Aplicación de la tecnología NFC en el Transporte Público**”, 2013.
- FLOERKEMEIER, M.; LANGHEINRICH, E.; FLEISCH, F.; SARMA, E., “**The Internet of things. Proceedings of First International Conference**” IOT 2008, Zurich, Switzerland. Lecture Notes in Computer Science, vol. 4952, 2008.
- GARRIDO P.; MIRAZ G.; RUIZ I.; GOMES-NIETO M.; **A Model for the Development of NFC Context Awareness Applications on Internet of Things**. Department of Computing and Numerical Analysis University of Cordoba, Cordoba, Spain, 2010.
- GIRAU R.; NITTI M.; ATZORI L. **Implementation of an Experimental Platform for the Social Internet of Things**. Department of Electrical and Electronic Engineering – University of Cagliari, 09123 Cagliari, Italy. 2013.
- HILERA, J.; RUIZ, F. “**Ontologies in Ubiquitous Computing**”. Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing: Applications, Technology and Social Issues, [S.1], 2006.

LIKERT, R. “**A Technique for the Measurement of Attitudes**”. New York, New York, USA: The Science Press, 1932. 1-55 p. n. 140. In: ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, 1996, New York.

MIRAZ, G.; RUIZ, L.; GOMEZ-NIETO, M. “**How NFC Can Be Used for the Compliance of European Higher Education Area Guidelines in European Universities**”. Proceedings 1st International IEEE Workshop on Near Field Communication. 3-8. 2009.

PERERA C.; ZASLAUKY A.; CRISTEN P.; GEORGAKOPOULOS D. “**Context Aware Computing for The Internet of Things - A Survey**”, 2014, Australian National University.

SATYANARAYANAN, M. “**Mobile Computing**”. In: ACM Workshop On Mobile Cloud Computing and Services Social Networks and Beyond, 2010, New York, USA. p. 1-6.

SATYANARAYANAN, M. “**Pervasive Computing: Vision and Challenges. IEEE Personal Communications**”, [S.1.], v. 8, n. 4, p. 10-17, 2001.

SUNDMAKER, H.; GUILLEMIN P.; FRIESS, P.; WOELFFLE, S. “**Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**”. European Commission Information Society and Media. Tech. Rep. March 2010.

TURCU, C. “**The Social Internet of Things and the RFID-Based Robots**”. Computers, Electronic and Automation Department Stefan del Mare University of Suceava, Suceava, Romania. 2012.

WEISER, M. “**The Computer for the 21st Century**”. SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev, New York, USA, v. 3, n. 3, p. 3-11, july 1999.

YOON, C.; KIN, S. “**Convenience and TAM in a Ubiquitous Computing Environment: The case of wireless LAN.**” Electronic Commerce: Research and Applications, Volume 6, Issue 1, Janeiro 2007, p.102-112.

ZAUPA D.; COSTA C.; SILVA J.; BARBOSA J.; ADENAUER Y. **Implementing a Spontaneous Social Network for Managing Ubiquitous Interactions**. Programa de Pós-Graduação em computação aplicada (PIPICA); Universidade do vale do Rio dos Sinos (Unisinos); Programa de Pós-Graduação em computação (PPGC); Universidade Federal de Pelotas (UFPEL) 2009.

ANEXO A

Questionário de avaliação TAM aplicado para o grupo de voluntários que participou dos experimentos do modelo SIoTCampus

Avaliação SIoTCampus

1 2 3 4 5



Resultados de avaliação para facilidade de uso

	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
O modelo em geral é de fácil entendimento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O aplicativo desenvolvido para o SIoTCampus é de fácil utilização	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É fácil cadastrar um evento no SIoTCampus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Com pouco esforço consigo cadastrar o perfil de um usuário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As opções são claras e objetivas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Descreva suas sugestões e/ou críticas sobre este processo

Informe o seu sexo

Resultados de avaliação para percepção de utilidade

	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Dis tota
As opções de menus são relevantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
Os eventos disponíveis estão relacionados com o perfil do usuário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
As opções de perfil no cadastro são relevantes ao ambiente universitário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
A utilização do cartão universitário se mostra satisfatório para acesso as opções do modelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
O emprego da tecnologia NFC amplia as possibilidades de uso do modelo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Descreva suas sugestões e/ou críticas sobre este processo de avaliação

Informe a sua idade

Resultados para avaliação quanto a intenção de uso

	Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Indiferente	Discordo parcialmente	Discordo totalmente
A forma de relacionamento proposta pelo modelo SioTCampus se mostra eficaz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O compartilhamento de eventos estimula interação com outros usuários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O modelo SioTCampus facilita a utilização de serviços em locais específicos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O modelo SioTCampus forneceu serviços úteis relacionados ao meu perfil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O modelo SioTCampus habilita a identificação de eventos em ambiente de um campus universitário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>