



**UNIFACS UNIVERSIDADE SALVADOR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO  
MESTRADO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

**ARLISSON DA SILVA SOUZA**

**UMA PROPOSTA DE TOMADA INTELIGENTE VISANDO A EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM REDES E AMBIENTES DOMÉSTICOS**

**ARLISSON DA SILVA SOUZA**

**UMA PROPOSTA DE TOMADA INTELIGENTE VISANDO A EFICIÊNCIA  
ENERGÉTICA EM REDES E AMBIENTES DOMÉSTICOS**

Dissertação apresentada à UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, Mestrado em Sistema e Computação, como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Joberto S.B. Martins

Salvador

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

(Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities).

Souza, Arlisson

Uma proposta de tomada inteligente visando a eficiência energética em redes e ambientes domésticos. / Arlisson da Silva Souza.- Salvador, 2016.

96 f. : il.

Dissertação apresentada à e UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, Mestrado em Sistemas e Computação como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Joberto S. B. Martins

1. Eficiência Energética. 2. Rede de Sensores Sem Fio. I. Martins, Joberto S. B. Martins, oriente. II. Título.

CDD: 621.3

## TERMO DE APROVAÇÃO

ARLISSON DA SILVA SOUZA

UMA PROPOSTA DE TOMADA INTELIGENTE VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
EM REDES E AMBIENTES DOMÉSTICOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Sistemas e Computação, na UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, pela seguinte banca examinadora:

Joberto Sergio Barbosa Martins – \_\_\_\_\_  
Ph.D. in Computer Science, Université d'Evry-Val-d'Essonne, Univ-Evry, França.  
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Jorge Alberto Prado de Campos – \_\_\_\_\_  
Ph.D. em Spatial Information Science and Engineering pela University of Maine at Orono  
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Kleber Freire da Silva – \_\_\_\_\_  
Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo - USP  
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Salvador, 28 de julho de 2016.

À minha família, os quais acreditaram na minha capacidade de finalizar esse objetivo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus que permitiu a realização deste trabalho.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicionais.

À minha esposa Daise, pela força, dedicação, compreensão e amor.

Aos meus filhos Marcos, Henrique e Marília que entenderam as ausências e tempo dedicado ao desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu orientador, Joberto Martins pela confiança e dedicação a esse trabalho.

Agradeço a todos os professores, por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional.

Ao amigo Gilson, pelo grande apoio nos momentos de reflexões sobre o trabalho.

“É melhor lançar-se à luta em busca do triunfo mesmo expondo-se ao insucesso, que formar fila com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito; E vivem nessa penumbra cinzenta sem conhecer nem vitória nem derrota.”  
(Franklin Roosevelt)

## RESUMO

A insuficiência energética é uma das maiores preocupações mundiais diante do crescimento econômico. Os avanços tecnológicos e o aumento do poder aquisitivo da população elevam o consumo de energia. Desta forma, o uso racional de energia elétrica é uma das metas a serem alcançadas pelos países. No Brasil, uma das recentes apostas para a redução do consumo no setor residencial é o desligamento dos dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*. Este modo é caracterizado pelo estado de espera no qual os dispositivos eletroeletrônicos gastam energia mesmo não executando suas funções principais, a fim de obter o conforto do rápido religamento do aparelho ou facilidades como o acionamento via controle remoto. Entretanto, muitos usuários desconhecem que os aparelhos em *standby* aumentam do consumo total de energia elétrica em uma residência. Foi preocupado com este consumo energético no setor residencial que o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável passou a recomendar a criação de tomadas inteligentes capazes de desligar automaticamente os dispositivos quando estes acionarem o modo *standby*, tornando o processo prático e transparente para o usuário. Embora existam algumas soluções neste sentido existentes no mercado, as tomadas são estáticas, incapazes de aprender o comportamento do ambiente e, geralmente, não apresentam a interação com o usuário. Assim, o presente trabalho propõe uma tomada com gerenciamento inteligente, a fim de maximizar a eficiência energética de dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*, a partir da utilização de sensores de presença e de corrente. Para tanto, realizou-se a integração de um sistema de raciocínio baseado em casos (RBC) a um sistema supervisório, este sobre uma rede de sensores sem fio, cujo propósito é inferir perfis de utilização de dispositivos eletroeletrônicos nos ambientes. Na construção do protótipo utilizou-se tecnologia gratuita de código aberto como o Rádium para rede de sensores sem fio, o ScadaBR como sistema supervisório e o *framework* JCOLIBRI para implementação do RBC. O protótipo desenvolvido foi validado durante 7 (sete) dias em uma típica residência brasileira de 2 (dois) cômodos, possuindo 2 (dois) televisores, 1 (um) videogame e 1 (um) decodificador HD de televisão por assinatura. Após o experimento de validação, constatou-se a redução de 10,27 kWh por mês, ou seja, uma economia de R\$ 5,11 por mês na conta de energia de uma residência. Estima-se que, caso o protótipo seja aplicado a todas as residências mediante iniciativa do Governo Federal, a economia em larga escala seria de aproximadamente 201 milhões de kWh, considerando apenas o desligamento do *standby* do decodificador HD. Tal fato reduziria a necessidade energética do país e consequente redução das taxas tarifárias aplicadas ao consumidor. Outrossim, é uma proposta economicamente viável mediante seu custo relativo às suas alternativas de mercado, além do retorno do investimento decorrer em 12 meses.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Desligamento do *standby*. Rede de Sensores Sem Fio. Sistema Supervisório. Raciocínio Baseado em Casos.

## ABSTRACT

Energy failure is one of the biggest global concerns on economic growth. Technological advances and the increased purchasing power of the population increase energy consumption. Thus, the rational use of energy is one of the goals to be achieved by countries. In Brazil, one of the recent bets for reducing consumption in the residential sector is the shutdown of electronic devices in order standby. This mode is characterized by the standby state in which the electronic devices waste energy even not performing its main functions, in order to get the comfort of quick reclosing of the equipment or facilities as the drive via remote control. However, many users are unaware that the equipment standby increase the total electricity consumption in a residence. It was concerned that energy consumption in the residential sector the Brazilian Business Council for Sustainable Development has recommended the creation of intelligent sockets can automatically turn off devices when they acionarem mode standby, making the practical and transparent process for the user. While there are some solutions in this sense in the existing market outlets are static, unable to learn environmental behavior and usually have no interaction with the user. Thus, this paper proposes an outlet with intelligent management in order to maximize the energy efficiency of electronic devices in order standby, from the use of presence and current sensors. Therefore, there was the integration of a case-based reasoning system (RBC) to a supervisory system, this on a wireless sensor network whose purpose is to infer profiles of use of electronic devices in the environment. In the construction of the prototype we used free open source technology as Radiuino for wireless sensor network, the ScadaBR as supervisory system and the framework JCOLIBRI for implementation of RBC. The prototype has been validated for 7 (seven) days in a typical Brazilian residence of two (2) rooms, having 2 (two) televisions, one (1) video game and one (1) HD decoder pay television. After the validation experiment, there was a reduction of 10.27 kWh per month, or an R economy \$ 5.11 per month on energy bill of a residence. It is estimated that if the prototype is applied to all households by the initiative of the Federal Government, the large-scale savings would be approximately 201 million kWh, considering only the shutdown standby HD decoder. This fact would reduce the energy needs of the country and the consequent reduction of tariff rates applied to the consumer. Furthermore, it is an economically viable proposal by its cost relative to their market alternatives, in addition to the ongoing return on investment in 12 months.

**Keywords:** Energy Efficiency. Shutdown Standby. Sensor Wireless Network. Supervisory System. Case Based Reasoning.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura de um nó sensor, segundo Akyildiz e Vuran 2010 . . . . .	27
Figura 2 – Pilha de protocolos da Rede de Sensores, conforme Akyildiz e Vuran 2010 .	30
Figura 3 – Aplicação de uma corrente em condutor com a presença de um campo mag- nético perpendicular . . . . .	32
Figura 4 – Camadas da base e do sensor . . . . .	34
Figura 5 – Módulo de comunicação BE900 . . . . .	35
Figura 6 – Integração ScadaBR/Radiuino através da pilha de protocolos . . . . .	36
Figura 7 – Ciclo do RBC, conforme Aamodt e Plaza 1994 . . . . .	38
Figura 8 – Diagrama de blocos da solução proposta por Tsai et al. 2012 . . . . .	40
Figura 9 – Diagrama de blocos da solução proposta por Tsai et al. 2013 . . . . .	41
Figura 10 – HiSAVER SWE-100U Motion Sensored Energy Saving Surge Protector . .	42
Figura 11 – Visão de Instalação do ECONOTECH . . . . .	42
Figura 12 – Solução mPower . . . . .	43
Figura 13 – Similaridade entre aparelhos com o coeficiente Jaccard . . . . .	43
Figura 14 – Ontologia de correlação entre as tarefas e os aparelhos eletroeletrônicos . .	44
Figura 15 – Diagrama de Blocos Visão Geral . . . . .	48
Figura 16 – Diagrama de Blocos Visão Geral . . . . .	49
Figura 17 – Diagrama de Blocos Visão Geral . . . . .	51
Figura 18 – Diagrama de Estado Aprendizado . . . . .	52
Figura 19 – Diagrama de Estado Aplicando Perfil . . . . .	53
Figura 20 – Diagrama do Estado Evento . . . . .	54
Figura 21 – Diagrama de Estado do Sensor de Corrente . . . . .	55
Figura 22 – Diagrama de Estado Sensor de Movimento . . . . .	56
Figura 23 – Disposição dos Sensores nos Cômodos . . . . .	57
Figura 24 – Disposição dos Sensores no Ambiente . . . . .	58
Figura 25 – Módulo UartBee . . . . .	59
Figura 26 – Placa DK 103 . . . . .	60
Figura 27 – Circuito Complementar Tensão Positiva . . . . .	60
Figura 28 – Parâmetros do <i>Data Souce</i> . . . . .	62
Figura 29 – <i>Data Point</i> RSSI Downlink . . . . .	63
Figura 30 – <i>Watch list</i> . . . . .	63

Figura 31 – Criação do Relatório e Exportação dos Dados . . . . .	64
Figura 32 – Base de dados formatada jCOLIBRI . . . . .	65
Figura 33 – Configuração da similaridade global e peso dos atributos . . . . .	65
Figura 34 – Algoritmo de consulta a base de casos . . . . .	66
Figura 35 – Agendamento de Acionamento . . . . .	66
Figura 36 – Tratamento de Eventos . . . . .	67
Figura 37 – Nível de tensão da bateria . . . . .	68
Figura 38 – Medição no multímetro do nível de tensão da bateria após experimento . . . . .	68
Figura 39 – Medição multímetro nível de corrente decodificador . . . . .	70
Figura 40 – Resultado do 1º e 2º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3 . . . . .	71
Figura 41 – Resultado do 3º e 4º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3 . . . . .	71
Figura 42 – Saída do 1º e 2º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3 . . . . .	72
Figura 43 – Visão das 8h às 9h do perfil do 1º período . . . . .	73
Figura 44 – Saída Corrente . . . . .	73
Figura 45 – Perfil da Tomada 24 horas . . . . .	74
Figura 46 – Percentual de consumo . . . . .	75
Figura 47 – Percentual de consumo . . . . .	75
Figura 48 – Conjunto Experimental . . . . .	84
Figura 49 – Dia 12/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21" . . . . .	85
Figura 50 – Dia 13/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21" . . . . .	85
Figura 51 – Dia 14/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21" . . . . .	86
Figura 52 – Dia 15/03/2015 das 00h às 05h57 - Televisor 21" . . . . .	86
Figura 53 – Dia 12/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame . . . . .	87
Figura 54 – Dia 13/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame . . . . .	87
Figura 55 – Dia 14/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame . . . . .	88
Figura 56 – Dia 15/03/2015 das 00h às 05h57 - Videogame . . . . .	88
Figura 57 – Dia 08/03/2015 das 06h27 às 23h59 - Decodificador HD . . . . .	89
Figura 58 – Dia 09/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD . . . . .	89
Figura 59 – Dia 10/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD . . . . .	90
Figura 60 – Dia 11/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD . . . . .	90

Figura 61 – Dia 08/03/2015 das 06h27 às 23h59 - Televisor 32" . . . . .	91
Figura 62 – Dia 09/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32" . . . . .	91
Figura 63 – Dia 10/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32" . . . . .	92
Figura 64 – Dia 11/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32" . . . . .	92
Figura 65 – Dia 12/03/2015 a 15/03/2015 - Cômodo 2 . . . . .	93
Figura 66 – Dia 08/03/2015 a 11/03/2015 - Cômodo 3 . . . . .	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo de Energia de Equipamentos em StandBy em Watts . . . . .	26
Tabela 2 – Componentes utilizados na construção do protótipo . . . . .	58
Tabela 3 – Configuração dos <i>Data points</i> . . . . .	62
Tabela 4 – RSSI Médio e Desvio Padrão . . . . .	69
Tabela 5 – Leitura correntes Cômado 2 . . . . .	69
Tabela 6 – Leitura correntes Cômado 3 . . . . .	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro comparativo dos trabalhos relacionados e a proposta da dissertação	47
Quadro 2 – Especificação dos Estados do Cenário Aprendizado . . . . .	53
Quadro 3 – Especificação das Transições do Cenário Aprendizado . . . . .	53
Quadro 4 – Especificação dos Estados do Cenário Aplicando Perfil . . . . .	54
Quadro 5 – Especificação das Transições do Cenário Aprendizado . . . . .	54
Quadro 6 – Especificação dos Estados do Cenário Evento . . . . .	55
Quadro 7 – Especificação das Transições do Cenário Evento . . . . .	55
Quadro 8 – Especificação dos Estados do Sensor de Corrente . . . . .	55
Quadro 9 – Especificação das Transições do Sensor de Corrente . . . . .	56
Quadro 10 – Especificação do Estado do Sensor de Movimento . . . . .	56
Quadro 11 – Especificação das Transições do Sensor de Movimento . . . . .	56
Quadro 12 – Parametrização da Potência, Canal de Comunicação e Endereço de Rede .	61
Quadro 13 – Descrição da estrutura do caso . . . . .	64
Quadro 14 – Perfil de funcionamento das tomadas Cômodo 3 . . . . .	73
Quadro 15 – Consumo em <i>standby</i> . . . . .	74
Quadro 16 – Números de assinantes de televisão por assinatura no Brasil por região . . .	76
Quadro 17 – Previsão de consumo e gasto total com assinantes do Brasil com equipa- mentos em <i>standby</i> em um mês de acordo com o experimento realizado . . . . .	76
Quadro 18 – Custos com Experimento . . . . .	77

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Corrente Alternada
ADC	Conversor Analógico Digital
AMPS	Adaptive Multi-domain Power Aware Sensors
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASK	Amplitude Shift Keying
BACnet	Building Automation and Control NETWORKS BEAN] Brazilian Energy-Efficient Architectural Node
CASPRE	Context-Aware Standby Power Reduction
CFL	Lâmpadas Fluorescente Compactas
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DC	Corrente Contínua
DNP3	Distributed Network Protocol
DSN	Rede de Sensores Distribuída
EE	Eficiência Energética
EEPROM	Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory,
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FSK	Frequency Shift Keying
ID	Identification
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IHM	Interface Homem Máquina
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IoT	Internet of things
IP	Internet Protocol
IR	InfraVermelho
ISO	International Organization for Standardization
LLC	Logical Link Control
LQI	Link Quality Indicator

MAC	Media Access Control
ONU	Organização das Nações Unidas
OPC	OLE for Process Control
OSI	Open Systems Interconnection
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica
PROESCO	Programa de Financiamento de Projetos em Eficiência Energética
PV	Fotovoltaico
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
RF	Radio Frequency
RSSF	Rede de Sensores Sem Fio
RSSI	Radio Signal Strength Indicator
SCADA	Sistema Supervisório de Controle e Aquisição de Dados
SIM	Sensor Interface Module
SPI	Serial Peripheral Interface Bus
SRAM	Static Random Access Memory
SRAM	Static Random Access Memory
TCP	Transmission Control Protocol
TG	Tomada Gerenciável
USART	Universal Synchronous Asynchronous receiver Transmitter
USB	Universal Serial Bus WSN] Wireless Sensor Network

## LISTA DE SÍMBOLOS

$B$	Campo magnético
$\sigma$	Desvio padrão
$d$	Distância em metros
$dbm$	Potência de transmissão em decibel
$I$	Corrente elétrica
$P$	Potência
pH	Potencial Hidrogênionico
$R$	Resistência
$V$	Tensão

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	19
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	19
1.2	OBJETIVOS	21
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	21
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	22
1.3	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	22
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	23
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EE)	23
<b>2.1.1</b>	<b>Eficiência Energética no Brasil</b>	24
<b>2.1.2</b>	<b>Consumo de Energia no Brasil</b>	25
2.2	REDES DE SENSORES SEM FIO (RSSF)	26
<b>2.2.1</b>	<b>Aplicação das redes de sensores</b>	29
<b>2.2.2</b>	<b>Pilha de protocolos das redes de sensores</b>	29
<b>2.2.3</b>	<b>Tipos de sensores</b>	31
2.2.3.1	Sensores de Presença e de Movimento	31
2.2.3.2	Sensores de Corrente	32
<b>2.2.4</b>	<b>Tecnologias para RSSF</b>	33
2.2.4.1	Plataforma Rádiuino	33
2.3	SISTEMAS SUPERVISÓRIOS	34
<b>2.3.1</b>	<b>Sistema Supervisório ScadaBR</b>	35
2.4	RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS	36
<b>2.4.1</b>	<b>Funcionamento do RBC</b>	37
<b>2.4.2</b>	<b>Representação do Caso</b>	38
<b>2.4.3</b>	<b>jCOLIBRI</b>	39
2.5	TRABALHOS RELACIONADOS	39
<b>2.5.1</b>	<b>Desligamento de <i>Standby</i> de Monitores</b>	39
<b>2.5.2</b>	<b>Soluções Proprietárias - Desligamento de <i>Standby</i></b>	41
<b>2.5.3</b>	<b>Solução Código Livre - Desligamento de <i>Standby</i></b>	43
<b>2.5.4</b>	<b>Discussão dos Trabalhos Relacionados</b>	44
2.5.4.1	Tomada Inteligente	44
2.5.4.2	Conjunto com Tomadas Inteligentes	45
2.5.4.3	Desligamento Automático em <i>Standby</i>	45
2.5.4.4	Solução em Código Aberto	45
2.5.4.5	Conexão a Rede Local/Internet	45
2.5.4.6	Rede de Baixo Consumo	46
2.5.4.7	Software de Gestão	46
2.5.4.8	Aprendizagem do Ambiente	46
2.5.4.9	Geração do Perfil por Ambiente	47
<b>3</b>	<b>MODELO DE CONTROLE DE CONSUMO DE ENERGIA PARA DISPOSITIVOS EM MODO STANDBY</b>	48
3.1	ARQUITETURA	48
<b>3.1.1</b>	<b>Aplicação <i>WEB</i> - Sistema Supervisório + RBC</b>	48
<b>3.1.2</b>	<b>Régua e Tomadas Gerenciáveis</b>	49
<b>3.1.3</b>	<b><i>Gateway</i> Residencial</b>	50
<b>3.1.4</b>	<b>Controlador</b>	50
3.2	MODELAGEM	50
<b>3.2.1</b>	<b>Descrição do Funcionamento do Sistema</b>	51

3.2.2	<b>Modelagem Aprendizado</b>	52
3.2.3	<b>Modelagem Aplicando Perfil</b>	53
3.2.4	<b>Modelagem Evento</b>	54
3.2.5	<b>Modelagem Sensores</b>	55
3.2.5.1	Modelagem Sensor de Corrente	55
3.2.5.2	Modelagem Sensor de Movimento	56
4	<b>METODOLOGIA</b>	57
4.1	<b>EXPERIMENTO</b>	57
4.1.1	<b>Rede de Sensores Sem Fio</b>	59
4.1.1.1	Nó Base	59
4.1.1.2	Nó Sensor	59
4.1.1.3	Sensor de Corrente (SCT-013-000)	60
4.1.1.4	Sensor Infravermelho Passivo	61
4.1.1.5	Configuração da RSSF	61
4.1.2	<b>Configuração do Sistema Supervisório ScadaBR</b>	61
4.1.3	<b>Integração entre o Sistema Supervisório e o RBC</b>	63
5	<b>RESULTADOS</b>	68
5.1	ANÁLISE DO NÍVEL DA BATERIA	68
5.2	ANÁLISE DA INTENSIDADE DE SINAL RECEBIDO	69
5.3	ANÁLISE DA CORRENTE E DO MOVIMENTO	69
5.3.1	<b>Perfil de Consumo</b>	74
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS</b>	78
6.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
6.2	TRABALHOS FUTUROS	79
	<b>REFERÊNCIAS</b>	81
	<b>APÊNDICE A – Conjunto Experimental</b>	84
	<b>APÊNDICE B – Gráficos da Leitura dos Sensores de Movimento e Corrente do Televisor Cômodo 2</b>	85
	<b>APÊNDICE C – Gráficos da Leitura dos Sensores de Movimento e Corrente do Videogame Cômodo 2</b>	87
	<b>APÊNDICE D – Gráficos da Leitura dos Sensores de Movimento e Corrente do Decodificador Cômodo 3</b>	89
	<b>APÊNDICE E – Gráficos da Leitura dos Sensores de Movimento e Corrente do Televisor Cômodo 3</b>	91
	<b>APÊNDICE F – Gráficos da Leitura do RSSI UP e DOWN</b>	93
	<b>ANEXO A – Código Camada Física</b>	94
	<b>ANEXO B – Código Camada de Rede</b>	95
	<b>ANEXO C – Mapa 52 Bytes</b>	96

# 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem como propósito contextualizar os problemas referentes à eficiência energética e ao consumo de energia proveniente de dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*, expondo a problemática, a justificativa e os objetivos que levaram à realização deste trabalho. A Seção 1.1, destaca a preocupação mundial com a escassez de recursos energéticos, os programas desenvolvidos pelos governos para promover ações de melhoria do uso de energia e o impacto do modo *standby* de aparelhos eletrônicos no consumo de energia. Já a Seção 1.2, define o objetivo geral do trabalho bem como os objetivos específicos. Por fim, a Seção 1.3, apresenta a estrutura desta dissertação.

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A escassez energética é uma das maiores preocupações mundiais, uma vez que o crescimento econômico e populacional dos países, o aumento do poder aquisitivo da população e os avanços tecnológicos, elevam os gastos de energia (SOUSA; MARTINS; JORGE, 2013).

Diante dessa preocupação, a *Commission on Environment and Development*, vinculada à ONU, definiu que o desenvolvimento sustentável deve satisfazer às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprirem suas necessidades (BRUNDTLAND et al., 1987).

Assim, tendo em vista à escassez de recursos energéticos e o conceito de desenvolvimento sustentável, diversos países adotaram, ao longo dos anos, programas de eficiência energética, os quais proporcionaram ações de melhoria no uso da energia.

No Brasil, programas voltados ao uso racional de energia elétrica focam na substituição por equipamentos eletroeletrônicos mais eficientes, na intervenção em projetos arquitetônicos e na conscientização da população a partir de ações educativas, a exemplo do Programa Brasileiro de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e do Programa de Financiamento de Projetos em Eficiência Energética (PROESCO) (EPE, 2007). Tais programas atingem os diferentes setores de consumo energéticos: agropecuário, comercial, industrial, público, residencial e transporte (EPE, 2015).

Dentre os setores de consumo de energia elétrica, em 2014, o residencial foi responsável por 24,9% do consumo energético brasileiro, despontando como segundo maior percentual, atrás apenas do setor industrial com 38,8%.(EPE, 2015)

Com intuito diminuir o consumo energético no setor residencial, o Conselho Empresarial

Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável recomenda o desligamento dos dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby* (CEBDS, 2016). Para facilitar tal prática e torná-la transparente ao usuário, esse órgão incentiva o desenvolvimento de tecnologias de tomadas inteligentes, capazes de desligar automaticamente os dispositivos quando estes acionarem o modo *standby*.

De acordo com Vendrusculo (2005), o modo *standby* é caracterizado pela conexão permanente do dispositivo eletroeletrônico à rede elétrica, mas sem uso efetivo. Neste modo de operação, o equipamento retorna ao funcionamento mediante a intervenção do usuário, geralmente via controle remoto. Tal definição é ratificada por Sales e Pereira (2014), quando afirmam que a função *standby* designa o modo de espera do aparelho conectado a energia elétrica, visando proporcionar conforto ao usuário. Lim et al. (2016) define o modo *standby* como a energia consumida pelo aparelho quando não está realizando suas funções principais.

Embora aumente o consumo, o modo *standby* proporciona ao usuário do dispositivo eletroeletrônico o conforto do rápido religamento do aparelho e algumas facilidades na utilização destes, dentre elas, o acionamento via de controles remotos (RODRIGUES, 2009; SALES; PEREIRA, 2014).

Ocorre que, segundo Sales e Pereira (2014), o consumo dos dispositivos eletroeletrônicos durante o *standby* representam aproximadamente 15% da conta de energia elétrica residencial. Para Rodrigues (2009), o consumo de energia, durante o modo *standby*, de alguns aparelhos comumente encontrados nas residências brasileira tais como, televisores, computadores, impressoras e microondas, assemelha-se ao consumo dos respectivos dispositivos em funcionamento, pois normalmente, tais aparelhos permanecem a maior parte do tempo em *standby*. Em uma investigação realizada em Omã, (SOLANKI; MALLELA; ZHOU, 2013) foi concluído que 1,89 MW é gasto com aparelhos de TV em *standby* no país, sendo que 42,72% da energia consumida poderia ser salva pelos usuários finais se aplicados programas de gestão de energia, padrões de eficiência energética, rotulagem e instrumentos políticos para combater as perdas de energia.

Nessa mesma linha de pensamento, nos últimos anos, surgiram propostas de tomadas inteligentes capazes de desligar automaticamente dispositivos no modo *standby*, a exemplo de Tsai et al. (2012) que propuseram uma tomada para o desligamento automático de monitores em *standby* através de um sensor infravermelho para detecção da ausência de usuários. E, em 2013, os mesmos autores aperfeiçoaram o sistema, substituindo-o por um módulo de ultrassom para detectar presença e aproximação do usuário e ativar o modo *standby* do aparelho (TSAI et al., 2013).

Semelhantemente a Tsai et al. (2012, 2013), o HiSAVER Energy Saving utiliza um sensor

de presença para reduzir 60% do consumo de energia através do desligamento de computadores em *standby*.

Já Sales e Pereira (2014) desativam o modo *standby* de inúmeros aparelhos por agendamento de horário ou pela identificação automática da diminuição na corrente que alimenta o dispositivo. Este trabalho se diferencia dos supracitados, uma vez que utiliza sensores de corrente e comunicação *ZigBee* para religamento do *standby*.

Há ainda, Ubiquiti Networks, que segue a linha de acionamento e desligamento do *standby* através de regras configuráveis em seus dois modelos de tomadas, nesse modelo a comunicação com o *software* embarcado para configuração da tomada é realizado via conexão Ethernet, a cabo ou sem fio.

Ocorre que, embora os trabalhos já mencionados apresentem propostas de tomadas inteligentes com o uso de sensores de presença ou de corrente para redução do consumo de energia em dispositivos no modo *standby*, eles: (i) não utilizam os sensores de forma combinada; (ii) não implementam um sistema de aprendizagem para modelar o perfil do ambiente, tornando o processo autônomo; (iii) são tecnologias proprietárias.

Neste ínterim, o trabalho ora apresentado propõe uma tomada com gerenciamento inteligente, a fim de maximizar a eficiência energética de dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*, a partir da utilização de sensores de presença e de corrente. Para tanto, realizou-se a integração de um sistema de raciocínio baseado em casos (RBC) a um sistema supervisor, este sobre uma rede de sensores sem fio, cujo propósito é inferir perfis de utilização de dispositivos eletroeletrônicos nos ambientes. Por fim, ressalta-se que toda a solução foi desenvolvida com componentes, ferramentas e sistemas de código aberto.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O principal objetivo deste trabalho é maximizar a eficiência energética em residências, a partir do desligamento inteligente, através de tomadas gerenciáveis, de dispositivos eletroeletrônicos que operam em modo *standby*.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

São os objetivos específicos deste trabalho:

- a) Investigar o consumo de energia em modo *standby* dos principais aparelhos eletroeletrônicos encontrados em residências brasileiras;
- b) Analisar modelos, técnicas e/ou ferramentas que aumentem a eficiência energética de dispositivos que operam no modo *standby*;
- c) Integrar um sistema de raciocínio baseado em casos (RBC) a um sistema supervisor sobre uma rede de sensores sem fio, com o propósito de inferir perfis de utilização de dispositivos eletroeletrônicos, por ambiente, para tomadas com gerenciamento inteligente;
- d) Modelar tomadas com gerenciamento inteligente para maximizar a eficiência energética de dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*;
- e) Validar, por meio de experimento, a redução do consumo de energia de dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*, a partir do uso de tomadas gerenciais inteligentes em residências.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

O restante da dissertação está organizada em 6 (seis) capítulos.

No Capítulo 2 está apresentada a fundamentação teórica, contendo os principais conceitos utilizados no trabalho estruturados nas seções sobre eficiência energética, raciocínio baseado em casos, redes de sensores sem fio e sistemas supervisórios.

No Capítulo 3 são abordados os principais produtos, modelos, metodologias e ferramentas para desligamento automático do modo *standby* dos aparelhos eletroeletrônicos, buscando descrever o estado da arte do tema tratado.

No Capítulo 4, é descrito, de forma detalhada, o modelo da uma tomada gerencial e inteligente proposta neste trabalho.

No Capítulo 5, por sua vez, é descrita a metodologia de validação da tomada proposta.

No Capítulo 6 são apresentados e analisados os resultados do experimento de validação realizado.

Por fim, no Capítulo 7, são apresentadas as considerações finais da pesquisa, bem como, as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo, apresenta conceitos básicos relacionados à proposta da dissertação, com a finalidade de entendimento das tecnologias utilizadas para a coleta das informações, a plataforma de armazenamento e para a técnica utilizada para prover a inteligência. Para tanto, esse capítulo está subdividido em seções. Na Seção 2.1, é descrita como a eficiência energética é tratada em âmbito mundial, o programa brasileiro de eficiência energética e algumas alternativas propostas para a redução de energia elétrica. Já na Seção 2.2, são apresentados os conceitos básicos de redes de sensores sem fio de baixo consumo, a plataforma de *hardware* de código aberto adotada e noções de sensores de movimento e de corrente. Em seguida, na Seção 2.3 são apresentadas concepções sobre os sistemas supervisórios e características do *software* de código aberto utilizado. Mais adiante, na Seção 2.4 são vistos conceitos sobre a técnica de raciocínio baseado em casos, o *framework* utilizado. Por fim, na Seção 2.5 são apresentados os trabalhos relacionados no mundo acadêmico e comercial em comparação a proposta da dissertação.

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (EE)

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, destacou-se mundialmente durante a crise do petróleo, na década de 70, quando ficou evidenciado que "[...] as reservas fósseis não seriam baratas para sempre, nem o seu uso seria sem prejuízos para o meio ambiente." (EPE, 2007, p. 13).

De acordo com o *World Energy Council* (2013), foi assinado em 1997 o Protocolo de Kyoto o qual estabeleceu medidas de redução de emissão de gases e incentivou a substituição do petróleo por outros recursos menos impactantes ao meio ambiente. Assim, desde então, inúmeros países implantaram políticas de Eficiência Energética (EE) adaptadas às suas realidades locais (WEC, 2013). Contudo, com implantação de tais políticas, estima-se que a necessidade energética mundial dobre até 2050, devido ao crescimento populacional e econômico, a urbanização contínua, o aumento da demanda resultante na mobilidade e demais serviços dependentes de energia (SOUSA; MARTINS; JORGE, 2013).

Ademais, uma demonstração da preocupação com a EE também está presente na Itália, no Reino Unido e na França, além de alguns estados dos EUA e Austrália, evidência disto foi a implantação do *White Certificates Systems* (*WhC Systems*) no EUA, visando reduzir o consumo de energia rotulando os produtos com sua eficiência (DUZGUN; KOMURGOZ, 2014). Outra iniciativa dos EUA foi a criação do sistema de classificação de eficiência energética para

construções residenciais (KOO et al., 2014).

Note-se que, em alguns momentos, é a necessidade que impulsiona o desenvolvimento de políticas de EE, como a grave seca que afetou Uganda, em 2004, e culminou na redução da capacidade de geração de energia hidrelétrica. Na ocasião, o Banco Mundial investiu em campanhas de sensibilização e na distribuição de 800.000 Lâmpadas Compactas Fluorescentes (CFL), com o objetivo de reduzir o consumo mediante a substituição das lâmpadas incandescentes (HEFFNER et al., 2010).

Outrossim, desde a crise energética em 2001, o Brasil evoluiu bastante na legislação, na capacitação, no conhecimento e na conscientização de diversos setores com relação a EE, conforme será discutido a seguir na Seção 2.1.1.

### **2.1.1 Eficiência Energética no Brasil**

A crise energética brasileira de 2001, foi ocasionada pelo crescimento do consumo de energia na década de 90, o qual superou o aumento na produção energética do período, associado a um período de escassez de chuvas na região dos reservatórios (TOLMASQUIM, 2000).

Este cenário obrigou o governo brasileiro a promulgar a Lei de Eficiência Energética (nº. 10.295/2001), que estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional e falhas no planejamento setorial (PROCEL, 2014).

De acordo com PROCEL (2014, p. 49),

A Lei de Eficiência Energética é o instrumento que determina a existência de níveis mínimos de eficiência energética (ou máximos de consumo específico de energia) de máquinas e aparelhos consumidores de energia (elétrica, derivados de petróleo ou outros insumos energéticos) fabricados ou comercializados no país, bem como de edificações construídas, com base em indicadores técnicos pertinentes e de forma compulsória.

Além da legislação, vários programas visando a eficiência energética foram implantados no país, dentre eles, destacam-se: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO; o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cuja coordenação executiva está a cargo da Eletrobrás (PROCEL, 2010); bem como, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de EE de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).

Neste contexto, surgiu também o Procel Edifica, visando apoiar a viabilização da Lei de Eficiência Energética por meio do Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica). O principal objetivo desta política é "[...] contribuir com a expansão, de forma

energeticamente eficiente, do setor de edificações do país, reduzindo os custos operacionais na construção e utilização dos imóveis"(PROCEL, 2014, p. 27).

Estima-se que o Procel Edifica possui um potencial de redução de consumo de energia de 50% em novas edificações e 30% em reformas que englobem ações de eficiência energética nos sistemas água, luz e ventilação. Para isso, este programa atua em 6 (seis) vertentes: capacitação, tecnologia, disseminação, regulamentação, habitação e eficiência energética, e planejamento.

## 2.1.2 Consumo de Energia no Brasil

As unidades consumidoras de energia no Brasil são classificadas em dois grupos tarifários: o Grupo A, que atende tensões acima de 2.300 volts (alta tensão) e o Grupo B que agrupa consumidores de baixa tensão, menores que 2.300 volts. Este grupo engloba residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, grande parte dos edifícios comerciais e a maioria dos prédios públicos federais(PROCEL, 2011).

Segundo Barros, Borelli e Gedra (2015), as faturas de consumo de energia dos consumidores do Grupo B são estabelecidas em reais por megawatt-hora, sendo que em situações nas quais o consumidor não faça uso da energia, a exemplo de uma viagem em férias, o consumo é cobrado por uma taxa mínima estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para cada perfil de unidade consumidora. Tal cobrança mantém o funcionamento e a disponibilidade da rede elétrica pela concessionária, garantindo o uso da energia elétrica sempre que o usuário desejar.

No que se refere ainda ao aumento do gasto de energia elétrica, principalmente o consumo residencial, um dos fatores que contribuem para esse aumento é o modo *standby* dos dispositivos eletroeletrônicos(RODRIGUES, 2009). Ocorre que, em troca do conforto, o usuário utiliza este modo de espera, que consome pequenas quantidades de energia por longos períodos durante dia, resultando em um gasto significativo no final do mês. De acordo com Sahin e Koksall (2014), muitos equipamentos ficam até 24 horas em *standby* e consomem uma quantidade considerável de energia neste modo de operação, conforme demonstrados na Tabela 1.

Assim, o problema do consumo se agrava porque, em decorrência do acelerado avanço tecnológico, surgem com mais frequência, especialmente nas residências, dispositivos que utilizam este recurso *standby*. Diante desta tendência, muitos países e órgãos não governamentais adotaram medidas para reduzir o gasto de energia como, por exemplo, padrões de eficiência energética e incentivo para o lançamento de novos aparelhos no mercado e a aplicação de notas

Tabela 1 – Consumo de Energia de Equipamentos em StandBy em Watts

Equipamentos	Mínimo	Médio	Máximo
TV CRT	0.0	5.1	21.9
TV LCD	0.0	1.8	13.6
TV Plasma	0.4	4.7	19.0
TV LED	0.0	0.3	0.9
Receptor de Satellite	0.0	7.5	23.1
Home Theater	0.5	1.7	7.5
Rádio	0.0	1.9	5.1
Despertador	0.0	1.9	4.0
Computador	0.1	3.4	15.0
Monitor	0.2	2.4	12.4
Roteador	0.1	4.6	8.3
Notebook	0.3	3.0	20.0
Microondas	0.1	1.4	2.4
Ar Condicionado	2.1	2.1	2.1
Vídeo Game	0.1	1.6	5.1

Fonte: Adaptado teste de Sahin e Koksall (2014).

de advertência nos rótulos dos equipamentos.(SAHIN; KOKSAL, 2014). Além disso, vários pesquisadores têm estudado o problema do consumo no modo *standby* e os efeitos das políticas na redução do consumo de eletricidade, nos gastos com energia e na emissão de  $CO_2$  (SOLANKI; MALLELA; ZHOU, 2013).

Nessa mesma linha de conhecimento, segundo Solanki, Mallela e Zhou (2013), mais alternativas sustentáveis para o consumo de energia com o modo *standby* são: desligar os aparelhos que raramente são usados; utilizar filtros de linha com interruptor para controlar grupos de aparelhos, facilitando o seu desligamento diário

## 2.2 REDES DE SENSORES SEM FIO (RSSF)

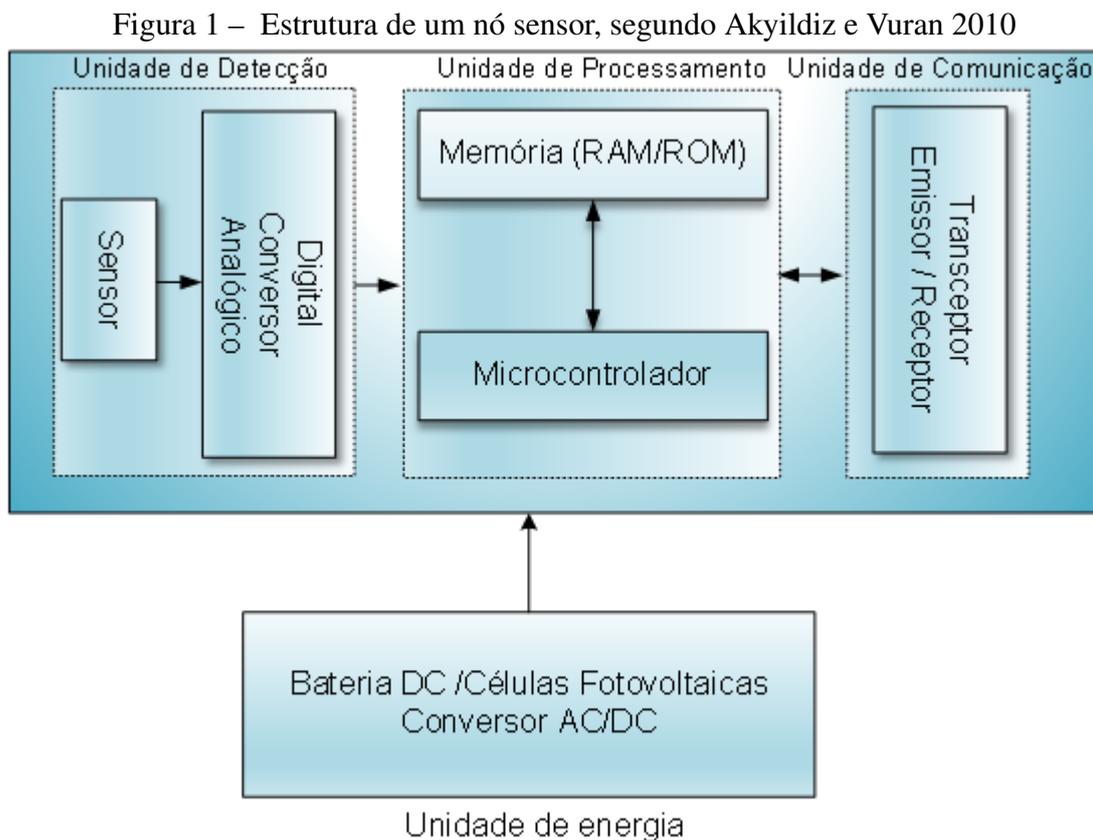
De acordo com Thomazini e Albuquerque (), sensor é um dispositivo que responde a um estímulo físico (calor, luz, som, pressão, etc.) e, a partir disso, produz um sinal elétrico correspondente mensurável.

Os recentes avanços na tecnologia microeletrônica, dos sistemas eletromecânicos e de comunicação, impulsionaram o desenvolvimento e a disponibilidade de sensores modernos e multifuncionais de baixo custo e baixa potência, possibilitando sua aplicação em diferentes áreas, como: militar, industrial, saúde, dentre outras. Além disso, atualmente, é possível observar sua utilização em aplicações na robótica, na automatização de sistemas industriais, no controle de tráfego, no monitoramento de órgãos do corpo humano e em predições inteligentes (AKYILDIZ; VURAN, 2010).

Segundo Karl e Willig (2007), a *Distributed Sensor Network* (DSN) consiste em um

conjunto de sensores geograficamente distribuídos em mais de um ambiente, com o objetivo de colher informações sobre vários estímulos físicos. McGrath e Scanail () corroboram com esse conceito, pois consideram que uma RSSF é constituída por sensores distribuídos espacialmente, que cooperam entre si para observar e controlar fenômenos físicos, sendo também chamados de nós sensores.

Para Karl e Willig (2007), um nó sensor geralmente é constituído por cinco componentes: um controlador, uma unidade de memória, uma unidade de monitoramento e acionamento, uma unidade de comunicação e uma unidade de energia. Já Akyildiz e Vuran (2010), propuseram que, um dispositivo usado nas RSSFs moderno é composto por um dispositivo de detecção, um microcontrolador, uma memória e um transceptor e que sua estrutura depende da sua aplicação, conforme ilustrado na Figura 1.



Fonte: Extraída de Akyildiz e Vuran (2010).

Conforme ilustrado na imagem acima (Figura 1), a unidade de detecção é geralmente composta de sensores e *Analogic Digital Converter* (ADCs), de modo que os sinais analógicos são captados pelos sensores, observam o fenômeno e são convertidos em sinais digitais pelo ADC e, em seguida, enviados para a unidade de processamento. A unidade de processamento, por sua vez instrui o nó sensor a realizar as tarefas de detecção a ele atribuída e gerencia a

colaboração entre os nós sensores. Nota-se que a unidade de processamento tem a capacidade de armazenamento suficiente para sistemas operacionais em tempo real, protocolos e outras aplicações específicas (KARL; WILLIG, 2007).

A unidade de energia, no entanto, fornece a alimentação necessária para o funcionamento do nó sensor, podendo ser oriunda de diferentes fontes, a exemplo de pilhas, células solares ou alimentados pela concessionária. Por fim, a unidade de emissão e recepção, também chamada de unidade de comunicação, é responsável por ligar o nó à rede. Portanto, de acordo com Iyengar et al. (2011), a unidade de comunicação precisa preencher alguns requisitos para um melhor modelo das RSSF, dentre eles:

- Ser capaz de entrar em vários estados de conservação de energia, dependendo do seu estado;
- Operar em múltiplos canais;
- Ser dinâmico, mudando automaticamente a taxa de transmissão, modulação, codificação e potência de transmissão diante a sua aplicabilidade em tempo real no ambiente proposto, no sentido de conservação de energia, sem prejudicar o tráfego das informações;
- Dimensionar corretamente o ganho, a sensibilidade e a eficiência para disponibilizar o nó na rede, bem como proporcionar a conservação de energia em consonância com o item anterior;
- Garantir a qualidade do sinal recebido (*Received Signal Strength Indicator (RSSI)*).

Ainda segundo Iyengar et al. (2011), os nós sensores podem ter várias aplicações, sendo assim, classificam-se em três categoriais de acordo com o seu propósito: embarcados, sistemas no chip e computadores de uso geral.

Os nós sensores de sistemas embarcados são compactos, de baixo custo, com limitações de memória e de processamento, podendo ser customizado para cada projeto a ser aplicado e, normalmente, utilizam sistemas operacionais *TinyOS* ou específicos desenvolvidos para esse tipo de nó sensor. Nestes sistemas operacionais baseados em eventos, todas as funções são divididas em componentes individuais que interagem através de interfaces de comandos e pequenos eventos, trazendo uma maior aplicabilidade para alcançar objetivos específicos em diversas áreas (IYENGAR et al., 2011).

Já os nós sensores de sistemas no chip são extremamente pequenos e de baixíssima potência. Prevê-se que estes sensores poderão ser misturados ao material de pintura para ser aplicados na superfície das pontes, com o objetivo de monitorar as suas condições físicas e

estruturais (IYENGAR et al., 2011).

Por fim, os nós sensores para computadores de uso geral são maiores, com maior capacidade de memória e de processamento, comparados aos demais, e eles utilizam sistemas operacionais comumente encontrados no mercado que funcionam em tempo real, tais como, *Linux*, *Windows CE*. Estes sensores também utilizam comunicações *wireless* com o padrão IEEE 802.11 ou *Bluetooth*. Atualmente um exemplo desta categoria de sensores pode ser encontrada em microfones que são interligados a câmeras de vídeo (IYENGAR et al., 2011).

### **2.2.1 Aplicação das redes de sensores**

Segundo Akyildiz e Vuran (2010), as RSSF são usadas para aquisições de informações sobre várias entidades de interesses. Com as características de baixo custo e consumo de energia, os sensores inteligentes multifuncionais permitem a sua aplicação em diferentes áreas, como:

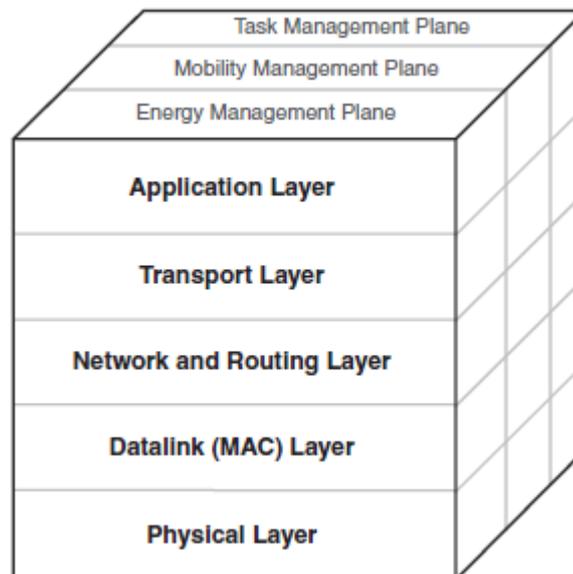
- Aplicações militares - especialmente na vigilância do campo de batalha nuclear, biológica, química e na detecção de ataques;
- Aplicações civis - com o monitoramento de ambiente, a observação do tempo e em previsões climáticas;
- Aplicações médicas - por meio de monitoramento de pacientes dentro dos hospitais ou por telemonitoramento dos doentes em suas residências;
- Aplicações em ambientes - a exemplo de monitoramento, gerenciamento e automação de edifícios, de casas, de escritórios, de universidades, de laboratórios, de museus, de jardins de infância;
- Aplicações de gerenciamento veicular - notadamente gerenciamento de estacionamento privado e de pedágios, controle de tráfego, dentre outros. Para tanto, estes sensores são associados a outros dispositivos ou componentes, como câmeras, semáforos, radares e painéis.

### **2.2.2 Pilha de protocolos das redes de sensores**

De acordo com Akyildiz e Vuran (2010), a atual estrutura de protocolos das redes de sensores baseia-se no modelo Open Systems Interconnection (OSI), portanto, é definida em cinco camadas e três planos. As camadas são: física, enlace de dados (MAC), rede e roteamento, transporte e aplicação. Já os planos são divididos em gerenciamento de tarefas, de mobilidade e de energia, conforme apresentado adiante na Figura 2. Assim, através desta pilha de protocolos,

a rede de sensores é capaz de conhecer seu custo de energia e de roteamento associado ao protocolo de rede e então, gerenciar o uso da energia no meio sem fio relativo a comunicação entre os nós sensores.

Figura 2 – Pilha de protocolos da Rede de Sensores, conforme Akyildiz e Vuran 2010



Fonte: Extraída de Akyildiz e Vuran (2010).

As cinco camadas ilustradas na Figura 2, compõem a pilha de protocolos das redes de sensores e são responsáveis:

- *Physical Layer* (Camada Física) – pela conversão analógica/digital-digital/analógica, pela modulação/demodulação e pelas técnicas de emissão e recepção de rádio frequência;
- *Datalink Layer* (Camada de Enlace de Dados) – pelo controle do acesso, da energia disponível de operação, recuperação de erros com a capacidade de minimizar as possíveis colisões;
- *Network Layer* (Camada de Rede) – pelo roteamento, pela transmissão de dados de um para muitos e muitos para um em uma RSSF. Ressalta-se que os protocolos de roteamento padrão não são úteis para uso em RSSF, sendo que raramente se preocupam com o consumo de energia, fator crítico em uma RSSF. Além disso, é difícil implantar tabelas de roteamento padrão devido à limitação de processamento e memória das RSSF;
- *Transport Layer* (Camada de Transporte) – por fornecer portas ou interfaces de transportes para as aplicações, lidando com o fluxo de dados a depender da necessidade da

rede;

- *Application Layer* (Camada de Aplicação) – por meio das camadas inferiores, das solicitações específicas realizadas pelos aplicativos durante sua execução.

Já os três planos são responsáveis por:

- *Energy Management Plane* (Plano de Gerenciamento de Energia) – gerir o consumo de energia, a utilidade de táticas e decisões para poupar e aumentar o tempo de vida da rede;
- *Mobility Management Plane* (Plano de Gerenciamento de Mobilidade) - manter e controlar a localização física dos nós da rede e responder a mudanças nesse *layout*;
- *Task Management Plane* (Plano de Gerenciamento de Tarefas) – agendar e gerenciar as tarefas.

### 2.2.3 Tipos de sensores

Segundo Thomazini e Albuquerque (2008), existe uma grande quantidade de sensores aplicáveis nas áreas predial e industrial, sendo que os sensores comumente encontrados são: sensores de presença e movimento, de pressão, de tensão, de corrente, de posição, de nível, de velocidade, de aceleração, de temperatura, de umidade, de gases, de pH, dentre outros.

Diante da variedade de sensores, esta seção se restringe a conceituar os sensores de corrente, de presença e de movimento, uma vez que estão diretamente relacionados ao presente trabalho.

#### 2.2.3.1 Sensores de Presença e de Movimento

Os sensores de presença e de movimento são muito utilizados, e sua principal diferença é que este detecta o movimento de pessoas ou objetos em uma área monitorada, enquanto aquele se limita a presença de pessoas ou objetos parados ou não. Diante da sensibilidade do sensor de movimento, eles são comumente aplicados em sistemas de vigilância e segurança, controle de iluminação, brinquedos interativos e etc (MAZZAROPPI, 2007). Thomazini e Albuquerque (2008) elencam vários tipos de sensores de proximidade, como: indutivos, capacitivos, ópticos, dentre outros, entretanto para aplicações residenciais destacam-se:

- Sensor infravermelho - Por meio de uma emissão de luz que ao ser refletiva pelo objeto, torna-se possível detectar sua presença e medir sua distância por cálculos da frequência do sinal recebido;

- Sensor acústico - Esse sensor se baseia no mesmo princípio que o sensor infravermelho, o que diferencia é a emissão e percepção através de ondas sonoras no ar;

### 2.2.3.2 Sensores de Corrente

De acordo com Thomazini e Albuquerque (2008), existem no mercado sensores utilizados para medir grandezas elétricas. Sendo habitualmente usados para medição de corrente, esses sensores normalmente utilizam as técnicas de resistor *Shunt* e de efeito *Hall*.

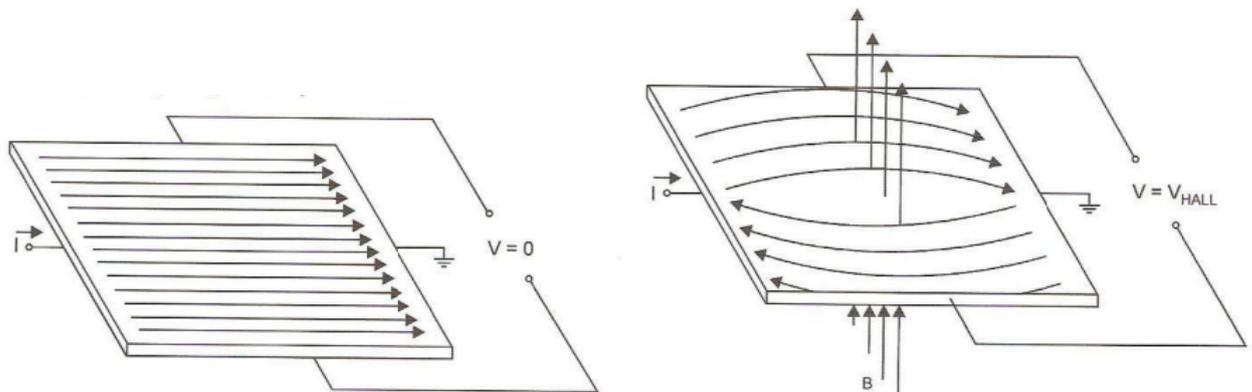
Nesse trabalho foram utilizados sensores com efeito *Hall*, devido à sua fácil aplicação por serem não invasivos, ou seja, não precisam ter contato com o circuito, propondo apenas colocar o sensor em volta de um dos cabos, neutro ou fase.

Segundo Thomazini e Albuquerque (2008, p. 174),

Os sensores de efeito *Hall* são constituídos na sua grande maioria por dispositivos semicondutores que sofrem influência de campo magnético. Por uma placa condutora passa a corrente do circuito e perpendicularmente tem-se um campo magnético, que faz gerar nas laterais da placa condutora uma diferença de potencial (Lei de Lorentz), o qual se conecta a um circuito de medição. Essa diferença de potencial chama-se tensão de *Hall*.

Conforme ilustrado na Figura 3, ao mergulhar perpendicularmente um campo magnético  $B$  em um condutor, percorrido por uma corrente elétrica, surgirá transversalmente um campo elétrico. Esse fenômeno é chamado de efeito *Hall* (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2008).

Figura 3 – Aplicação de uma corrente em condutor com a presença de um campo magnético perpendicular



Fonte: Extraída de Thomazini e Albuquerque (2008).

## 2.2.4 Tecnologias para RSSF

Nos últimos dez anos, surgiram inúmeros projetos de pesquisa e de desenvolvimento de nós sensores, dentre eles, pode-se citar: o Motes, o MacroMotes, o Mica Motes e o PicoRadio, oriundos da Universidade de Berkeley; o *Adaptive Multi-domain Power Aware Sensors* (AMPS) desenvolvido no *Massachusetts Institute of Technology*; o WINS RockWell e o Medusa MK-2 criado pela *University of California*; o Sensor Web do *California Institute of Technology*, dentre outros. Oriundos do Brasil pode-se citar: o *Brazilian Energy-Efficient Architectural Node* (BEAN) da Universidade Federal de Minas Gerais e o Radiuino em Campinas (SILVA et al., 2008).

Diante da variedade de tecnologias para rede de sensores sem fio, esta seção se restringe a plataforma Radiuino, visto que esta foi a tecnologia selecionada para utilização no presente trabalho.

### 2.2.4.1 Plataforma Radiuino

O projeto da plataforma Radiuino surgiu em 2010 na cidade de Campinas-SP localizada na região Sudeste do Brasil a partir de uma pesquisa realizada pelo Prof. Dr. Omar Carvalho Branquinho. O objetivo desta plataforma é permitir que pessoas sem familiaridade com a programação para microcontroladores pudessem implementar redes de sensores sem fio, de maneira ágil e simplificada, para realizar atividades de controle, de automação e de monitoramento (RADIUINO, 2010).

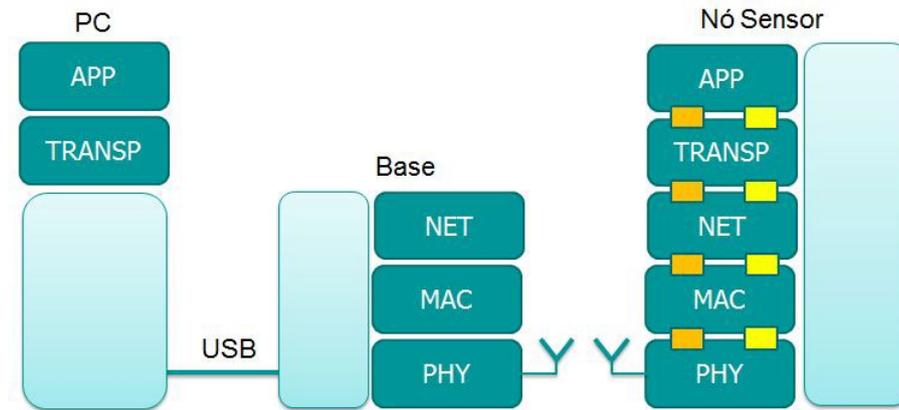
De acordo com Gomes (2015), Radiuino é uma plataforma de código aberto para criação de redes de sensores sem fio baseada na tecnologia *Arduino*. Esta plataforma permite o uso de inúmeros sensores e atuadores, podendo ser digitais ou analógicos. A comunicação é via radio frequência e a transmissão dos dados segue um protocolo adaptável.

A plataforma Radiuino utiliza um *firmware* próprio, um transceptor CC1101 da *Texas Instruments* e um microcontrolador megaAVR Atmega328.

O *firmware* foi estruturado em camadas conforme ilustrado na Figura 4, na qual são demonstradas toda a sua estrutura baseada em um modelo com cinco camadas oriundas do modelo OSI. No nó sensor existe toda a pilha do modelo, enquanto no nó base, existe apenas as camadas física, enlace e rede

Já o CC1101 é um transceptor de baixo custo, desenvolvido para aplicações sem fio de baixíssimo consumo de energia, capaz de suportar a taxa de 600 kbps de transmissão dados.

Figura 4 – Camadas da base e do sensor



Fonte: Extraída de Radiuino (2010).

Além disso, este transceptor fornece amplo suporte a manipulação dos pacotes, avaliação do canal, indicação de canal limpo e tecnologia de *Wake-on-radio*, ou seja, capacidade de funcionar o dispositivo ao receber algum pacote especial. Na plataforma Radiuino, este transceptor é responsável pela transmissão sem fio através da banda 915 MHz, liberada pela Anatel (TI, 1995).

Por fim, o AVR Atmega328 é o microcontrolador responsável por gerenciar tanto as ações que serão executadas pelo sistema, como a comunicação para interligação dos demais módulos do sistema. Portanto, este microcontrolador é considerado o cérebro do Radiuino.

De acordo com Atmel (1984), as principais características do AVR Atmega328 são: baixo consumo de energia, 32 *KBytes* de memória programável, 1 *KByte* de EEPROM, 2 *KBytes* de SRAM, capaz de executar 20 milhões de instruções por segundo, Comunicação *Universal Synchronous Asynchronous receiver Transmitter* (USART) e *Two-Wire*, 6 canais de conversão analógico/digital de 10 bits, interrupções em todos os pinos e *Watchdog timer*.

Por sua vez, no presente trabalho foi utilizado o módulo de comunicação BE900 que utiliza o microcontrolador AVR Atmega328 e o transceptor TI CC1101 RF. Este módulo se comunica utilizando um filtro passa-baixa para maior sensibilidade e imunidade a interferência a ruído, ajustado para operar na banda não licenciada ISM de 915MHz (902-907,5MHz e 915-928MHz) (RADIUINO, 2010).

### 2.3 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

O mundo atual necessita de sistemas cada vez mais dinâmicos e automatizados para monitorar, controlar e gerenciar equipamentos eletrônicos, sejam eles industriais, residenciais ou comerciais. Foi com este propósito que surgiram os sistemas *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA).

Figura 5 – Módulo de comunicação BE900



Fonte: Extraída de Radiuino (2010).

É possível observar que inúmeros sistemas SCADA são oferecidos no mercado, sendo que muitos deles são baseados em tecnologia proprietária, desenvolvida pelos próprios fabricantes dos equipamentos.

Assim, devido à facilidade da construção de aplicações *web*, inclusive para dispositivos móveis, aliada à filosofia de *software* livre, agregada ao crescente desenvolvimento e ampliação da conectividade mundial através da *Internet*; foram impulsionados pesquisas e desenvolvimento de sistemas supervisórios com código de fonte aberto que permitem o gerenciamento de aparelhos eletroeletrônicos através da rede mundial de computadores, a exemplo do Mango (2016), OpenScada (2016) e o ScadaBR (2011), sendo este uma proposta brasileira, a qual será melhor apresentada a seguir.

### 2.3.1 Sistema Supervisório ScadaBR

É um sistema supervisório completo, disponibilizado sob licença de software livre que permite modificar e redistribuir o *software*.

Além disso, o ScadaBR utiliza em seu núcleo o Mango, além de algumas funcionalidades do OpenScada, em especial seu *driver* OPC (*OLE for Process Control*) como padrão industrial para interconectividade de sistemas.

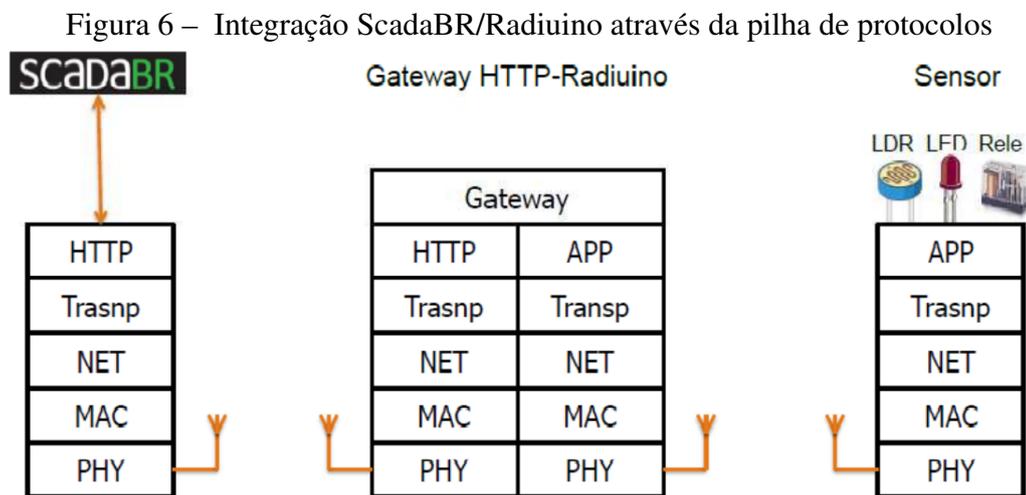
Com relação à comunicação, este sistema supervisório suporta vários protocolos para interagir com sensores, dispositivos diversos e Controladores Lógicos Programáveis (CLP's), sendo compatível com *hardwares* de centenas de fabricantes em todo o mundo. Dentre os protocolos pode ser citados: OPC, Modbus Serial e TCP, ASCII, DNP3, IEC101, Bacnet e Radiuino.

O ScadaBR é uma aplicação multiplataforma baseada em Java, que tem como requisito

para sua execução o JDK 1.6 ou superior, além de um servidor de aplicação, normalmente o *Apache Tomcat*. Após instalação e configuração a *interface* gráfica do sistema pode ser acessado pelo caminho localhost:8080/ScadaBR.

A *interface* do ScadaBR é amigável e oferece a visualização de variáveis, de gráficos, de estatísticas, bem como, a construção de telas tipo Interface Homem-Máquina (IHM) e a configuração dos protocolos e de alarmes. Na própria *interface* são disponibilizados elementos gráficos como botões, ícones e *display*, representando em tempo real o que está sendo monitorado ou controlado.

O ScadaBR pode supervisionar uma rede de sensores sem fio implementada com a plataforma Rádiumo através da pilha de protocolos ilustrada na Figura 6 a seguir.



Fonte: Extraída de Gomes (2015).

## 2.4 RACIOCÍNIO BASEADO EM CASOS

O raciocínio baseado em casos (RBC) é uma técnica para resolução de novos problemas a partir de situações anteriores similares (WANGENHEIM; WANGENHEIM, ). Esta técnica é aplicável de forma simples e direta a uma gama de problemas e situações reais, o que justifica sua ampla aceitação no desenvolvimento de sistemas inteligentes (WANGENHEIM; WANGENHEIM, ).

Segundo Shiu e Pal (2004), são inúmeras as vantagens da utilização desta técnica na resolução de problemas, uma vez que o RBC, dentre outras coisas, reflete a forma de raciocínio humana e pode ser aplicado em diferentes domínios; modela o conhecimento de forma flexível; reduz o esforço na tarefa de aquisição do conhecimento; funciona com dados incompletos ou

imprecisos e; aprende com o tempo.

Adiante será melhor exposto o sistema RBC, mas, é importante enfatizar que o aprendizado no RBC ocorre naturalmente após a resolução do problema. Isso porque, quando o problema é resolvido com sucesso, a experiência é mantida na base de conhecimento, a fim de resolver problemas semelhantes no futuro. Por outro lado, quando a tentativa de resolução falha, o motivo do insucesso é identificado e registrado, a fim de não recair no erro futuramente (AAMODT; PLAZA, 1994).

Nesse sentido, diferentemente dos bancos de dados tradicionais, no qual a informação retornada é exatamente a consultada, o raciocinador baseado em casos utiliza o conceito de similaridade, com o objetivo de realizar o casamento inexato e retornar a informação mais similar a busca. Para isso, o RBC pressupõe que dois problemas são similares caso suas soluções sejam similares (LENZ et al., 2003).

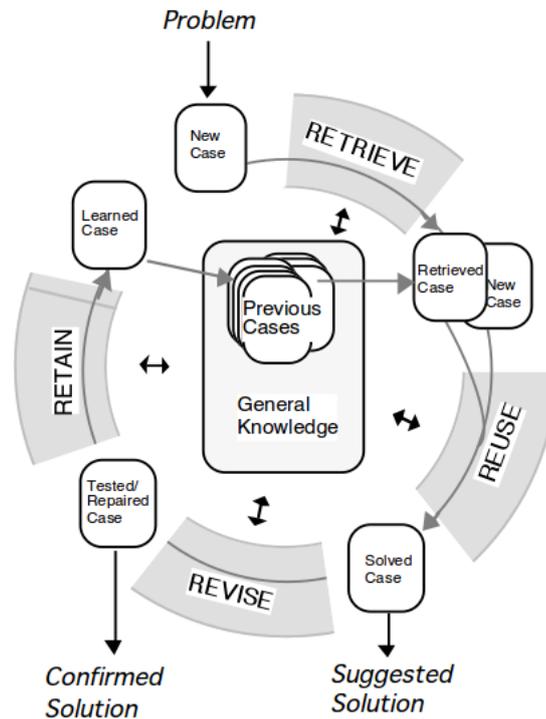
#### 2.4.1 Funcionamento do RBC

De acordo com Aamodt e Plaza (1994), o funcionamento do RBC pode ser descrito a partir de um ciclo, ilustrado na Figura 7, constituído por quatro processos:

- *Retrieve* - responsável por recuperar da base de conhecimento um caso similar. Porém, em sistemas de recomendação, é comum a recuperação retornar um ou mais casos similares ao consultado.
- *Reuse* - reutilização da informação ou conhecimento recuperado para solucionar o problema atual;
- *Revise* - revisa a solução proposta.
- *Retain* - prende a nova experiência para solucionar problemas futuros.

Conforme se verifica na Figura 7, o ciclo do RBC se inicia quando um problema é apresentado e suas características são extraídas para representação do novo caso. O primeiro processo executado no ciclo é o *Retrieve*, no qual o novo caso é consultado na base de conhecimento e, por meio da análise de similaridade, o caso mais similar existente na base é recuperado, assim, inicia a execução do processo de *Reuse*, aplicando a solução recuperada ao problema. Nota-se que, em situações que o caso recuperado é idêntico ao novo problema, a solução deste será aplicada diretamente ao novo caso, porém, quando isto não acontece, a solução do novo caso se dá por meio da adaptação da solução dos casos recuperados. Em seguida, durante o processo de *Revise*, a solução gerada é revisada e testada no ambiente real, efetuando-se os ajustes necessários e

Figura 7 – Ciclo do RBC, conforme Aamodt e Plaza 1994



Fonte: Extraída de Aamodt e Plaza (1994).

confirmada a solução, o processo de *Retain* se encarrega de armazenar o novo caso na base para ser reutilizado futuramente (AAMODT; PLAZA, 1994).

#### 2.4.2 Representação do Caso

É importante destacar que o desempenho do RBC é extremamente dependente da representação do caso e da coleção de casos em sua memória, de tal modo que é fundamental decidir qual informação será armazenada em um caso, definir a estrutura adequada para descrever o seu conteúdo e selecionar como a base de casos será organizada e indexada, visando a recuperação e a reutilização eficazes (AAMODT; PLAZA, 1994).

Segundo Watson e Marir (1994), o caso é uma representação estruturada de uma experiência ou situação passada, utilizada para solucionar um problema presente. Já para Santos-Junior (2009), registro do caso é uma abstração do mundo real constituída por um problema, que relata a situação em que o mesmo ocorreu, sendo que a solução, além de descrever como resolver o problema, também explicita o conjunto de passos para alcançá-la, bem como o estado do mundo após sua aplicação.

O caso pode ser estruturado usando *frames*, redes semânticas, objetos e representação relacional, sendo que esta é considerada simples, flexível e comumente adotada em sistemas comerciais (SANTOS-JUNIOR, 2009).

### 2.4.3 jCOLIBRI

O jCOLIBRI é um *framework*, de código aberto, desenvolvido na linguagem Java, criado pelo *Group For Artificial Intelligence Applications*, da Universidade *Complutense de Madrid*, para fornecer uma plataforma de referência para o desenvolvimento de aplicações RBC. (SANTOS-JUNIOR, 2009).

Ainda, segundo Santos-Junior (2009), o *framework* jCOLIBRI possui um acervo de classes abstratas e interfaces gráficas para a criação de aplicações de RBC, as quais baseiam-se no o ciclo básico proposto por Aamodt e Plaza (1994), que permite a definição de casos, da estrutura da base de casos e das funções de similaridade global e local.

## 2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Essa sessão é dedicada à exposição dos trabalhos relacionados a fundamentação apresentada. E, tem como principal objetivo analisar as principais tecnologias e estudos em comparação com a solução proposta.

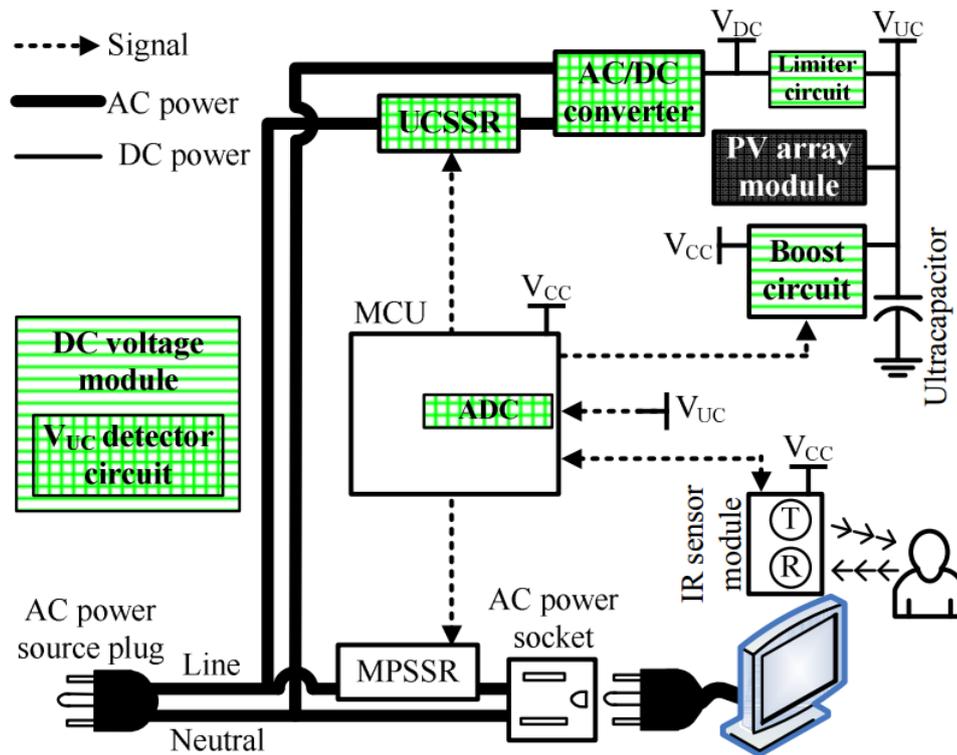
### 2.5.1 Desligamento de *Standby* de Monitores

De acordo com Tsai et al. (2012), mesmo com os avanços na tecnologia de computadores e monitores, um típico computador de escritório ainda consome 90W quando ativo, sendo 40W consumidos apenas pelo monitor de cristal líquido. Já no modo *standby* este consumo fica entre 1W e 4W, e esta quantidade de energia considerável é consumida somente para garantir o conforto do usuário ao acionar o monitor pressionando uma tecla ou movimentando o mouse.

Assim, com intuito de reduzir este gasto, Tsai et al. (2012) propuseram uma tomada capaz de desligar a alimentação de energia do conversor AC/DC, internos aos monitores. No referido trabalho, os autores utilizaram o sensor infravermelho para detectar a presença do usuário, de tal modo que o sensor identificasse que não existia usuários a frente do monitor, o aparelho tinha seu *standby* desligado. Para ilustrar a Figura 8 adiante, demonstra o diagrama de blocos da solução proposta.

Conforme se apresenta na Figura 8, a tomada é constituída por um módulo sensor de infravermelho (IR), um módulo de voltagem (DC), um módulo vetor fotovoltaico (PV) e um conversor AC/DC, para alimentar o sistema. O módulo do sensor IR é utilizado para verificar a presença do usuário. Basicamente, quando alguém aparece, o *socket AC power* é alimentado

Figura 8 – Diagrama de blocos da solução proposta por Tsai et al. 2012



Fonte: Extraída de Tsai et al. (2012).

para energizar o monitor, porém, quando o usuário se ausenta, a energia fornecida é cortada.

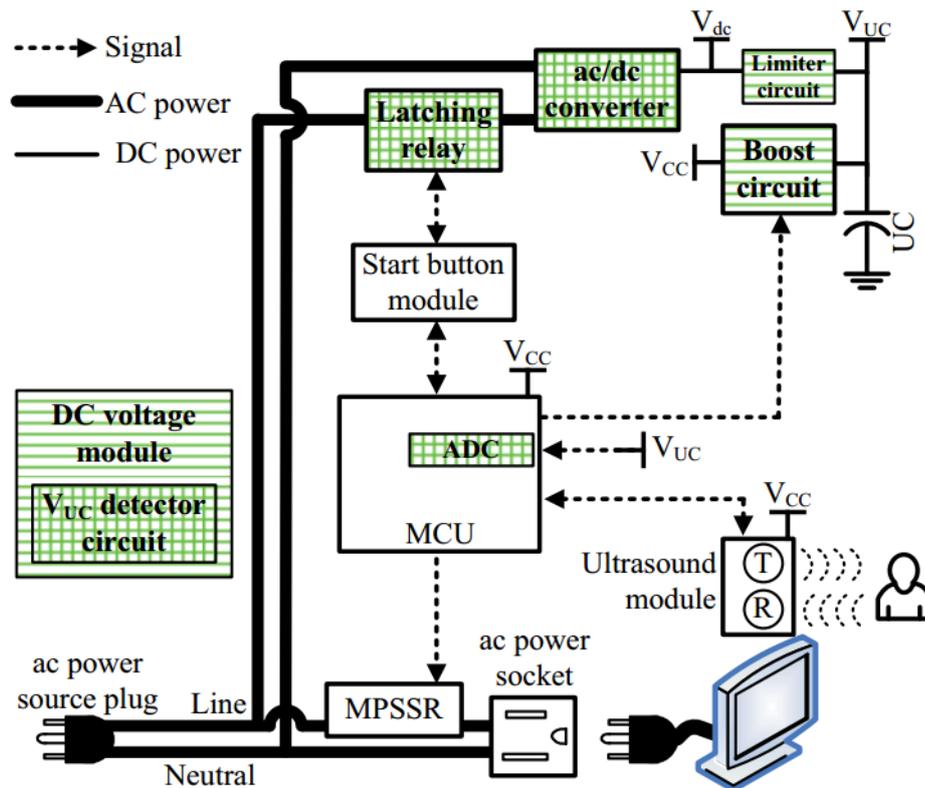
Outra característica interessante nesse sistema é o módulo vetor fotovoltaico, que foi projetado para energizar o sistema quando a intensidade de iluminação é suficiente. Assim, é possível reduzir o consumo do monitor no modo *standby* durante a presença do usuário.

Diante das características da sua tomada, os autores afirmam que conseguem reduzir o consumo de energia no modo *standby* de monitores a 3 mW. Sendo que, o consumo pode ser 0 W se a iluminação local for suficiente para alimentar o sistema.

Outrossim, em 2013, com o propósito de minimizar ainda mais o consumo energético durante o *standby* dos monitores, os autores substituíram o módulo sensor IR por um módulo de ultrassom, para detectar se um usuário está se aproximando (TSAI et al., 2013). Diante do exposto, o diagrama de blocos da solução com o módulo de ultrassom está ilustrado na Figura 9 abaixo.

Basicamente, de acordo com a Figura 9, um impulso de ultrassom é gerado numa direção particular e se houver um objeto em seu caminho, parte ou a totalidade do pulso será refletida de volta para o transmissor como um eco e pode ser detectado através do receptor. Ao medir a diferença de tempo entre o impulso transmitido e o eco a ser recebido, o módulo determina a distância em que objeto se encontra. Ressalta-se que, a distância entre o usuário e o monitor

Figura 9 – Diagrama de blocos da solução proposta por Tsai et al. 2013



Fonte: Extraída de Tsai et al. (2013).

deve ser entre 50 centímetros e, no máximo, 3 metros, para que o sistema não seja afetado por objetos e paredes próximas. Para isso, o módulo de ultrassom envia uma rajada de 8 ciclos de ondas sonoras de alta frequência em 40kHz e levanta uma linha alta para detecção do seu eco. Diante desta otimização, os autores reduziram o consumo no modo *standby* para 8mW, durante a presença do usuário.

## 2.5.2 Soluções Proprietárias - Desligamento de *Standby*

A HiSAVER Energy Saving, apresenta uma solução para reduzir 60% do consumo de energia em *standby* desligando equipamentos periféricos sem necessidade de uso, quando o usuário se afastar por um determinado tempo ou o dispositivo chamado de mestre estiver desligado (HiSAVER, 2015). A Figura 10 ilustra o HiSAVER, o qual possui as seguintes características: cinco tomadas, sendo uma para o aparelho mestre, quatro para os periféricos, tendo possibilidade a conexão de equipamentos que precisam ficar ligados constantemente como roteadores e modems; um sensor de presença; tempo de dez minutos para desligamento automático das tomadas dos periféricos ao não detectar presença, botão para reiniciar o conjunto.

O EconoTech Santos et al. (2011), semelhante ao HiSAVER, consiste em relacionar a

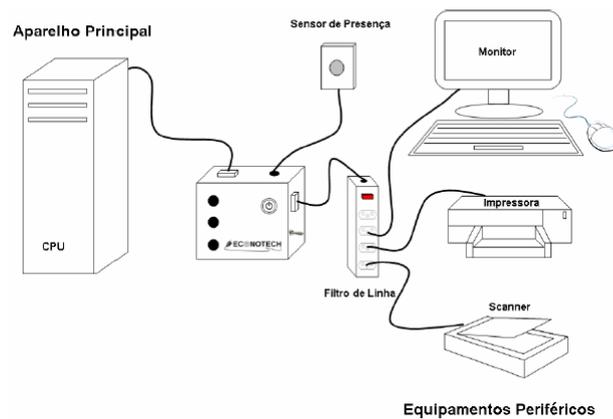
Figura 10 – HiSAVER SWE-100U Motion Sensored Energy Saving Surge Protector



Fonte: Elaborada pelo autor.

presença de pessoas em determinado local, a conexão de um aparelho principal, o qual direcionará o estado das outras saídas. A Figura 11 apresenta a distribuição do ECONOTECH.

Figura 11 – Visão de Instalação do ECONOTECH



Fonte: Extraída de Santos et al. (2011).

A Ubiquiti Networks (2015) desenvolveu um grupo de produtos voltado ao gerenciamento de energia elétrica denominado mPower, cujo funcionamento é baseado em um *software* de gestão e utiliza sua plataforma mFI. O software possui como característica a criação de regras pelo usuário para desligamento e controle das tomadas, já a plataforma mFI possui algumas características técnicas, tais como, memória de 16MB RAM e 8MB Flash, conexão a rede compatíveis com o padrão 802.3 e padrão 802.11b/g/n. A linha mPower é dividida em dois equipamentos, o mPower Pro e o mPower mini, O mPower Pro possui oito tomadas gerenciáveis e usa os dois padrões de conexão a rede, enquanto o mPower mini possui apenas uma tomada gerenciável e é conectado à rede através do padrão de conexão 802.11b/g/n. Ambos são ilustrados na Figura 12 adiante.

Figura 12 – Solução mPower



Fonte: Extraída de Ubiquiti (2015).

### 2.5.3 Solução Código Livre - Desligamento de *Standby*

Lim et al. (2016) propuseram um sistema para inferir regras de desligamento automático do *standby* dos aparelhos a partir de tarefas executadas no cotidiano do usuário. Assim, a depender do que o usuário for fazer, os equipamentos eletroeletrônicos relacionados à tarefa devem permanecer com o modo *standby* ativo, caso contrário, eles ficam desligados. Por exemplo, normalmente, o aparelho de TV e o console do videogame estão ligados quando o usuário utiliza o videogame para jogar, portanto, estes aparelhos possuem alta similaridade de utilização. A análise desta similaridade foi calculada utilizando o coeficiente de similaridade *Jaccard*, conforme ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Similaridade entre aparelhos com o coeficiente Jaccard

<b>TV</b>	0.052	0.015	0.965	0.087	0.740	1.000
<b>Speaker</b>	0.042	0.011	0.756	0.083	1.000	0.740
<b>Microwave</b>	0.069	0.023	0.086	1.000	0.083	0.087
<b>GameConsole</b>	0.053	0.015	1.000	0.086	0.756	0.965
<b>Fan</b>	0.031	1.000	0.015	0.023	0.011	0.015
<b>Dehumidifier</b>	1.000	0.031	0.053	0.069	0.042	0.052
	<b>Dehumidifier</b>	<b>Fan</b>	<b>GameConsole</b>	<b>Microwave</b>	<b>Speaker</b>	<b>TV</b>

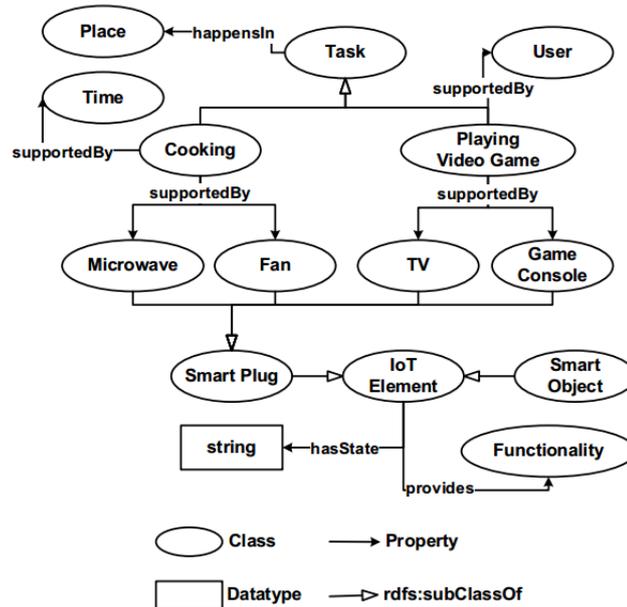
Similarity  
1.00  
0.75  
0.50  
0.25  
0.00

Fonte: Extraída de Lim et al. (2016).

De acordo com a Figura 13, a TV possui uma similaridade de utilização alta, mensurada em 0,965, com relação ao videogame, logo, justifica-se ativar o modo *standby* de ambos os

aparelhos a depender da tarefa realizada. Para tanto, foi criada uma ontologia para representar as tarefas do cotidiano e a sua relação de utilização dos aparelhos, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Ontologia de correlação entre as tarefas e os aparelhos eletroeletrônicos



Fonte: Extraída de Lim et al. (2016).

O CASPRE foi desenvolvido na linguagem Java e utiliza a biblioteca Apache Jena para comunicação e gerenciamento dos componentes de contexto. O *software* desenvolvido foi embarcado em um *Raspberry Pi 2 B*. Além disso, foi utilizado uma tomada inteligente para monitorar o consumo de energia do dispositivo.

## 2.5.4 Discussão dos Trabalhos Relacionados

Para realizar a discussão entre os trabalhos relacionados e a proposta dessa dissertação, foram definidas nove características: *a)* tomada inteligente, *b)* conjunto com tomadas inteligentes, *c)* desligamento automático em *standby*, *d)* solução em código aberto, *e)* conexão a rede local/Internet, *f)* rede de baixo consumo, *g)* software de gestão, *h)* aprendizagem do ambiente, *i)* gestão do perfil por ambiente.

### 2.5.4.1 Tomada Inteligente

A Ubiquiti Networks e CASPRE são trabalhos que apresentam a capacidade de detectar a corrente em estado de *standby*.

#### 2.5.4.2 Conjunto com Tomadas Inteligentes

O ideal para um conjunto de tomadas localizado em uma régua é a independência do controle do estado em *standby* por tomada nela contida e, a possibilidade de gerenciar cada uma delas. A Ubiquiti Networks possui no seu modelo mPower PRO a disponibilidade de gerência em cada uma das suas oito tomadas, enquanto no HiSAVER e no EconoTech a análise é pautada em uma tomada central.

#### 2.5.4.3 Desligamento Automático em *Standby*

Todos os trabalhos relacionados possuem o desligamento automático definidos por regra ou estado.

#### 2.5.4.4 Solução em Código Aberto

Atualmente, várias soluções aplicadas ao controle de energia elétrica em residências, são proprietárias, ou seja, desenvolvidas por empresas privadas que mantêm os códigos fechados impossibilitando adaptações pela comunidade acadêmica ou terceiros. Tal modelo, proporciona incompatibilidade entre tecnologias diferentes, torna o usuário refém da solução, dos itens e modelos adquiridos, levando a investimentos altos que acarretam na inviabilidade de compra por um grande parte da população. A comunidade científica, incentiva a utilização de arquiteturas com código aberto que possibilitem o aumento em pesquisas da população acadêmica, parcerias de melhorias constantes para tornar um produto de fácil acesso a população, capacidade de financiamentos por programas governamentais, dentre outras. Nessa linha, a solução adotada pelo CASPRE segue esse pensamento.

#### 2.5.4.5 Conexão a Rede Local/Internet

O mundo atual traz uma revolução tecnológica chamada de Internet das Coisas (*Internet of Things -IoT*), que tem a finalidade de conectar aparelhos eletrônicos de uso diário das residências, indústrias e comércio à Internet. Na atualidade cada usuário possui a capacidade de contratar serviços que possibilita ficar conectado à sua residência em tempo integral, além disso, esses usuários também podem receber avisos a distância sobre os estados de seus aparelhos eletrônicos e gerenciá-los a distância. Essas soluções, de acordo com o que preconiza o CASPRE e a Ubiquiti Networks, possuem a capacidade de conexão à rede local e, conseqüentemente,

conexão à Internet.

#### 2.5.4.6 Rede de Baixo Consumo

A preocupação atual com o consumo de energia elétrica, alavancou o desenvolvimento de tecnologias que possuem a capacidade de gerenciar melhor o uso dessa energia. A partir desse cenário, ocorreram vários estudos na área de redes de computadores, os quais culminaram em redes capazes de consumir pequenas quantidades de energia, possibilitando a conexão de diversos dispositivos com a capacidade de ficarem meses usando baterias. Neste trabalho utilizou-se uma tecnologia de redes de sensores que tem a capacidade de controlar o seu consumo de eletricidade, tornando-o uma tecnologia de baixo custo energético em relação aos outros trabalhos que possuem conexão de redes, mas possuem um consumo de energia considerável.

#### 2.5.4.7 Software de Gestão

Os seres humanos requerem a cada dia mais informações sobre as ocorrências rotineiras em suas vidas, querendo registrar cada momento, cada evento e possibilidade de acessar essa informação a qualquer tempo. Ao trazer a capacidade de verificar em tempo real várias ações dos dispositivos em sua casa, os usuários terão a necessidade de verificar as ocorrências diárias. Alguns exemplos desses casos são televisão ligada ou desligada, tempo de uso do chuveiro no banho quente, a hora de chegada da escola, a hora de chegada e saída de uma empregada doméstica, dentre outros. Para tornar isso possível é necessário um software de gestão que além de ter essa função seja capaz de configurar várias ações que possam ser impostas pelo usuário ou próprio sistema. A Ubiquiti Networks e o CASPRE possuem um software capaz de atender a essas necessidades, mas que necessita de uma alta intervenção do usuário.

#### 2.5.4.8 Aprendizagem do Ambiente

Para poder propor ao usuário uma maior economia de energia sem perder a comodidade, é necessário o sistema tenha a capacidade de aprender sobre o cotidiano de cada cômodo em uma residência, coletando informações sobre o uso dos equipamentos e acesso de seus usuários no ambiente. Neste trabalho o objetivo de coleta das informações para o aprendizado foi realizada através de sensores de presença e corrente.

#### 2.5.4.9 Geração do Perfil por Ambiente

A partir da aprendizagem do ambiente o sistema de gestão deverá ser capaz de criar um perfil para cada tomada do ambiente aprendido, assim tornando o sistema autônomo e independente por tomada. Neste trabalho, essa geração não foi totalmente automatizada, sendo realizada de forma semiautomática, tendo uma parte executada de forma manual.

Quadro 1 – Quadro comparativo dos trabalhos relacionados e a proposta da dissertação

<b>Trabalhos Relacionados</b>	a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)
(TSAI et al., 2012)			x						
(TSAI et al., 2013))			x						
HiSaver(2015)			x						
EconoTech(2013)			x						
Ubitiqui (2015)	x	x	x				x		
CASPRES (2016)	x		x	x	x		x		
Solução proposta	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

#### **Legenda:**

- a) Característica 01 - Tomada Inteligente
- b) Característica 02 - Conjunto com Tomadas Inteligentes
- c) Característica 03 - Desligamento Automático em *Standby*
- d) Característica 04 - Solução em Código Aberto
- e) Característica 05 - Conexão a Rede Local/Internet
- f) Característica 06 - Rede de Baixo Consumo
- g) Característica 07 - Software de Gestão
- h) Característica 08 - Aprendizagem do Ambiente
- i) Característica 09 - Geração do Perfil por Ambiente

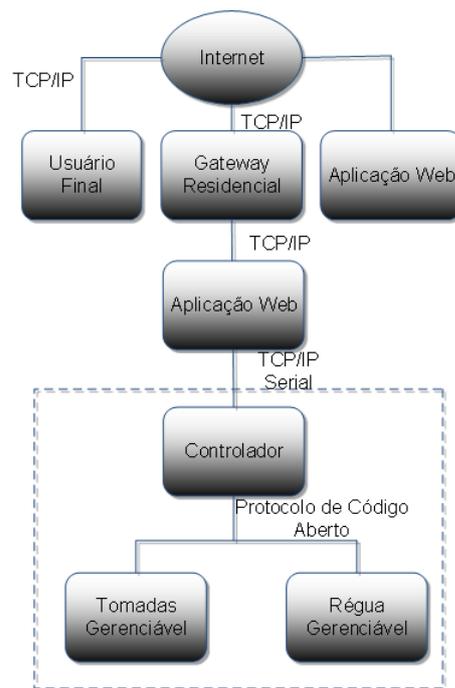
### 3 MODELO DE CONTROLE DE CONSUMO DE ENERGIA PARA DISPOSITIVOS EM MODO STANDBY

Neste capítulo é descrito a especificação da arquitetura do sistema, um modelo baseado em máquina de estado finito, descrevendo cada módulo e a integração entre eles, visando o suporte ao uso eficiente de energia elétrica através de uma tomada gerenciável com o propósito de redução do consumo através do desligamento de equipamentos eletrônicos em *standby*. Essa forma de modelagem é aplicada em diversos problemas na automação, em robótica, em design eletrônico, dentre outros. Baseia-se em uma quantidade finita de estados que pode ocorrer no determinado sistema, sendo que cada estado ocorre um por vez e quando um deles está ativo.

#### 3.1 ARQUITETURA

A arquitetura geral do sistema proposto para controle do ambiente é apresentada na Figura 15, que possui quatro componentes básicos descritos a seguir:

Figura 15 – Diagrama de Blocos Visão Geral



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 3.1.1 Aplicação WEB - Sistema Supervisório + RBC

A aplicação *web* conterá o cadastro da residência, ambientes de controle, controladores e sensores. Deverá possuir os seguintes requisitos:

- Capacidade de manutenção dos cadastros das residências, dos ambientes, de acesso

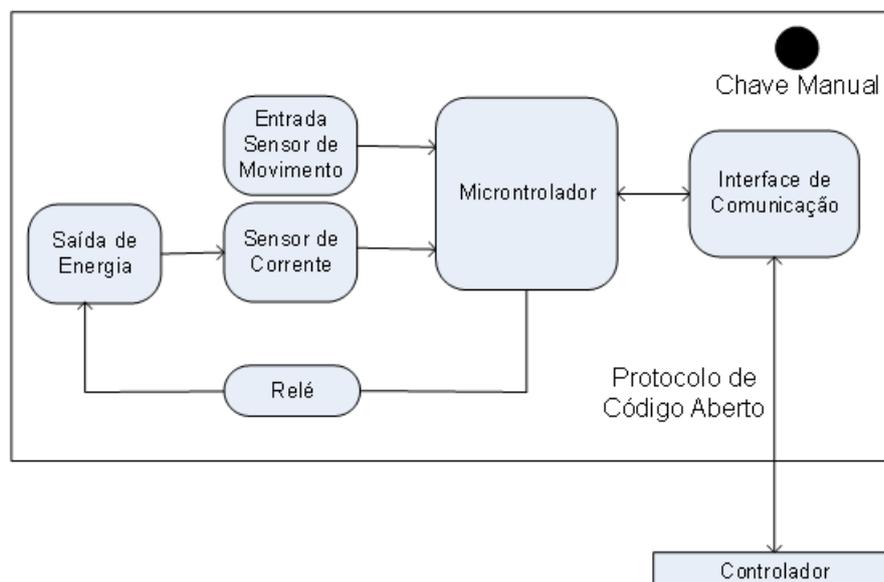
ao sistema e tomadas gerenciáveis;

- Monitoramento das interfaces de comunicações;
- Registrar as informações sobre movimentação e corrente oriundas dos sensores;
- Consultar o sistema de raciocínio baseado em casos para recuperar os casos resolvidos;
- Gerar automaticamente o perfil do cliente após o tempo de leitura;
- Sugerir automaticamente um novo perfil;
- Notificação em caso de falhas do sistema: sobre corrente, interfaces de comunicação, gateway residencial;
- Gerar relatório de consumo atual das tomadas gerenciáveis;
- Gerar relatório de consumo após o gerenciamento das tomadas gerenciáveis;
- O perfil deverá conter o horário que as TGs serão ligadas e desligadas.

### 3.1.2 Régua e Tomadas Gerenciáveis

A tomada gerenciável é o componente chave na arquitetura apresentada, tendo a finalidade de fornecer as informações sobre o estado dos equipamentos através da coleta de dados e atuação no acionamento ou desligamento dos equipamentos. A régua gerenciável é um conjunto de tomadas gerenciáveis independentes que podem possuir perfis diferentes. Na Figura 16 observar-se cada componente dentro do dispositivo, onde a função de cada um pode ser resumidamente descrita a seguir:

Figura 16 – Diagrama de Blocos Visão Geral



Fonte: Elaborado pelo autor.

- Entrada Sensores de Movimento - tem a finalidade de coletar informações referente aos movimentos dos usuários dentro ambiente;
- Sensores de Corrente - têm a capacidade de monitorar a corrente drenada, sendo capazes de assumir valores diferentes ao longo do tempo no seu sinal de saída, contudo precisam estar dentro da sua faixa de operação. Como requisito, o circuito integrado do sensor, deve ter a capacidade de definir um limiar máximo de corrente, para evitar altas temperaturas, queimas de componentes, propondo maior segurança;
- Relé - são atuadores que possuem a função de ligar ou desligar o fornecimento de energia na saída da tomada;
- Microcontroladores - são considerados pequenos computadores em chip, que possuem processador, memórias e várias entradas e saídas. Tendo como função controlar as ações e funções;
- Interface de Comunicação - deve ter a capacidade de aplicar a maior parte das características de RSSF e as camadas do modelo TCP/IP no desenvolvimento do seu *firmware*;
- Chave manual - em caso de falhas liga e desliga manualmente.

### 3.1.3 Gateway Residencial

Atualmente o *gateway* residencial é um equipamento fornecido pela operadora de telecomunicações com a função de interligar uma rede local à Internet.

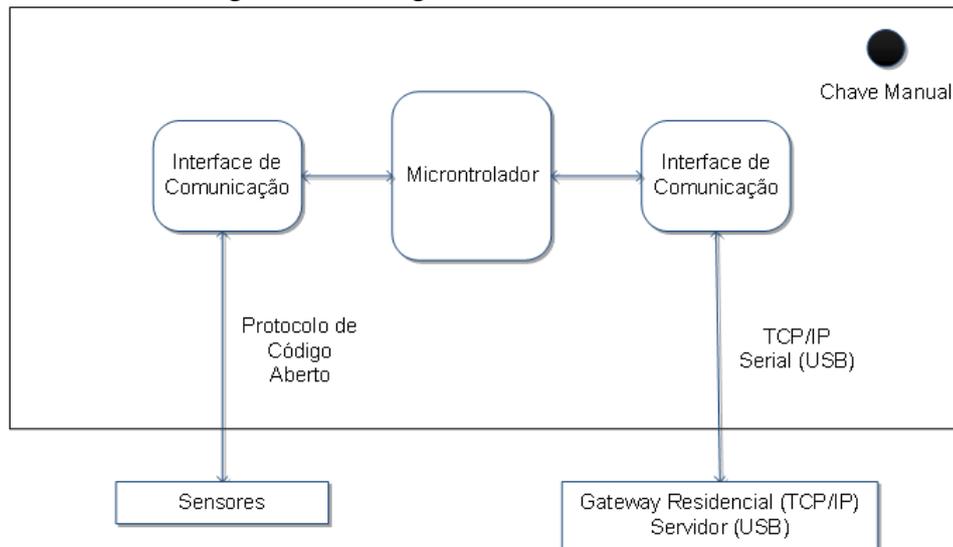
### 3.1.4 Controlador

O controlador denominado nó sensor base apresentado na Figura 17 será um dispositivo que fará o controle dos nós sensores, organizando as solicitações entre a aplicação e as tomadas gerenciáveis. Sua comunicação para transparência nas residências deve ser via *ethernet* para compatibilidade com o *gateway* residencial das operadoras.

## 3.2 MODELAGEM

Como definido no capítulo 1, um dos objetivos dessa dissertação é a especificação de uma tomada gerenciável. Para prover uma melhor visão pode-se usar o conceito de máquina de estado.

Figura 17 – Diagrama de Blocos Visão Geral



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.1 Descrição do Funcionamento do Sistema

Em ambientes residenciais encontram-se vários equipamentos eletrônicos que possuem tempo de início entre dois a cinco minutos, afim de garantir um conforto melhor aos usuários de cada ambiente, dentre eles, decodificadores de sinais das operadoras de televisão por assinatura. Os perfis devem ser gerados para liguem automaticamente em horários de fluxo intenso no ambiente, de acordo com o aprendizado do perfil de cada cômodo. O acionamento dos equipamentos deverá acontecer com antecedência de vinte minutos, e desligá-los automaticamente nos horários que estiverem em *standby* e sem fluxo no ambiente. Faz-se necessário esse procedimento para melhor entendimento da descrição do sistema, no modelo “aplicar perfil”. O funcionamento do sistema apresentará os seguintes cenários: Aprendizado - Ao ligar as TGs à energia elétrica, dar-se início ao processo de coleta de informações sobre a corrente drenada em cada saída da tomada e coleta de informações de movimento. Após um prazo de quinze dias, tempo necessário para aprendizado do sistema inicial, um perfil é gerado e criado. Aplicando perfil - A partir desse momento, o sistema será capaz de entender quais horários as TGs apresentaram no período em *standby on* (equipamento desligado) ou em *standby off* (equipamento ligado), gerado através do seu perfil de funcionamento de cada ambiente. Com isso, nos seus determinados horários serão ligadas e desligadas as TGs. Evento - As TGs serão desligadas quando for *standby on* e não houver movimento, as TGs serão religadas quando houver movimento. AAE (Aprendizado, Aplicando perfil, Evento) – Junção dos três cenários mostrados:

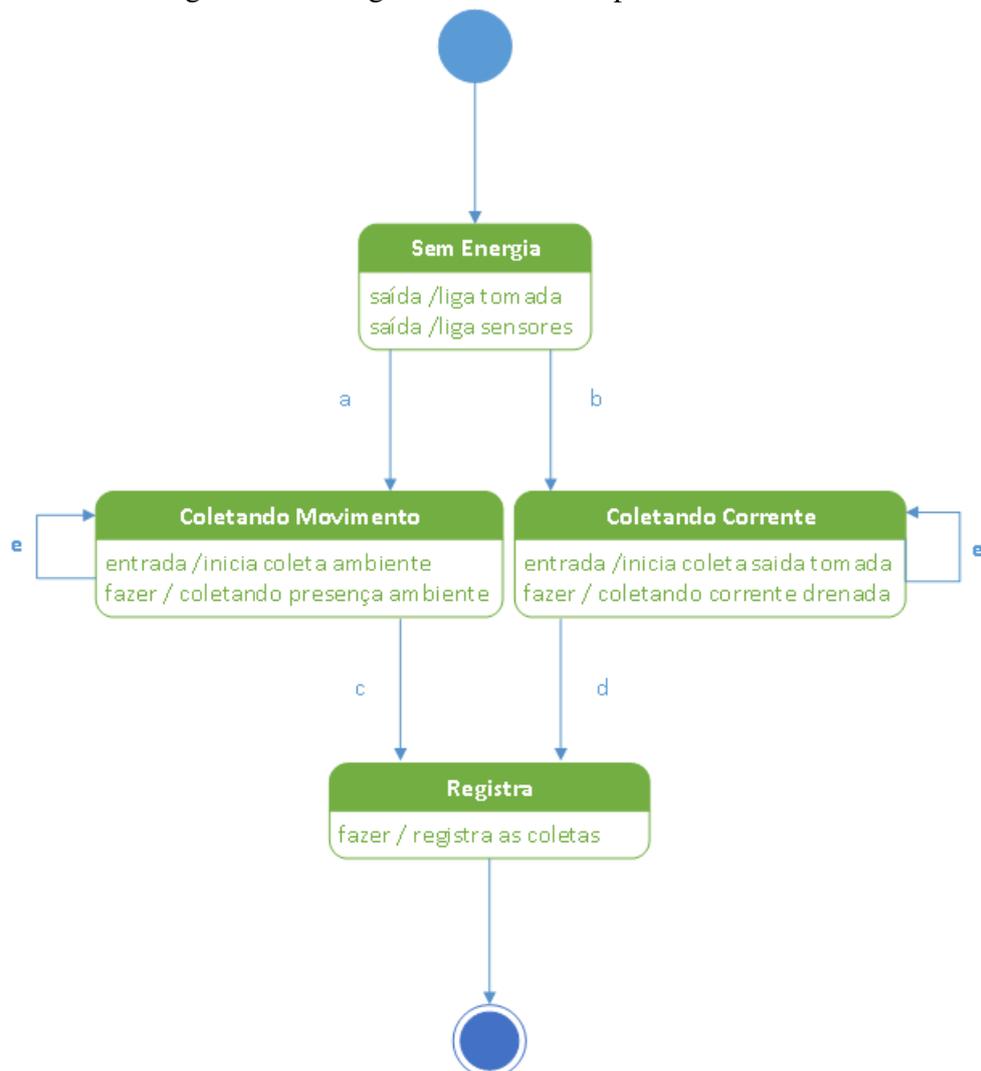
- Quando a coleta de informação estará sendo feita;

- Quando as TGs serão desligadas quando for *standby on* e não houver movimento ou perfil *off* (horário desligamento);
- Quando as TGs serão religadas quando houver perfil *on* (horário de ligamento) ou houver movimento.

### 3.2.2 Modelagem Aprendizado

Após a descrição de cada processo do sistema, o cenário aprendido é dividido em comportamentos, apresentando quatro estados: sem energia, coletando movimento, coletando consumo e registro. Dessa forma, a Figura 18 demonstra o diagrama de estado aprendido das TGs, adiante o Quadro 2 ilustra cada um destes estados e suas descrições, e por fim, no Quadro 3 é descrito a ação de cada transição.

Figura 18 – Diagrama de Estado Aprendizado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 2 – Especificação dos Estados do Cenário Aprendizado

Estado	Nome	Descrição
1	Sem Energia	Ausência de energia elétrica
2	Coletando Movimento	Sensor de movimento coletando movimentos do ambiente
3	Coletando Consumo	Sensor de corrente recebendo informações da saída da tomada
4	Registro	Sensor de corrente recebendo informações da saída da tomada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 – Especificação das Transições do Cenário Aprendizado

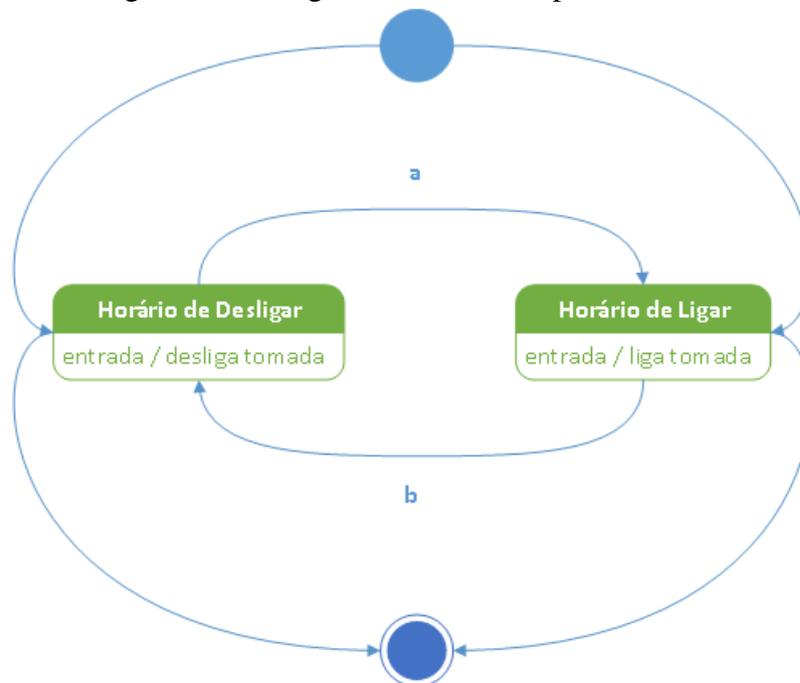
Transição	Descrição	Ação
a	Sensor movimento ligado	Ativa o sensor de movimento
b	Sensor corrente ligado	Ativa o sensor de corrente
c	Finalização da coleta	Após obter dados de movimento no ambiente
d	Finalização da coleta	Após obter dados de corrente no ambiente
e	Coletando dados	Mantém a coleta de dados até que uma determinada condição aconteça

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.3 Modelagem Aplicando Perfil

Já o cenário aplicando perfil, é dividido em dois estados: horário de ligar e horário de desligar. Assim, a Figura 18 ilustra o diagrama de estado aplicando perfil das TGs, seguido do Quadro 4, que expõe cada um destes estados e suas descrições, e finalmente, o Quadro 5 descreve a ação das transições.

Figura 19 – Diagrama de Estado Aplicando Perfil



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 4 – Especificação dos Estados do Cenário Aplicando Perfil

Estado	Nome	Descrição
1	Horário de ligar	Ligar tomada
2	Horário de desligar	Desligar tomada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 5 – Especificação das Transições do Cenário Aprendizado

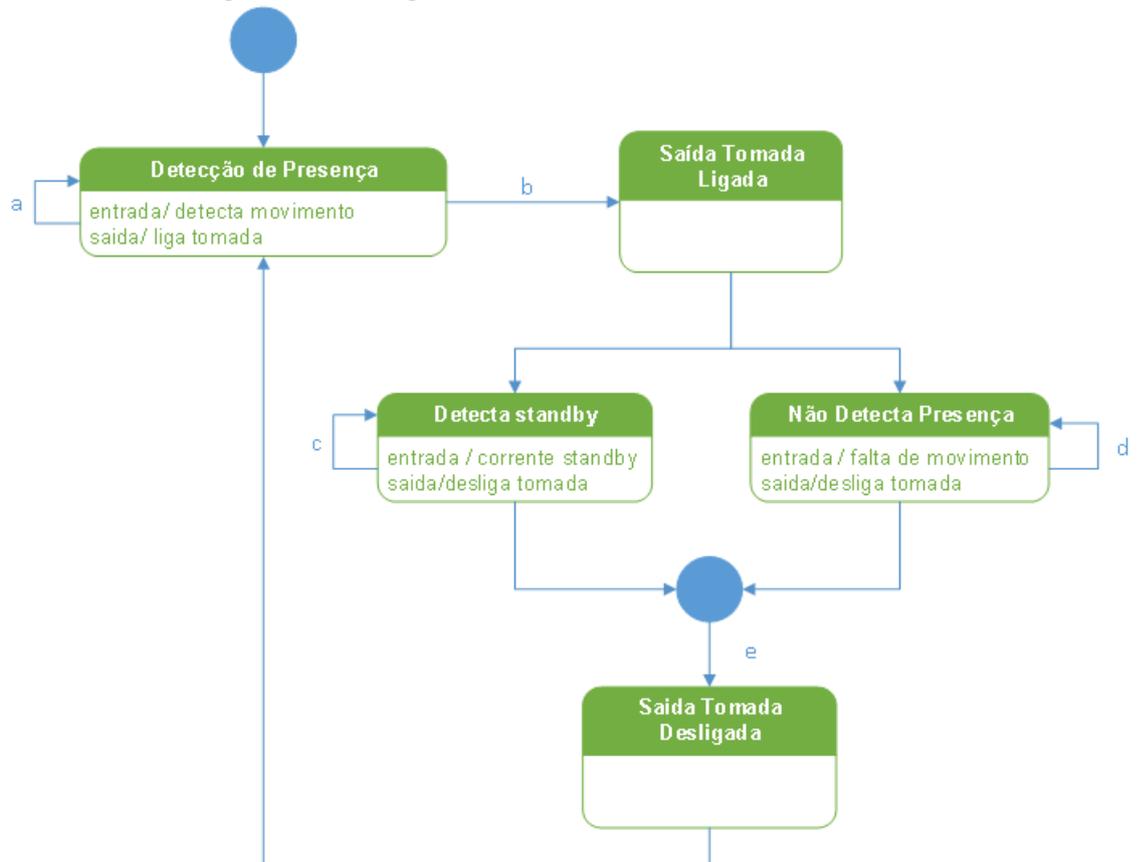
Transição	Descrição	Ação
a	Transição do estado 1 para 2	Relé desliga alimentação da saída da tomada
b	Transição do estado 2 para 1	Relé liga alimentação da saída da tomada

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.4 Modelagem Evento

Adiante, o cenário evento, é dividido em cinco estados: detecção de presença, saída tomada ligada, detecta *standby*, não detecta presença e saída tomada desligada. Por sua vez, a Figura 20 ilustra o diagrama de estado evento das TGs, seguido do Quadro 6, que expõe cada um destes estados e suas descrições, e derradeiro, o Quadro 7 descreve a ação das transições.

Figura 20 – Diagrama do Estado Evento



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 6 – Especificação dos Estados do Cenário Evento

Estado	Nome	Descrição
1	Detecção de presença	Sensor de movimento coletando movimentos do ambiente
2	Saída tomada ligada	Tomada Ligada
3	Detecta <i>standby</i>	Sensor de corrente recebendo informações da corrente passante
4	Não detecta presença	Sensor de movimento coletando a falta de atividade no ambiente
5	Saída tomada desligada	Tomada desligada

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 7 – Especificação das Transições do Cenário Evento

Transição	Descrição	Ação
a	Coletando dados	Mantém a coleta de dados até que seja detectada presença
b	Liga a tomada	Libera a passagem de corrente para a saída da tomada
c	Coletando dados	Mantém a coleta de dados até que seja detectado equipamento em <i>standby</i>
d	Coletando dados	Mantém a coleta de dados até que seja detectada a falta de movimento
e	Desliga a tomada	Bloqueia a passagem de corrente para a saída da tomada

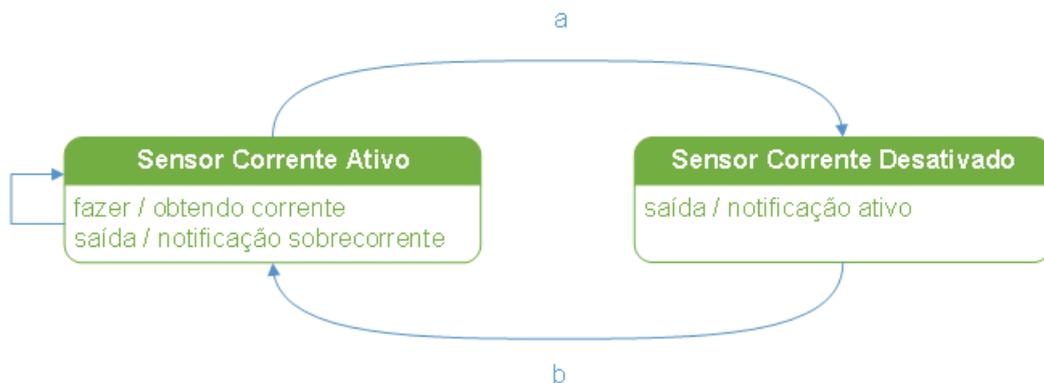
Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.5 Modelagem Sensores

#### 3.2.5.1 Modelagem Sensor de Corrente

Mais adiante, o cenário sensor de corrente, é dividido em dois estados: sensor de corrente ativo e sensor de corrente desativado, a Figura 21 ilustra o diagrama de estado sensor de corrente das TGs, seguido do Quadro 8, que expõe cada um destes estados e suas descrições, e finalmente, o Quadro 9 descreve a ação das transições.

Figura 21 – Diagrama de Estado do Sensor de Corrente



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 8 – Especificação dos Estados do Sensor de Corrente

Estado	Nome	Descrição
1	Sensor de Corrente Ativo	Coleta informações da drenagem da corrente
2	Sensor de Corrente Desativado	Curto circuito ou corrente maior que a capacidade de medição

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 9 – Especificação das Transições do Sensor de Corrente

Transição	Descrição	Ação
a	Transição do estado 1 para 2	Sensor de corrente é desligado
b	Transição do estado 2 para 1	Sensor de corrente é ligado

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2.5.2 Modelagem Sensor de Movimento

Por final, o cenário sensor de movimento, possui um estado: sensor de ativo, a Figura 21 ilustra o diagrama de estado sensor de movimento das TGs, seguido do Quadro 8, que apresenta o seu único estado com sua descrição, e por fim, o Quadro 9 descreve a ação da transição.

Figura 22 – Diagrama de Estado Sensor de Movimento



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quadro 10 – Especificação do Estado do Sensor de Movimento

Estado	Nome	Descrição
1	Sensor de Movimento Ativo	Coleta informações da atividade do ambiente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 11 – Especificação das Transições do Sensor de Movimento

Transição	Descrição	Ação
a	Coletando movimento	Sensor de movimento

Fonte: Elaborado pelo autor

## 4 METODOLOGIA

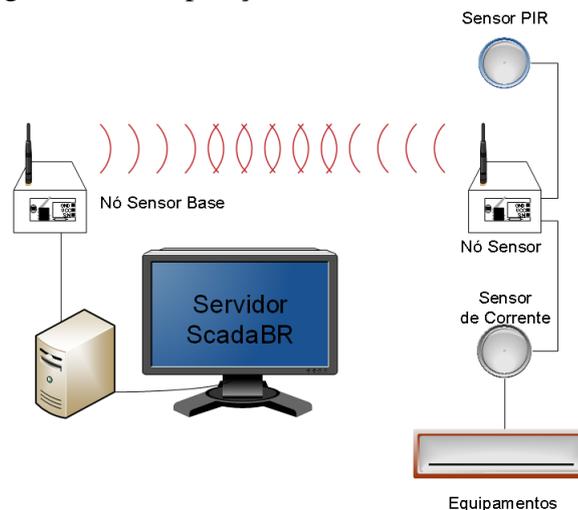
Quanto à natureza, a pesquisa será aplicada, uma vez que este trabalho gera conhecimento a partir da aplicação prática conforme especificação do modelo de uma tomada inteligente para um problema relacionado ao uso eficiente de energia elétrica. Quanto à forma, a abordagem será pesquisa explicativa, através de procedimentos experimentais (CIRIBELLI, ).

### 4.1 EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido em duas partes, sendo a primeira referente a montagem e implantação do *hardware* baseado na plataforma Rádiumino, e a segunda parte faz menção à aquisição dos dados através do ScadaBR, no período de 08/03/2015 a 11/03/2015, no cômodo 3; e de 12/03/2015 a 15/03/2015, no cômodo 2.

Na construção do *hardware* foram utilizados componentes disponíveis no mercado, bem como, as tecnologias e as técnicas apresentadas anteriormente. Ressalta-se que o *hardware* construído é um protótipo com objetivo de validar o modelo proposto, portanto, utilizou-se componentes de baixo-custo com intuito científico e acadêmico. Na Figura 23, abaixo, está ilustrado o funcionamento do protótipo para o experimento, enquanto a Tabela 2 descreve os componentes utilizados na sua construção.

Figura 23 – Disposição dos Sensores nos Cômodos



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para execução do experimento em uma residência foram monitorados dois cômodos, cuja disposição dos nós sensores e do nó base estão ilustradas na Figura 24. As distâncias entre o nó base e nós sensores do cômodo 2 e cômodo 3 são respectivamente 2,21 metros e 0,85 metros.

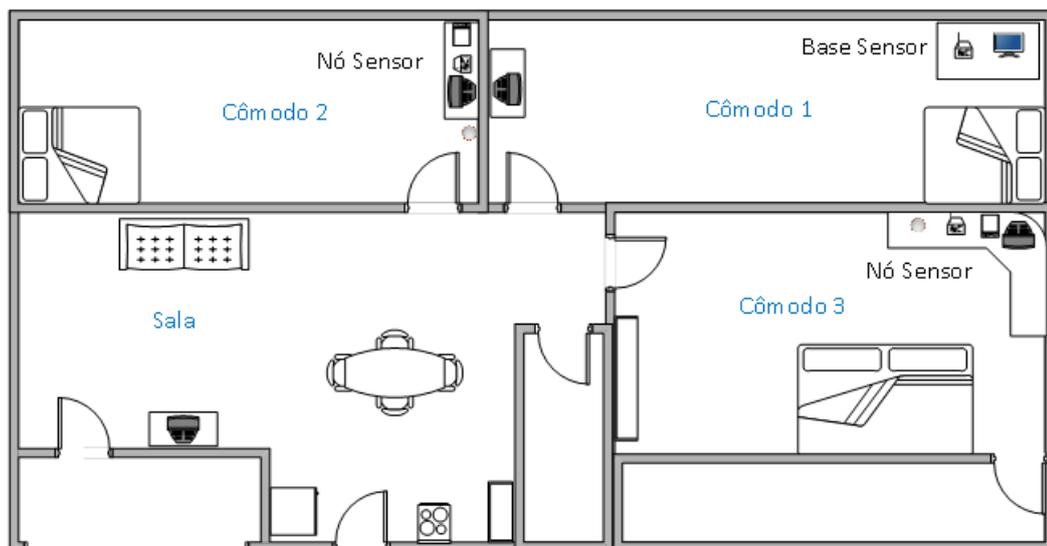
Tabela 2 – Componentes utilizados na construção do protótipo

Descrição	Quantidade
Caixa Plástica	2
Protoboard	2
Placa Programadora UartSBee v4.0	1
Módulo 915MHz ISM (rádios) BE900	3
Sensor Infravermelho Passivo	1
Sensor de Corrente Não Invasivo SCT-013-000	2
Bateria de Alimentação 9V	3
Antena de 2dBi	2
Cabo USB 5 pinos	1
Notebook com sistema operacional Windows 7	1
Software ScadaBR	1
Software jCOLIBRI	1
Decodificador HD Tv por assinatura	1
Televisor LCD de 42"	1
Televisor LCD de 32"	1
Vídeo Game	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em ambos os cômodos foram monitorados: o nível de utilização da bateria do nó sensor, a presença de pessoas no ambiente, Indicação da Intensidade do Sinal Recebido (RSSI) e o consumo do dispositivo eletroeletrônico no local. Portanto, verificou-se, no cômodo 2, o consumo de um televisor LCD de 32" e um videogame; já no cômodo 3 foi mensurado o gasto de energia com um televisor LCD de 42" e um decodificador HD de televisão por assinatura.

Figura 24 – Disposição dos Sensores no Ambiente



Fonte: Elaborado pelo autor.

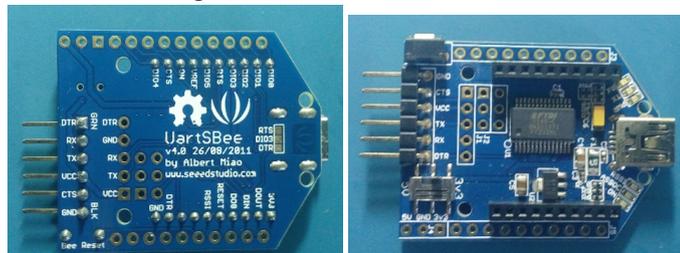
## 4.1.1 Rede de Sensores Sem Fio

### 4.1.1.1 Nó Base

O nó base é composto de um módulo UartSbee v4.0, ilustrado na Figura 25, além de uma placa BE900. O módulo UartSbee v4.0. foi utilizado para transferir os códigos das *firmwares* para as placas BE900 do nó base e dos nós sensores dos cômodos.

O módulo UartSbee é conectado ao computador através de um cabo USB que alimenta o conjunto do nó sensor base e realiza a comunicação entre o módulo BE900 e o sistema supervisor, possibilitando a aquisição dos dados dos nós sensores.

Figura 25 – Módulo UartBee



Fonte: Extraído de Radiuino (2010).

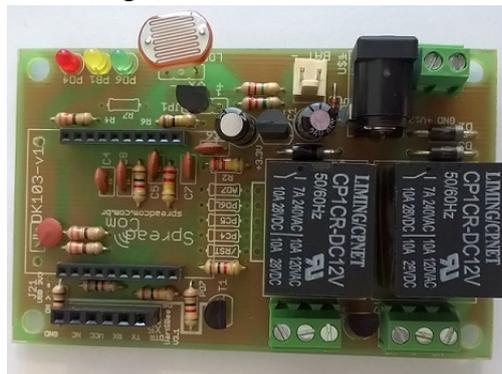
### 4.1.1.2 Nó Sensor

Cada cômodo utiliza dois nós sensores, no cômodo 2, o nó sensor 1 é utilizado para o televisor e o nó sensor 2 para o videogame. No cômodo 3, o nó sensor 1 é utilizado para o televisor e o nó sensor 2 para o decodificador.

Um nó sensor é constituído por uma caixa plástica 12cm x 12cm, uma bateria de 9V, um sensor de corrente não invasivo SCT-013-000, uma placa BE900 e outra DK-103, uma protoboard com circuito auxiliar de leitura da corrente e um sensor infravermelho passivo. No experimento é utilizado apenas um sensor infravermelho em um dos nós sensores.

A placa DK-103, produzida pela mesma empresa desenvolvedora do Radiuino, possui acoplada dois transdutores; sendo um de luminosidade e outro de temperatura. No presente trabalho, ambos transdutores foram desativados e acrescentados externamente os sensores de presença e de corrente, a placa DK-103 utilizada no experimento é ilustrada na Figura 26.

Figura 26 – Placa DK 103

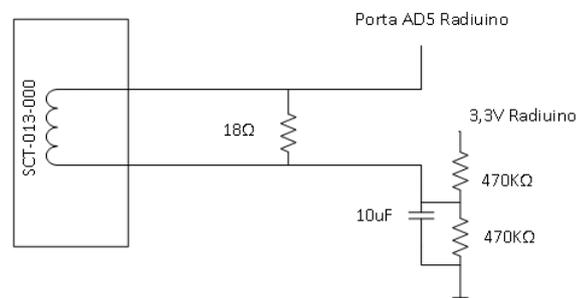


Fonte: Extraído de Radiuino (2010).

#### 4.1.1.3 Sensor de Corrente (SCT-013-000)

O sensor de corrente utilizado foi o SCT-013-000, que é um transformador de corrente que mede os valores baseados no efeito *Hall*. Sua escolha e utilização se deu devido à sua aplicação não invasiva e com menor risco de choques, pois necessita apenas ser colocado em torno do fio fase ou do fio neutro do cabo de ligação do equipamento à tomada de energia elétrica. O funcionamento parte do mesmo princípio de qualquer transformador, ou seja, possui um enrolamento no primário, um núcleo magnético e um enrolamento no secundário. Basicamente, sua função é transformar o valor correspondente de corrente elétrica do primário em um valor de tensão proporcional no secundário. Entretanto, esse valor de tensão recebido é senoidal, possui valores negativos que são incapazes de serem lidos pela porta analógica AD5 do Radiuino, fazendo necessário a instalação de um circuito para que a saída possua somente tensão positiva, como se pode confirmar na imagem abaixo Figura 27.

Figura 27 – Circuito Complementar Tensão Positiva



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.1.4 Sensor Infravermelho Passivo

O sensor infravermelho foi utilizado para adquirir as informações de movimento nos ambientes monitorados, sendo interligado diretamente ao Rádium. Possui duas entradas e uma saída, sendo que as entradas referem-se a tensão de 5 volts e terra, e uma saída digital interligada a porta AD4 do Rádium. Diante do exposto, vale ressaltar que não existe necessidade de circuito auxiliar para sua leitura.

#### 4.1.1.5 Configuração da RSSF

Primeiramente, foi feita a parametrização da *firmware* do nó base e dos nós sensores. A configuração foi realizada de acordo com o Quadro 12. A potência de transmissão, o canal de comunicação e ajuste de *offset* são ajustados na classe da camada física, e o número de rede atribuído a cada sensor é configurado na classe da camada de rede. O *Offset* é a diferença de frequência que deve ser ajustada em cada placa BE900, esse número de ajuste vem gravado em cada placa, para calibre do rádio em função a seu cristal com a finalidade de estabilizar as frequências de transmissão.

Quadro 12 – Parametrização da Potência, Canal de Comunicação e Endereço de Rede

	Sensor Base	Nó Sensor 1	Nó Sensor 2
Potência de Transmissão	10 dBm	10 dBm	10 dBm
Canal de Comunicação	0	0	0
Endereço de Rede	0	1	2
Diferença <i>offset</i>	037	036	054

Fonte: Elaborado pelo autor.

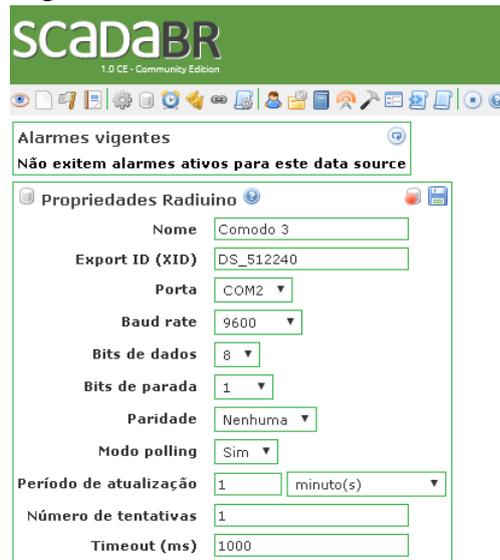
As configurações supracitadas são padrão do Rádium e podem ser vistas nos Anexos de A, B, C e D.

#### Configuração

#### 4.1.2 Configuração do Sistema Supervisório ScadaBR

Após a instalação do ScadaBR, o sistema pode ser acessado através do endereço <<http://localhost8080/ScadaBR/login.htm>>. Inicialmente é criado o *data source* ou fonte de dados, nome do local de onde os dados são coletados pelos sensores. Na Figura 28 é ilustrada a configuração do *data source* para o cômodo 3.

Conforme apresentado na Figura 28, os campos "Porta", "Baud rate", "Bits de dados",

Figura 28 – Parâmetros do *Data Souce*

Fonte: Elaborado pelo autor.

"Bits de parada" e "Paridade" do *data source* cômodo 3 foram configurados para efetuar a comunicação com o nó base a partir da porta serial USB habilitada no computador. Além disso, foi configurado que os dados de cada nó sensor seriam obtidos diante de uma única tentativa, efetuado a cada 1 minuto, e o tempo de espera da informação estipulado em 1000 milissegundos.

Uma vez criado o *data source* é necessário configurar os *data points*. O *data point* possui dois conceitos, sendo que o primeiro é o local onde são guardados os dados recebidos dos sensores, formando ao longo do tempo, uma coleção de valores históricos e o segundo como um ponto de controle, com o objetivo de ligar ou desligar um equipamento. Nesse trabalho os pontos criados são: monitoramentos da corrente, do movimento, da tensão da bateria e intensidade do sinal recebido e de controle do relé para ligamento ou desligamento da tomada. Um exemplo de configuração pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Configuração dos *Data points*

Cabeçalho	Byte no Pacote	Informação Monitorada
AD2[0]	22	Tensão da bateria
AD2[1]	23	Tensão da bateria
AD2[2]	24	Tensão da bateria
AD4[0]	28	Movimento
AD4[1]	29	Movimento
AD4[2]	30	Movimento
AD5[0]	31	Corrente
AD5[1]	32	Corrente
AD5[2]	33	Corrente
PhyHdr[#]	0	Intensidade do Sinal Recebido

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 29 exemplifica detalhes da configuração do *data point* para coletar valores do RSSI de *downlink*. Observa-se que o campo "Endereço do sensor" é configurado com o valor 1, de acordo com o endereço de rede do nó sensor 1 descrito no Quadro 12.

Ao finalizar a configuração de todos os *data points*, o ScadaBR permite o monitoramento em tempo real através *watch list*, que são listas dinâmicas que permite visualizar os últimos valores coletados, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 29 – *Data Point* RSSI Downlink

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 30 – *Watch list*

Nome do Data Point	Valor
Comodo 2 - Down_RSSI	-58.0
Comodo 2 - UP_RSSI	-58.5
Comodo 2 - Relé	0.0
Comodo 2 - Corrente	0.0
Comodo 2 - Luminosidade	250.0
Comodo 2 - Sensor de Presença	0.0
Comodo 2 - Temperatura	30.645004272460938

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.1.3 Integração entre o Sistema Supervisório e o RBC

A integração entre o sistema supervisório e o RBC é semiautomática, ou seja, necessita da intervenção humana. Isso porque, a integração do sistema supervisório e o *framework* JCOLIBRI

excede o foco de validação do modelo proposto nesta dissertação.

Inicialmente, o sistema supervisor ScadaBR foi utilizado para coletar e armazenar o comportamento de utilização dos equipamentos eletroeletrônicos monitorados na residência por um período de sete dias. Em seguida, o relatório dos dados obtidos foi exportado para treinamento inicial do raciocinador baseado em casos, conforme Figura 31. Neste momento, o especialista alimenta o RBC com cada um dos casos que ocorreu durante o treinamento, especificando o campo de solução do problema, ou seja, o estado que a tomada deveria estar naquele momento. No Quadro 13 abaixo, é apresentada a estrutura do caso, enquanto na Figura 32 está ilustrada uma instância da base de dados formatada. É importante destacar que a etapa de treinamento é fundamental para construção do perfil do usuário, a fim de personalizar o desligamento do *standby*.

Quadro 13 – Descrição da estrutura do caso

Atributo	Descrição	Tipo do dado	Valores
caseId	Identificador do caso	integer	-
dia	Dia da semana do evento	date	-
hora	Hora da coleta do evento	time	-
movimento	Sensor de movimento	boolean	<i>High=true</i> e <i>Low=false</i>
corrente	Sensor de corrente	float	<i>corrente &gt; 0.20A = true</i> e <i>corrente &lt; 0.20 A = false</i>
solutionId	Identificador da solução	integer	
tomada	Estado da tomada	boolean	<i>ligada = true</i> e <i>desligada = false</i>

Fonte: Produzido pelo autor.

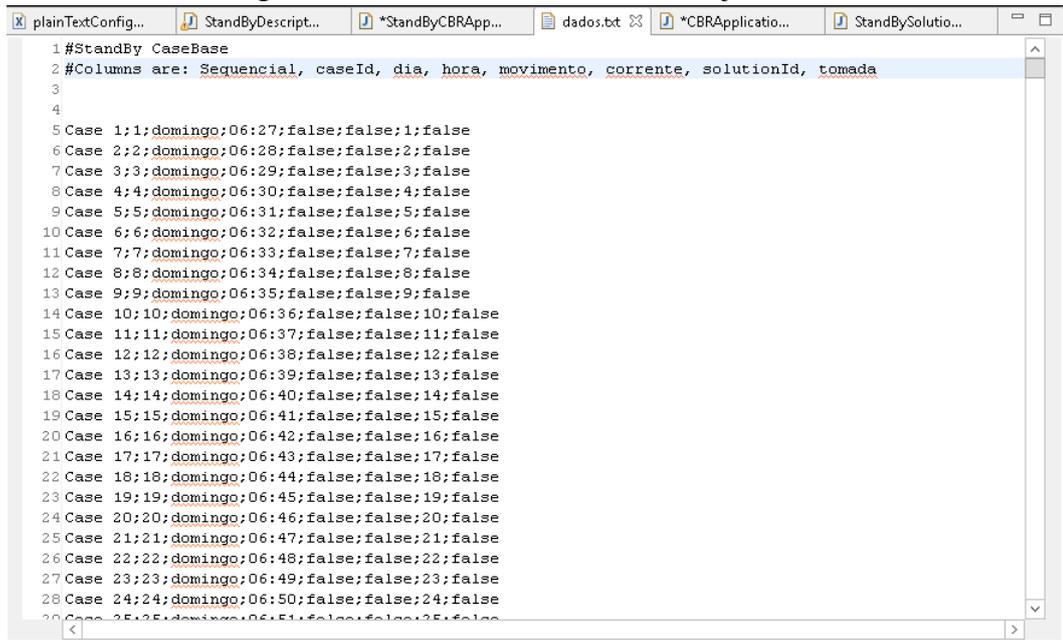
Figura 31 – Criação do Relatório e Exportação dos Dados

The screenshot shows the ScadaBR 1.0 CE - Community Edition interface. At the top, there is a green header with the ScadaBR logo. Below the header is a toolbar with various icons. The main window is divided into several sections:

- Fila de relatórios:** A table with columns: Nome do relatório, Início da execução, Duração da execução, De, Até, Registros, Não descartar. It shows one entry: Sensor de Presença, 2015/03/18 12:42, Em andamento, Início Agora, and a checkbox for Não descartar.
- Modelos de relatórios:** A list of report models.
- Critério de relatório:** A configuration window for creating a report. It includes:
  - Nome do relatório:** Geral
  - Data points:** A table with columns: Nome do data point, Tipo de dados, Cor, Gráfico consolidado. It lists: Comodo 2 - Luminosidade (Numérico), Comodo 2 - Corrente (Numérico), Comodo 2 - Down\_RSSI (Numérico), Comodo 2 - Sensor de Presença (Numérico), and Comodo 2 - UP\_RSSI (Numérico).
  - Eventos:** Todos os eventos
  - Comentários de usuário:** Checked
  - Faixa de datas:**
    - Relativo ao horário do relatório: Anterior 1 dia(s), Passado 1 dia(s)
    - Datas específicas: De 2015/03/08 00:00 to 2015/03/15 00:00. Includes checkboxes for Início and Último.
  - Agendar:** Unchecked
  - Relatório por email:** Unchecked

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 32 – Base de dados formatada jCOLIBRI



```

1 #StandBy CaseBase
2 #Columns are: Sequencial, caseId, dia, hora, movimento, corrente, solutionId, tomada
3
4
5 Case 1;1;domingo;06:27;false;false;1;false
6 Case 2;2;domingo;06:28;false;false;2;false
7 Case 3;3;domingo;06:29;false;false;3;false
8 Case 4;4;domingo;06:30;false;false;4;false
9 Case 5;5;domingo;06:31;false;false;5;false
10 Case 6;6;domingo;06:32;false;false;6;false
11 Case 7;7;domingo;06:33;false;false;7;false
12 Case 8;8;domingo;06:34;false;false;8;false
13 Case 9;9;domingo;06:35;false;false;9;false
14 Case 10;10;domingo;06:36;false;false;10;false
15 Case 11;11;domingo;06:37;false;false;11;false
16 Case 12;12;domingo;06:38;false;false;12;false
17 Case 13;13;domingo;06:39;false;false;13;false
18 Case 14;14;domingo;06:40;false;false;14;false
19 Case 15;15;domingo;06:41;false;false;15;false
20 Case 16;16;domingo;06:42;false;false;16;false
21 Case 17;17;domingo;06:43;false;false;17;false
22 Case 18;18;domingo;06:44;false;false;18;false
23 Case 19;19;domingo;06:45;false;false;19;false
24 Case 20;20;domingo;06:46;false;false;20;false
25 Case 21;21;domingo;06:47;false;false;21;false
26 Case 22;22;domingo;06:48;false;false;22;false
27 Case 23;23;domingo;06:49;false;false;23;false
28 Case 24;24;domingo;06:50;false;false;24;false
29 Case 25;25;domingo;06:51;false;false;25;false

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

A identificação de casos similares é realizada utilizando similaridade global e local. Neste trabalho, a similaridade global é dada pela média das similaridades locais, sendo que, para similaridade local, foi utilizada a função *Equal*. Esta função considera similar apenas valores idênticos. A Figura 33 apresenta a configuração das similaridades, juntamente com pesos aplicados aos atributos.

Figura 33 – Configuração da similaridade global e peso dos atributos

```

// Configurando a similaridade global
simConfig.setDescriptionSimFunction(new Average());

// Configurando a similaridade e peso do atributo caseId
Attribute caseId = new Attribute("caseId", StandByDescription.class);
simConfig.addMapping(caseId, new Equal());
simConfig.setWeight(caseId, 0.00);

// Configurando a similaridade e peso do atributo dia
Attribute dia = new Attribute("dia", StandByDescription.class);
simConfig.addMapping(dia, new Equal());
simConfig.setWeight(dia, 0.2);

// Configurando a similaridade e peso do atributo hora
Attribute hora = new Attribute("hora", StandByDescription.class);
simConfig.addMapping(hora, new Equal());
simConfig.setWeight(hora, 0.5);

// Configurando a similaridade e peso do atributo movimento
Attribute movimento = new Attribute("movimento", StandByDescription.class);
simConfig.addMapping(movimento, new Equal());
simConfig.setWeight(movimento, 0.8);

// Configurando a similaridade e peso do atributo corrente
Attribute corrente = new Attribute("corrente", StandByDescription.class);
simConfig.addMapping(corrente, new Equal());
simConfig.setWeight(corrente, 1.00);

return simConfig;

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma vez configurado o RBC, o sistema pode ser consultado para geração do perfil do usuário no ScadaBR. Na Figura 34 é ilustrada a consulta realizada para o dia “sexta-feira” e a hora “09h52”. O resultado desta informou que o equipamento conectado a tomada estava ligado e não houve movimento no cômodo.

Figura 34 – Algoritmo de consulta a base de casos

```

package br.edu.standby.cbr;

import java.util.Collection;

public class StandByCbrApp implements StandardCbrApplication {

    private Connector connector;
    private CbrCaseBase caseBase;

    public static void main(String[] args) {
        StandByCbrApp cbrApp = new StandByCbrApp();

        System.out.println(new Date(System.currentTimeMillis()));

        try {
            cbrApp.configure();
            cbrApp.preCycle();

            // Gerando uma consulta a base de casos
            StandByDescription queryDesc = new StandByDescription();

            queryDesc.setDia("sexta-feira");
            queryDesc.setHora("09:52");
            queryDesc.setCorrente(true);
            queryDesc.setMovimento(false);

            CbrQuery query = new CbrQuery();
            query.setDescription(queryDesc);
    }
}

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante das informações extraídas do RBC, é cadastrado o perfil do cômodo no ScadaBR para que seja realizado os acionamentos do relé nos dias e horários que irá ligar ou desligar os equipamentos conectados à tomada. A configuração é ilustrada na Figura 35. Nela, a tomada deverá ser ligada às 08h50 e desligada às 11h do domingo. Em seguida, é ligada às 14h30 e desligada às 16h50. Mais adiante, é ligada novamente às 18h e desligada às 21h, e somente é ligada novamente na segunda-feira às 06h da manhã.

Figura 35 – Agendamento de Acionamento

Eventos agendados	
No cron	0 0 21 ? * SUN até 0 0 6 ? * MON
No cron	0 50 8 ? * SUN até 0 0 8 ? * SUN
No cron	0 30 14 ? * SUN até 0 50 16 ? * SUN
No cron	0 30 14 ? * SUN até 0 0 11 ? * SUN

Detalhes de evento agendado	
Export ID (XID)	SE_356078
Alias	
Nível de alarme	Nenhum alarme
Tipo de agendamento	Cron
Retornar ao Normal	<input checked="" type="checkbox"/>
Tempo de atividade	Padrão cron 0 0 21 ? * SUN
Tempo de inatividade	Padrão cron 0 0 6 ? * MON
Desabilitado	<input type="checkbox"/>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a criação dos eventos, é feito o tratamento indicando a tarefa agendada de cada *set point*. A Figura 36 demonstra a configuração do *set point* relé do cômodo 2. No campo "Tipo", colocamos que será do tipo *Set point*, no campo "Target" que significa alvo na exemplo é o relé do cômodo 2. No campo "Ação ativa" recebe o valor 0 e no campo "Ação inativa" recebe o valor 1. Dessa forma, vale ressaltar que o relé usado nos experimentos para ativar o funcionamento da tomada, deve receber o nível lógico *LOW* (0).

Figura 36 – Tratamento de Eventos

The image shows a software interface for configuring event handlers. On the left, a tree view titled 'Tipos de eventos' lists various event categories. The 'Eventos agendados' category is expanded, showing several cron expressions. One expression, 'No cron 0 0 21 ? \* SUN até 0 0 6 ? \* MON', is highlighted in green. On the right, a configuration panel titled 'Tratador de evento' is shown. It has several fields: 'Tipo' is a dropdown menu set to 'Set point'; 'Export ID (XID)' and 'Alias' are empty text input fields; 'Desabilitado' is a checkbox that is unchecked; 'Target' is a dropdown menu set to 'Comodo 2 - Relé'; 'Ação ativa' is a dropdown menu set to 'Setar para um valor estático', with a corresponding text input field containing '0.0'; 'Ação inativa' is a dropdown menu set to 'Setar para um valor estático', with a corresponding text input field containing '1.0'.

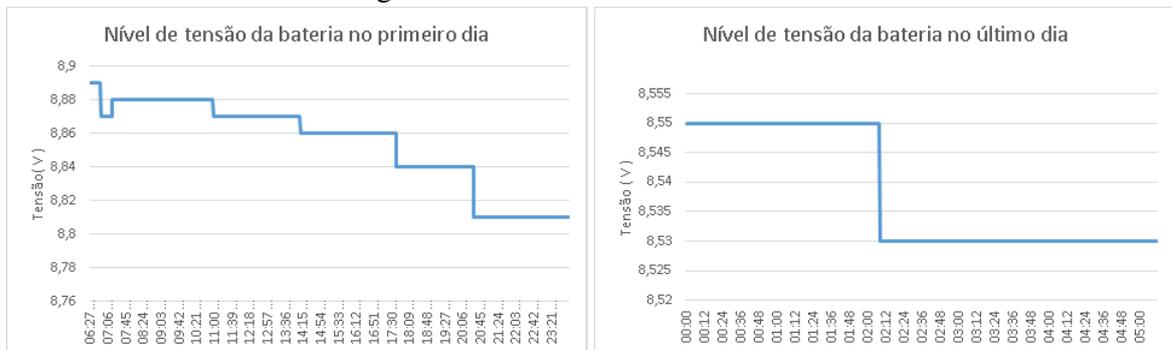
Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 ANÁLISE DO NÍVEL DA BATERIA

O nível da bateria iniciou-se com uma tensão aproximada de 8,89 V. Ao longo do primeiro dia do experimento houve uma pequena queda na tensão de apenas 0,08 V, apresentado na Figura 37. Na mesma figura, o valor apresentado no último dia do teste é de aproximadamente 8,51 V, para ratificar com a informação, como ilustrada na Figura 38, mediu-se com um multímetro o valor da tensão da bateria, apresentando um valor próximo de 8,46 V. Deste modo, pode-se considerar que o comportamento do consumo da rede de sensores sem fio no experimento, é satisfatório para proposta de eficiência energética.

Figura 37 – Nível de tensão da bateria



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 – Medição no multímetro do nível de tensão da bateria após experimento



Fonte: Elaborada pelo autor.

## 5.2 ANÁLISE DA INTENSIDADE DE SINAL RECEBIDO

A rede comportou-se de maneira estável, pois não houve perdas na tentativa de coleta dos dados. A análise da transmissão e recepção de sinal se restringiu ao RSSI de *Downlink* e *Uplink*. Portanto, possíveis erros de interferências, ruídos, distorção, sincronização, atenuação e *multipath* não foram verificados. Somente foi coletada a informação de um nó sensor em cada cômodo, já que se encontravam um ao lado do outro.

A Tabela 4 demonstra a média e o desvio padrão das leituras de RSSI realizadas. A intensidade do sinal se manteve praticamente a mesma durante todo o período da avaliação. É importante ressaltar que os locais de fixação dos equipamentos eletrônicos nas residências, normalmente, apresentam distâncias consideráveis ao fluxo de pessoas. Devido a isto, o comportamento apresentado pela rede foi satisfatório.

Tabela 4 – RSSI Médio e Desvio Padrão

	Cômodo 2 UPLINK	Cômodo 2 DOWNLINK	Cômodo 3 UPLINK	Cômodo 3 DOWNLINK
Média	-62,3dBm	-61,7dBm	-67,9dBm	-67,3dBm
Desvio Padrão	0,91dBm	0,84dBm	0,82dBm	0,86dBm

Fonte: Resultado do experimento.

## 5.3 ANÁLISE DA CORRENTE E DO MOVIMENTO

Neste quesito, o estudo apontou que a corrente em *standby* dos televisores e do vídeo game é aproximadamente 0 A, enquanto o desvio padrão é igual a zero, conforme apresentado nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Leitura correntes Cômodo 2

Equipamento	Corrente de funcionamento	Corrente de <i>Standby</i>
Televisor 32"LCD	0,28 A $\sigma = 0,08$ A	0,01 A $\sigma = 0$ A
Vídeo Game	0,43 A $\sigma = 0,06$ A	0,01 A $\sigma = 0$ A

Fonte: Resultado do experimento.

Tabela 6 – Leitura correntes Cômodo 3

Equipamento	Corrente de funcionamento	Corrente de <i>Standby</i>
Televisor 42"LCD	0,56 A $\sigma = 0,04$ A	0,01 A $\sigma = 0$ A
Decodificar de TV HD	0,32 A $\sigma = 0,02$ A	0,28 A $\sigma = 0,02$ A

Fonte: Resultado do experimento.

Os valores mensurados corroboram com o estabelecido nos manuais dos equipamentos de televisão e videogame, os quais informam que os valores de consumos em *standby* são menores que 1 W. Para verificar tal informação é necessário aplicar os valores mensurados na fórmula de cálculo de corrente, conforme demonstrado na 5.1.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1W}{127V} = 0,0078A \quad (5.1)$$

Entretanto, o estudo comprovou que o decodificador possui um alto consumo de energia, mesmo em *standby*. Este fato foi diagnosticado mediante a leitura de uma alta corrente neste modo, com valores próximos ao medido durante o funcionamento do aparelho. Após a leitura do manual do fabricante do decodificador, constatou-se que os valores medidos estavam em consonância com o informado. Na Figura 39 abaixo, está ilustrada a verificação manual realizada por meio de um alicate amperímetro, no intuito de comparar e confirmar as leituras de corrente do decodificador de TV HD em *standby* emitidas pelo sensor.

Figura 39 – Medição multímetro nível de corrente decodificador

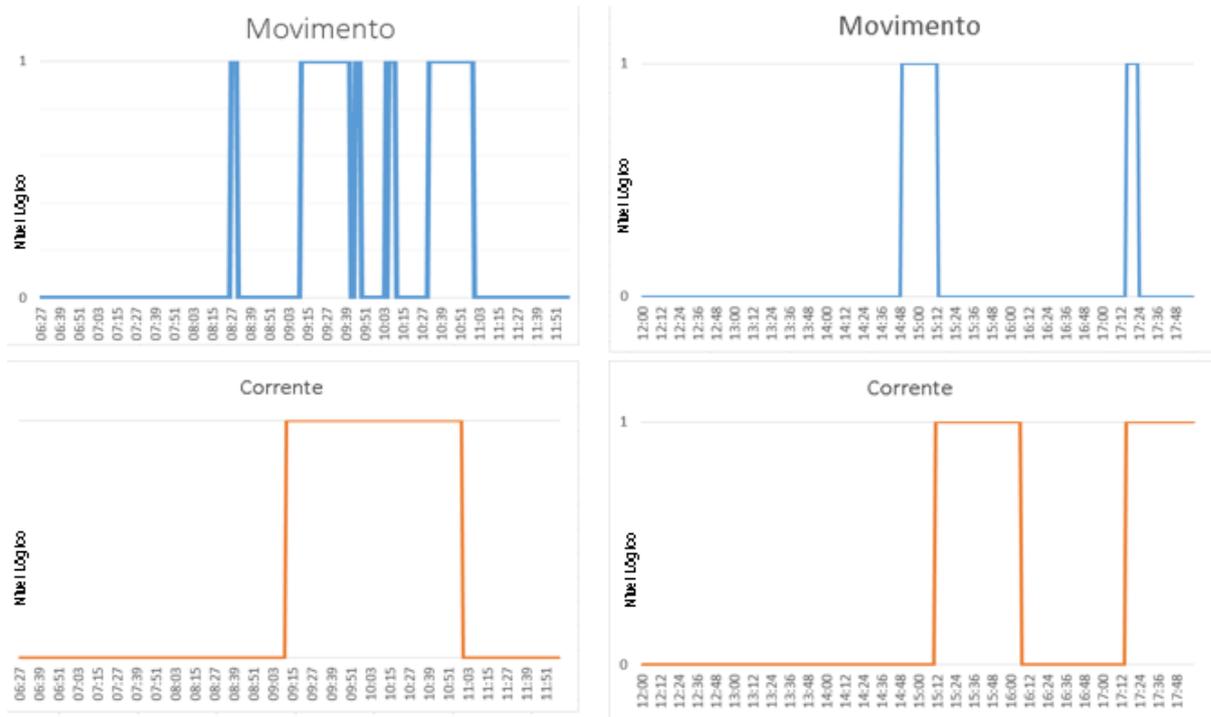


Fonte: Resultado de medição.

Como apresentado anteriormente, apenas o cômodo 3 teve um consumo considerável em *standby*. Por isso, para simplificação da análise dos sensores de movimento, adotou-se a realização de forma conjunta com os resultados dos sensores de corrente dos equipamentos nesse cômodo. Nesse sentido, justificasse essa decisão por melhor apresentação da visualização do cenário e entendimento dos resultados. Para a apresentação, definiu-se o dia 08/03/2015, o qual foi dividido em três períodos, sendo eles, das 06h às 11h59, das 12h às 17h59 e das 18h às 23h59 e para completar às 24 horas o período do dia 09/03/2015 das 0h às 05h59. De acordo com o Quadro 13 quando a corrente é maior que 0,20 A, o equipamento está ligado e recebe o valor *true* = 1; e quando menor ou igual a 0,20 A, o equipamento está em *standby* ou desligado e recebe o valor *false* = 0. O mesmo ocorre em relação ao sensor de movimento quando recebe

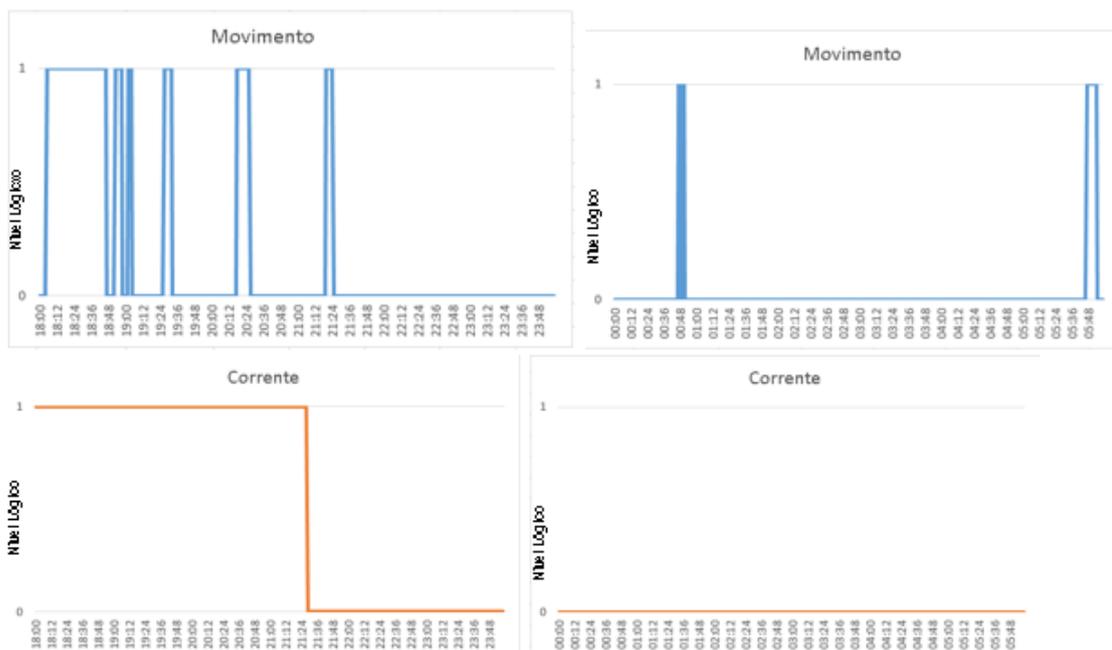
*HIGH* = 1, equivale a ocorrência de movimento, e quando recebe o valor *LOW* = 0, equivale a ocorrência que não houve movimento.

Figura 40 – Resultado do 1º e 2º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3



Fonte: Resultado do experimento.

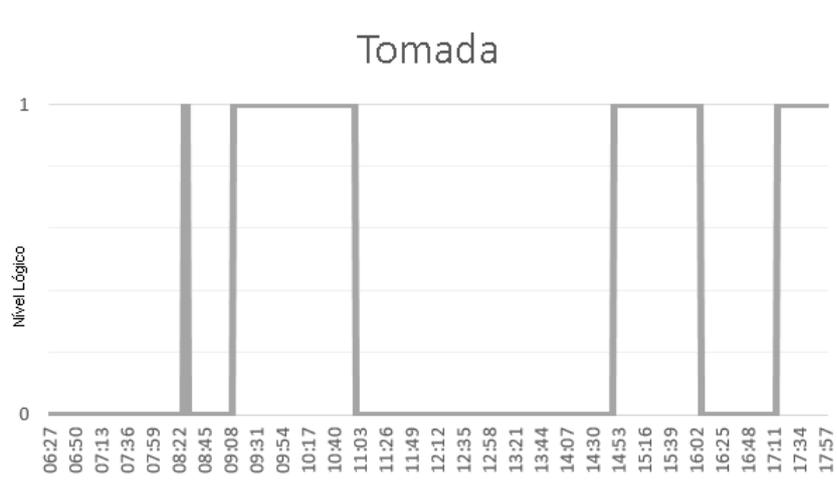
Figura 41 – Resultado do 3º e 4º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3



Fonte: Resultado do experimento.

De acordo com a Figura 40 e a Figura 41, foi possível a criação do provável perfil através do sistema RBC, tendo como resultado a Figura 42.

Figura 42 – Saída do 1º e 2º períodos de uso dos sensores de movimento e corrente da televisão de 42"LCD do cômodo 3



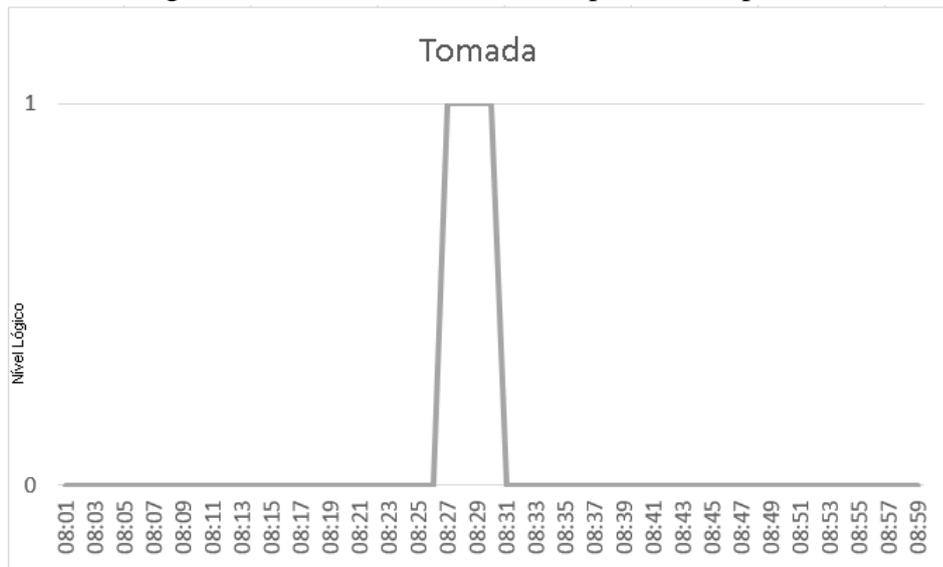
Fonte: Resultado do experimento.

Analisando o perfil a ser gerado, equivalente ao 1º e 2º períodos, tem-se o provável horário em que a tomada ficaria ligada ou desligada, entretanto a análise demonstra que alguns dados devem ser tratados. Um exemplo é o horário ilustrado na Figura 43, que apresenta uma lacuna entre as 08h e 09h, oriunda de algum movimento ocorrido no cômodo 3. Nesse sentido, vale ressaltar que pode ser um evento rotineiro ou não que pode afetar a geração correta do perfil. Esse tipo de movimento pode ter sido ocasionado por uma arrumação do quarto, manutenção de aparelhos, dentre outros, podendo gerar vinte minutos de consumo desnecessário. Pode-se resolver esse problema na geração do perfil, no desenvolvimento de um algoritmo para o tratamento de erro, ou como no caso em análise que, como foi de forma semiautomática, tratou-se o erro na geração do perfil.

Outro problema encontrado, foi com a parametrização efetuada em relação a Tabela 1. Foi definido um limiar sobre o valor da corrente dos equipamentos no intuito de identificar se estariam em *standby* ou não. O valor encontrado em *standby* do decodificador ficou acima do definido baseado na Tabela 1. Com isso, a análise considerou que sempre ele esteve ligado, demonstrado na figura Figura 44. Dessa forma adotou-se as informações da televisão para a geração do perfil, partiu-se do pressuposto que para assistir à programação do decodificador, a televisão deve estar ligada.

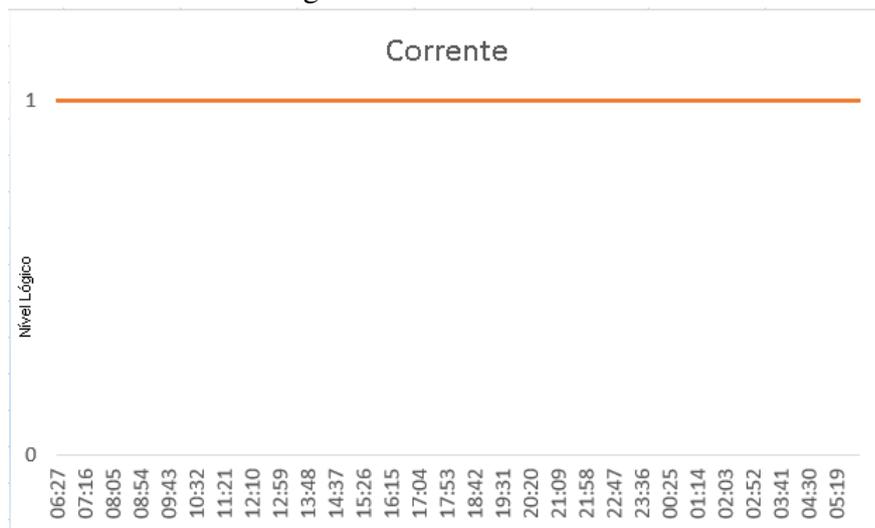
O perfil da tomada pode ser visto na Figura 45, ao tratar os erros referentes aos estados que ocorreram: movimentos de curta duração, decodificador sempre ativo e atendendo ligar os

Figura 43 – Visão das 8h às 9h do perfil do 1º período



Fonte: Resultado do experimento.

Figura 44 – Saída Corrente



Fonte: Resultado do experimento.

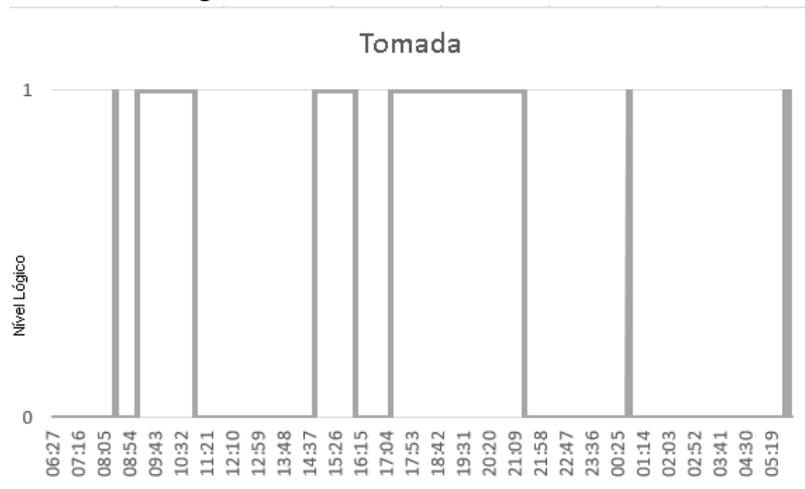
equipamentos vinte minutos antes. O Quadro 14 demonstra uma visão mais clara do perfil de forma ideal, com os horários que as tomadas devem ser ligadas e desligadas.

Quadro 14 – Perfil de funcionamento das tomadas Cômodo 3

Horário	Tomadas ligadas	Tomadas desligadas <i>Standby</i>
06:00 às 08:50	Não	Sim
08:50 às 11:00	Sim	Não
11:00 às 14:30	Não	Sim
14:30 às 16:00	Sim	Não
16:00 às 16:50	Não	Sim
16:50 às 21:00	Sim	Sim
21:00 às 05:59	Não	Sim

Fonte: Resultado do experimento.

Figura 45 – Perfil da Tomada 24 horas



Fonte: Resultado do experimento.

Ao todo temos um dia completo, onde 15 horas e 10 minutos os equipamentos devem ser desligados e 09 horas e 50 minutos ligados.

### 5.3.1 Perfil de Consumo

De acordo com o perfil de consumo apresentado na Figura 46, a tomada deveria ficar desligada o equivalente a 52% do tempo. Assim, analisando este perfil ao longo do mês têm-se que:

$$\text{Consumo} = 30\text{dias} \times 24\text{horas} \times \frac{52}{100}\text{consumo} = 374,4\text{horas} - \text{mensais} \quad (5.2)$$

30 dias x 24 horas x 52%, dando um total de 374,4 horas mensais consumindo em *standby*.

A tabela 8, ilustra o consumo de cada equipamento em watts e o consumo em Quilowatt-hora (kWh) mensal em *standby*.

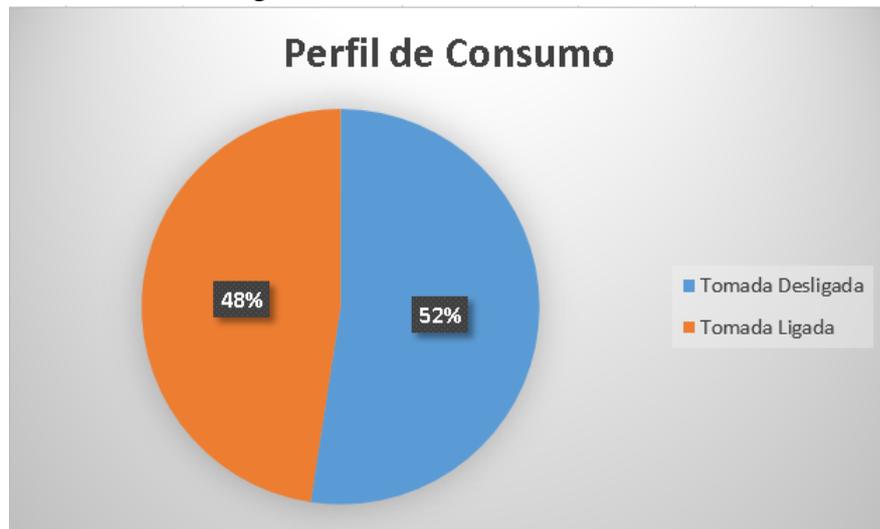
Quadro 15 – Consumo em *standby*

Equipamento	Corrente em <i>standby</i>	Potência em <i>standby</i>	Consumo Mensal 52%
Televisor 32 LCD"	0,01 A	1,27W	0,475488 kWh
Televisor 42 LCD"	0,01 A	1,27W	0,475488 kWh
Decodificador	0,28 A	35,56W	13,31 kWh
Vídeo Game	0,01 A	1,27 W	0,475488 kWh

Fonte: Resultado do experimento.

A empresa Energisa, concessionária de energia elétrica na cidade de Aracaju, capital do estado de Sergipe, disponibiliza no seu site um simulador de consumo de energia elétrica que se

Figura 46 – Percentual de consumo



Fonte: Resultado do experimento.

aproxima da conta real. A Figura 47 apresenta esse consumo no total de R\$ 5,11 (cinco reais e onze centavos).

Figura 47 – Percentual de consumo



Fonte: Simulador de Consumo da Energisa 2015.

De acordo com a Anatel, o Brasil fechou junho de 2015 com 19.605.772 milhões de acessos de TV por assinatura. Podemos utilizar o experimento realizado para cálculo de consumo

de energia elétrica no Brasil de acordo com o número de assinantes apresentados no Quadro 16. A partir dessas informações, pode-se calcular, conforme o Quadro 17, o consumo em kWh, o valor sem imposto, o valor dos impostos e o valor adicional por bandeira tarifária, e gasto total.

Quadro 16 – Números de assinantes de televisão por assinatura no Brasil por região

Região	Acessos
Brasil	19.605.722
Centro Oeste	1.416.318
Nordeste	2.344.642
Norte	833.622
Sudeste	12.028.834
Sul	2.982.316

Fonte: ANATEL número de acessos Tv por assinatura no Brasil 2015.

Quadro 17 – Previsão de consumo e gasto total com assinantes do Brasil com equipamentos em *standby* em um mês de acordo com o experimento realizado

Região	Consumo em kWh	Valor (R\$)	Impostos (R\$)	Adicional bandeiras (R\$)	Total (R\$)
Brasil	201.351.278,44	82.540.300,76	6.469.904,81	10.979.232,41	99.989.437,20
Centro Oeste	14.545.585,86	5.962.698,78	467.384,94	793.138,08	7.223.221,80
Nordeste	24.079.473,34	9.870.942,82	773.731,86	1.312.999,52	11.957.674,20
Norte	8.561.708,74	3.509.717,02	275.108,46	466.850,72	4.251.676,20
Sudeste	123.536.125,18	50.641.391,14	3.969.515,22	6.736.147,04	61.347.053,40
Sul	30.628.385,32	12.555.550,36	984.164,28	1.670.096,96	15.209.811,60

Fonte: Elaborado pelo autor.

No Quadro 18 estão descritos os custos dos componentes utilizados nesse trabalho para um cômodo e o Rádio Base. Observando os custos têm-se a impressão que é um custo alto para a aquisição. Entretanto, no site de compras da AMAZON, podemos encontrar um equipamento presente nos trabalhos relacionados, o HiSAVER, que custa \$ 83,00 (oitenta e três dólares). De acordo, com a FinanceOne, o valor médio do dólar nos últimos 365 dias equivale a aproximadamente R\$ 4,19 (quatro reais e dezenove centavos), convertendo para real daria R\$ 348,11 (trezentos e quarenta e oito reais e onze centavos). Um ponto a considerar sobre a solução, foi a junção de vários produtos. Com a possibilidade da criação de um programa pelo governo brasileiro para a produção em grande quantidade e incentivo na redução de impostos para a confecção de um hardware contendo os itens conjugados, haveria redução do preço, sendo possível a compra da população ou instalação pelo governo em várias residências.

Quadro 18 – Custos com Experimento

Itens	Valores
Kit DK 103 + Rádio Base + Nó Sensor	(R\$) 403,00
Sensor de Corrente SCT-013-000	(R\$) 69,00
Sensor Infravermelho	(R\$) 17,00
Caixas Plástica da Tomada	(R\$) 55,00
Diversos (Resistores, Capacitores, Cabinhos, etc)	(R\$) 30,00
ScadaBR	(R\$) 0,00
jCOLIBRI	(R\$) 0,00
Custo Total	(R\$) 574,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro ponto, é que o consumo calculado, foi realizado apenas com os objetos monitorados, ou seja, o número de habitantes e equipamentos em nossa análise, limitou-se aos assinantes de televisão por assinatura, cada um possuindo um decodificador e uma televisão.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso eficiente de energia elétrica tem sido bastante estudado, com várias propostas implantadas ou impostas pelos governos em nível nacional e mundial. O governo necessita de novas ações ou trabalhos que ajudem no uso consciente da energia elétrica, demandando pesquisas em diversas áreas, como, por exemplo, Engenharias, Ciência da Computação, Arquitetura, Sociologia, dentre outras.

Atualmente, algumas soluções para o desligamento de equipamentos em modo *standby* estão disponíveis no mercado. Entretanto, elas são estáticas, incapazes de aprender o comportamento do ambiente e, geralmente, não apresentam a interação com o usuário.

Este trabalho apresentou um modelo de tomada gerencial inteligente, com o objetivo de inferir o perfil de utilização dos dispositivos eletroeletrônicos de uma residência para efetuar o desligamento automático dos equipamentos que estão em *standby*, reduzindo o consumo de energia em momentos de não utilização dos aparelhos, sem atrapalhar o conforto, o entretenimento e o lazer dos usuários. Para tanto, foi implementado um protótipo da tomada com *hardware* e *software* de código aberto, aprendizado através de um sistema de raciocínio baseado em casos semi-integrado ao sistema supervisório ScadaBR. No desenvolvimento do RBC foi utilizado o *framework* jCOLIBRI.

O custo relativo à construção do protótipo é similar ao valor de outras alternativas existentes no mercado que não apresentam características gerenciais e inteligentes. Além disso, ao se considerar a instalação em uma única residência, o retorno do investimento ocorre em um prazo de 12 meses.

Entretanto, se a proposta for inserida nas políticas públicas de eficiência energética do Governo Federal, mais especificamente no combate ao desperdício de energia, o custo de fabricação do protótipo poderia ser reduzido, visto que o Governo ofereceria incentivos fiscais para sua fabricação, através da redução de impostos, bem como, o *hardware* poderia ser otimizado e desenvolvido em escala.

É importante ressaltar ainda que mesmo com a redução mensal de poucos kWh por residência, caso incentivado e aplicado em todo Brasil por meio de um programa do Governo, a redução em larga escala seria bastante significativa, uma economia de aproximadamente 201 milhões de kWh, apenas com o desligamento do *standby* do decodificador HD. Este fenômeno

causaria um efeito cascata, uma vez que tamanha redução no consumo reduziria a necessidade de geração de energia elétrica, eliminaria a cobrança de taxas adicionais aplicadas em época de escassez de água, diminuiria as taxas tarifárias e a necessidade de produção de energia através de outras fontes energéticas, dentre elas, as não renováveis.

Com relação ao desempenho do protótipo, a rede de sensores sem fio se comportou de maneira estável, a intensidade de sinal se manteve constante e todos os pacotes foram recebidos com êxito. Ademais, a utilização de um sistema de raciocínio baseado em casos se apresentou como uma proposta viável tanto para representar o comportamento de utilização diária dos dispositivos eletroeletrônicos da residência, como para inferir os momentos de desligamento automático da tomada, a fim de evitar o consumo durante o modo *standby* dos aparelhos.

Outro ponto relevante foi a integração, mesmo que semiautomática, do RBC com o sistema supervisor ScadaBR. Este supervisor permitiu que regras induzidas a partir do conhecimento inferido pelo RBC fossem aplicadas no gerenciamento da tomada, além de possibilitar a visualização e a configuração dos componentes da RSSF por uma interface amigável.

Ressalta-se ainda que demonstrar a viabilidade de integração destes sistemas possibilita a aplicação em diferentes outros setores que necessitam gerenciamento das coisas (equipamentos, pessoas, dentre outros), pois a ferramenta SCADA permite a supervisão de vários protocolos e *drivers*.

Diante do exposto, é imprescindível destacar que a principal contribuição deste trabalho foi modelo de tomada gerencial inteligente, validado por meio de um protótipo que demonstrou ser possível desligar automaticamente os dispositivos eletroeletrônicos em modo *standby*, baseado no seu padrão de desuso, a fim de reduzir o consumo de energia na residência.

## 6.2 TRABALHOS FUTUROS

Com a realização do trabalho realizado, algumas propostas de estudos podem ser sugeridas:

- Estudo de interferências com várias redes de sensores em funcionamento, ou seja, um estudo com o modelo proposto em várias residências vizinhas, para medir o grau de interferência e estabilidade das redes.
- Incorporação da técnica de raciocínio baseados em casos no ScadaBR, para transformar de forma automática o aprendizado, podendo ser utilizado para vários setores, tais como, industriais, comerciais, residenciais, governamentais, gás e óleo, dentre

outros.

- Projeto de um *hardware* autônomo, no qual o perfil do ambiente, após treinamento, poderia ser armazenado e consultado em um cartão de memória.
- Desenvolvimento de uma aplicação para conexão através de celulares para controle e visualização dos eventos.

## REFERÊNCIAS

- AAMODT, A. et al. Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches. **AI communications**, IOS press, v. 7, n. 1, p. 39–59, 1994.
- AKYILDIZ, I. F. et al. **Wireless sensor networks**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010. v. 4.
- ATMEL. **Atmel Corporation**. 1984. Disponível em: <<http://www.atmel.com/pt/br/default.aspx>>. Acesso em: 02 jun. 2016.
- BARROS, B. F. et al. **Gerenciamento de Energia. Ações Administrativas e Técnicas de Uso Adequado da Energia Elétrica**. 2. ed. The address: Érica, 2015. An optional note. ISBN 8536515473.
- BRUNDTLAND, G. et al. **Our Common Future ('Brundtland report')**. The address: Oxford University Press, USA, 1987. Paperback. (Oxford Paperback Reference). ISBN 3257227892.
- CEBDS. **Consumo Eficiente de energia elétrica: uma agenda para o brasil**. [S.l.]: Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), Brasil, 2016.
- CIRIBELLI, M. **Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica**. [s.n.]. ISBN 9788575770818. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=3haJdQ9KRLEC>>. Acesso em: 03 fev. 2015.
- DUZGUN, B. et al. Turkey's energy efficiency assessment: White certificates systems and their applicability in turkey. **Energy Policy**, Elsevier, v. 65, p. 465–474, 2014.
- EPE. **Plano Nacional de energia 2030 - Ano Base 2005 - 2007**. [S.l.]: Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil, 2007.
- EPE. **Balanco Energético Nacional 2015 - Ano Base 2014**. [S.l.]: Ministério de Minas e Energia (MME), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Brasil, 2015.
- GOMES, J. P. T. **Protótipo para monitoramento e aquisição de dados de pressão através de redes de sensores sem fio em sistemas de abastecimento de água com utilização da plataforma RADIUINO e ScadaBr**. 2015. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, 2015.
- HEFFNER, G. et al. Minding the gap: World bank's assistance to power shortage mitigation in the developing world. **Energy**, Elsevier, v. 35, n. 4, p. 1584–1591, 2010.
- IYENGAR, S. S. et al. **Fundamentals of sensor network programming: Applications and technology**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2011.
- KARL, H. et al. **Protocols and architectures for wireless sensor networks**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2007.
- KOO, C. et al. Development of a new energy efficiency rating system for existing residential buildings. **Energy Policy**, Elsevier, v. 68, p. 218–231, 2014.
- LENZ, M. et al. **Case-based reasoning technology: from foundations to applications**. [S.l.]: Springer, 2003. v. 1400.

LIM, J. et al. Caspre: A context-aware standby power reduction scheme for household appliances. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATION WORKSHOPS (PERCOM WORKSHOPS), 2., 2016, New South Wales. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2016. p. 1–6.

MANGO. **Mango Automation da Infinite Automation System Inc.** 2016. Disponível em: <<http://infiniteautomation.com/>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

MAZZAROPPI, M. **Sensores de Movimento e Presença.** Monografia (Bacharel) — Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Brasil, 2007.

MCGRATH, M. et al. **Sensor Technologies: Healthcare, wellness and environmental applications.** [s.n.]. (Expert’s Voice in Networked Technologies). ISBN 9781430260134. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=oYBtAgAAQBAJ>>. Acesso em: 22 mar. 2015.

OPENSCADA. **Open Scada.** 2016. Disponível em: <<http://openscada.org>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

PROCEL. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** [S.l.]: ENCE, Brasil, 2010.

PROCEL. **Manual de Tarifação da Energia Elétrica.** Eletrobrás, Brasil, 2011.

PROCEL. **Resultados Procel 2014 - Ano Base 2013.** [S.l.]: Eletrobrás, Brasil, 2014.

RADIUINO. **Plataforma RADIUINO.** 2010. Disponível em: <<http://radiuino.cc>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

RODRIGUES, J. R. F. **Avaliação da Utilização do modo Standby em eletrodomésticos e de propostas de soluções mitigadoras para redução do seu consumo energético.** 2009. Dissertação (Mestrado) — Programa de PósGraduação em Engenharia Elétrica (PPGEE), Universidade Federal do Paraná (UFPr), Paraná, Brasil, 2009.

SAHIN, M. C. et al. Standby electricity consumption and saving potentials of turkish households. **Applied Energy**, v. 114, p. 531–538, 2014.

SALES, J. et al. Sistema para reduzir o consumo em stand-by-ecoenergy. **GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 4, n. 4, p. 1434–1441, 2014.

SANTOS, A. J. et al. Econotech: Sistema de gerenciamento para equipamentos em standby. **Inova SENAI**, 2011.

SANTOS-JUNIOR, G. P. **Integração de um Sistema de Raciocínio Baseado em Casos e um Agente Inteligente de Diálogo para Resolução de Problemas de Programação.** 2009. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil, 2009.

SCADABR. **ScadaBR.** 2011. Disponível em: <<http://www.scadabr.com.br>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

SHIU, S. C. et al. Case-based reasoning: concepts, features and soft computing. **Applied Intelligence**, Springer, v. 21, n. 3, p. 233–238, 2004.

SILVA, F. A. et al. **Tecnologia de Sensores Sem Fio.** The address of the publisher, 2008.

SOLANKI, P. S. et al. An investigation of standby energy losses in residential sector: Solutions and policies. **Journal homepage: www. IJEE. IEEFoundation. org**, v. 4, n. 1, p. 117–126, 2013.

SOUSA, J. L. et al. World-wide non-mandatory involvement of electricity utilities in the promotion of energy efficiency and the portuguese experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 22, p. 319–331, 2013.

THOMAZINI, D. et al. **Sensores industriais - Fundamentos e aplicações**. Érica, 2008. ISBN 9788536500713. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=GJV7PgAACAAJ>>.

THOMAZINI, D. et al. Sensores industriais: Fundamentos e aplicações. **São Paulo**, v. 3.

TI. **Texas Instruments Incorporated**. 1995. Disponível em: <<http://www.ti.com/>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

TOLMASQUIM, M. As origens da crise energética brasileira. **Ambiente & sociedade**, SciELO Brasil, n. 6-7, p. 179–183, 2000.

TSAI, C.-H. et al. Reducing the standby power consumption of a pc monitor. In: CONSUMER ELECTRONICS (GCCE), IEEE 1ST GLOBAL CONFERENCE ON, 1., 2012, Tokyo. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2012. p. 520–524.

TSAI, C.-H. et al. Using an ultrasound module to reduce the standby power consumption of a pc monitor. In: INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT TECHNOLOGY CONFERENCE (I2MTC), IEEE INTERNATIONAL, 2013, Minneapolis. **Proceedings...** [S.l.]: IEEE, 2013. p. 717–722.

UBIQUITI. **Ubiquiti Networks**. 2015. Disponível em: <<http://www.ubnt.com/mpower>>. Acesso em: 02 ago. 2015.

VENDRUSCULO, E. A. Avaliação de televisores quanto ao consumo de energia elétrica, no modo de operação standby, e adequação a padrões de eficiência energética. **Energy Discussion Paper**, n. 2.56, 2005.

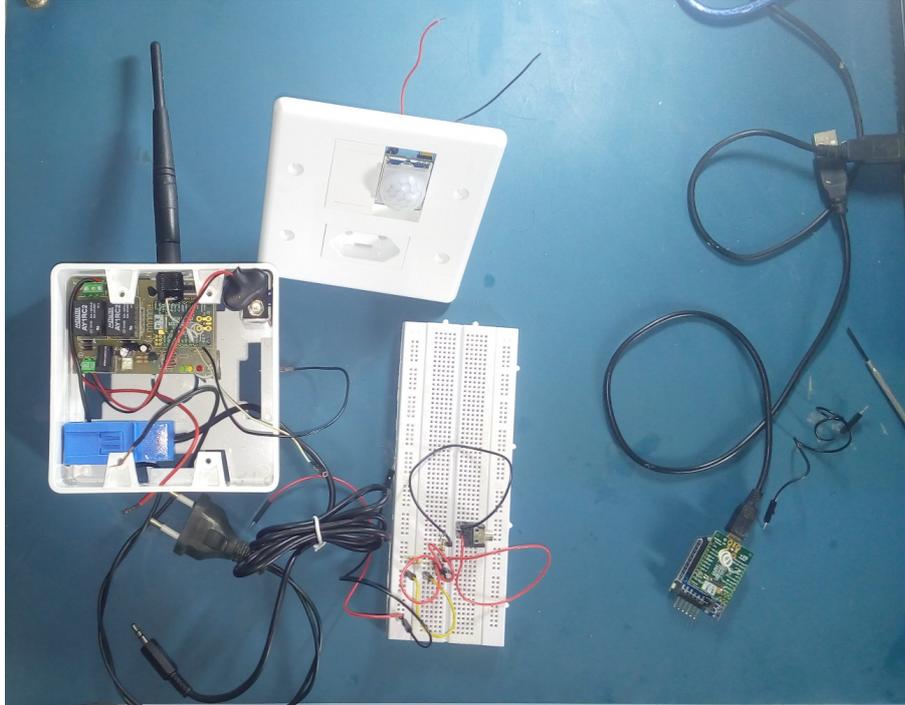
WANGENHEIM, C. von et al. **Raciocínio baseado em casos**. [s.n.]. ISBN 9788520414590. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=cIMwqPOdPTMC>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

WATSON, I. et al. Case-based reasoning: A review. **The knowledge engineering review**, Cambridge Univ Press, v. 9, n. 04, p. 327–354, 1994.

WEC. **2013 World Energy Issues Monitor**. [S.l.]: World Energy Council, 2013.

## APÊNDICE A – CONJUNTO EXPERIMENTAL

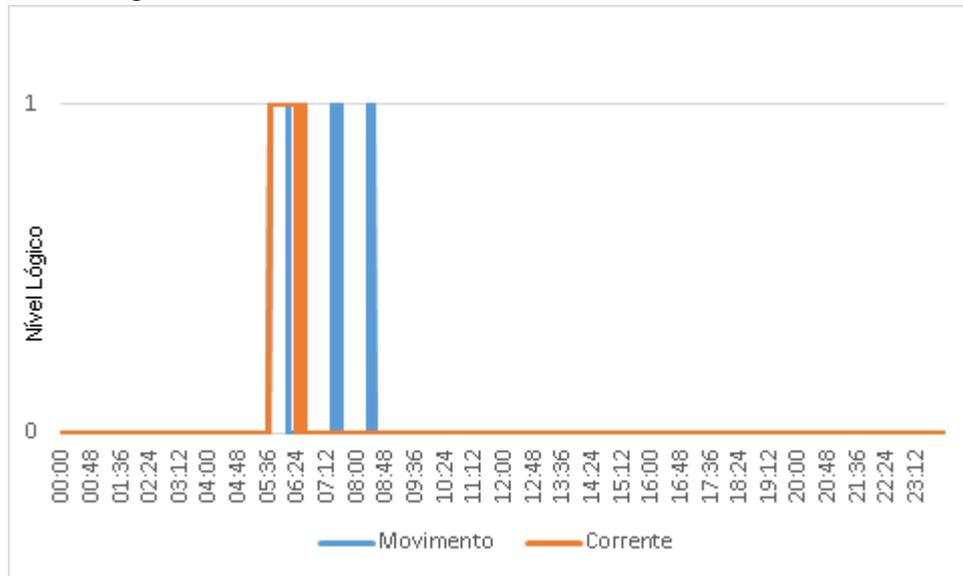
Figura 48 – Conjunto Experimental



Fonte: Elaborado pelo autor.

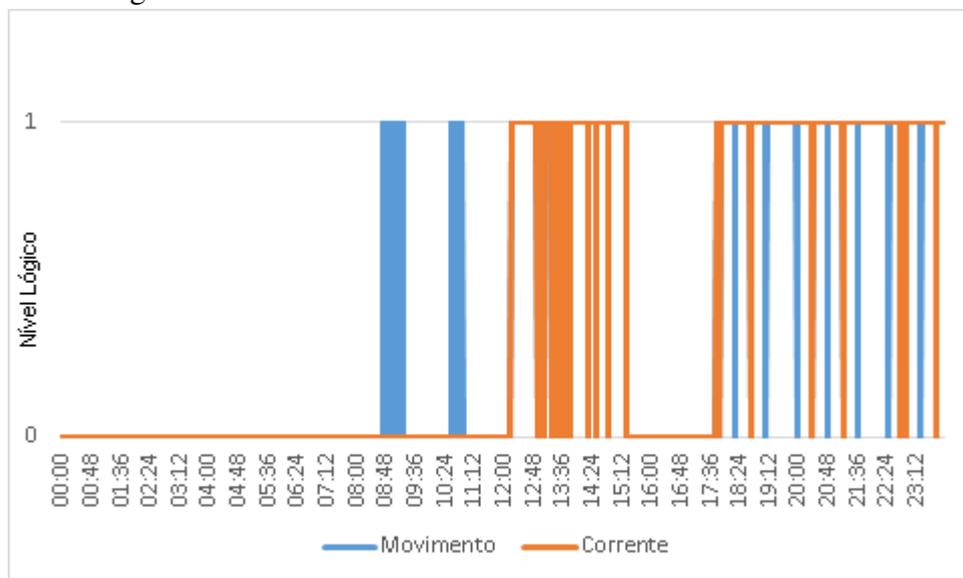
## APÊNDICE B – GRÁFICOS DA LEITURA DOS SENSORES DE MOVIMENTO E CORRENTE DO TELEVISOR CÔMODO 2

Figura 49 – Dia 12/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21"



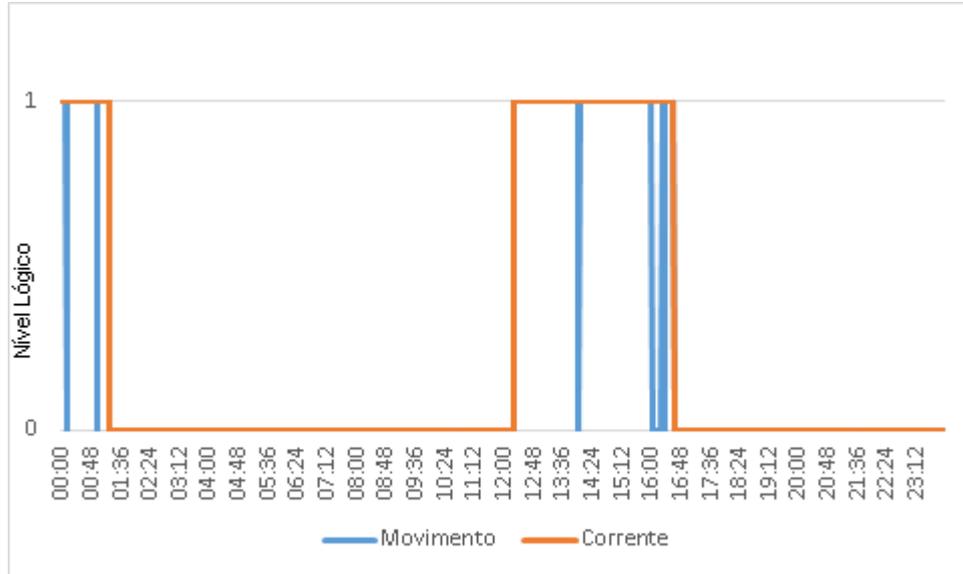
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 50 – Dia 13/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21"



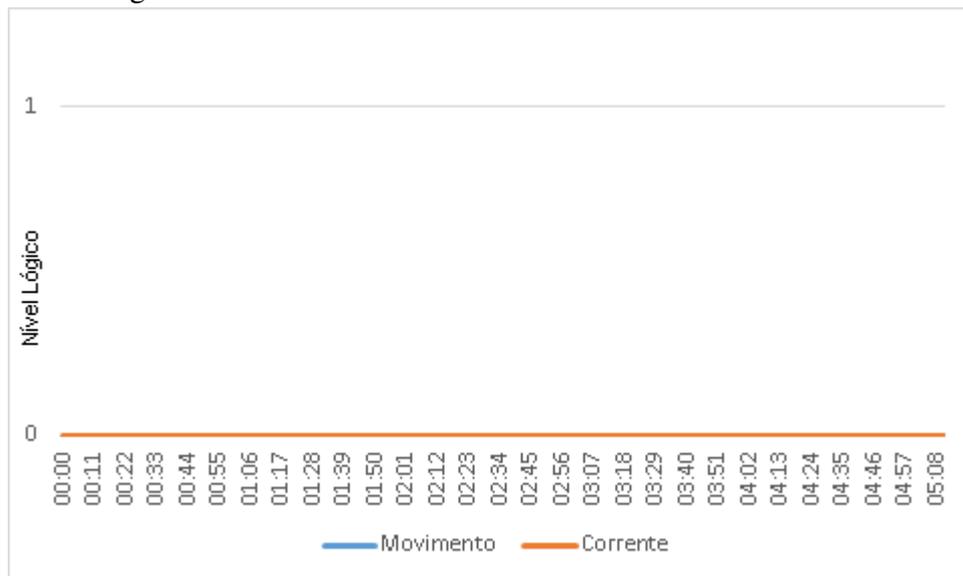
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 51 – Dia 14/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 21"



Fonte: Elaborado pelo autor.

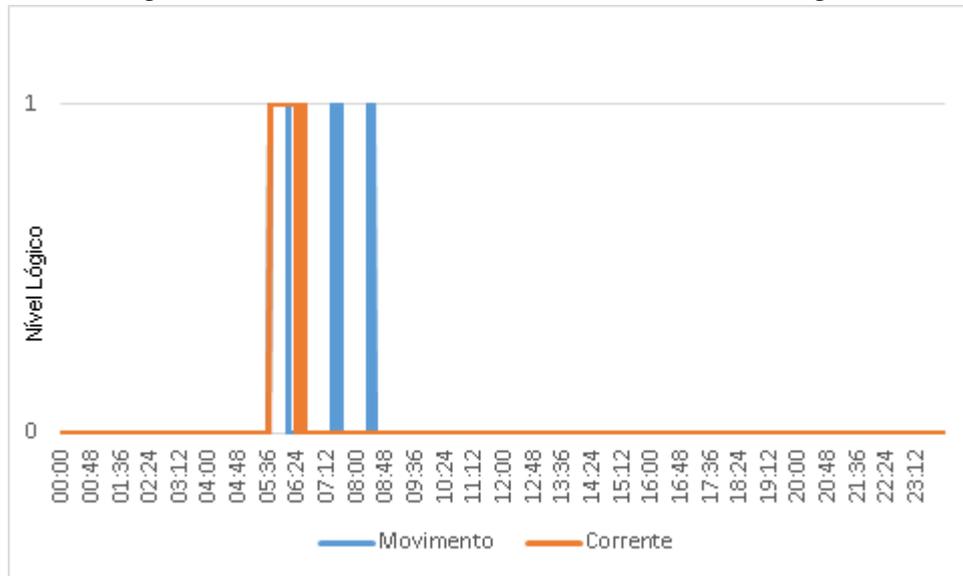
Figura 52 – Dia 15/03/2015 das 00h às 05h57 - Televisor 21"



Fonte: Elaborado pelo autor.

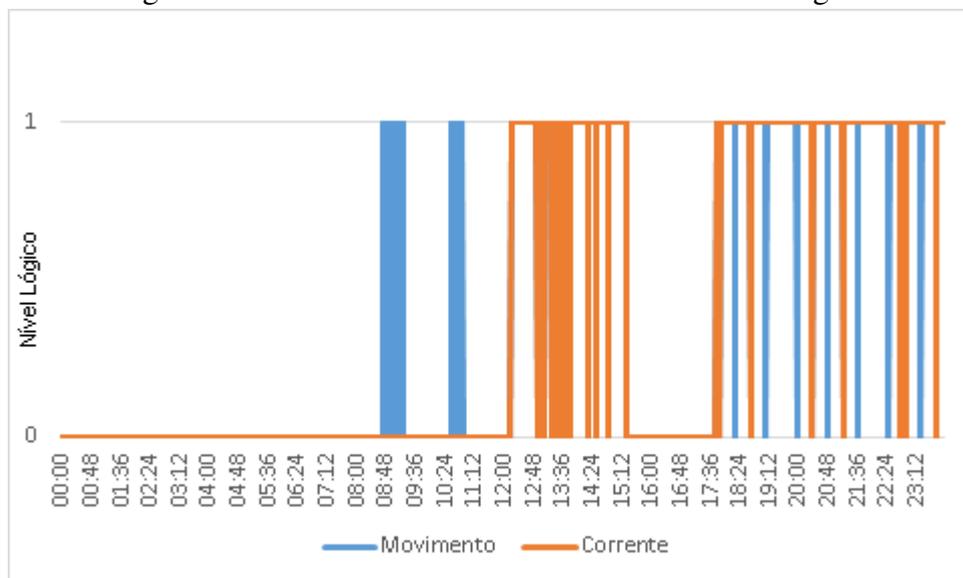
## APÊNDICE C – GRÁFICOS DA LEITURA DOS SENSORES DE MOVIMENTO E CORRENTE DO VIDEOGAME CÔMODO 2

Figura 53 – Dia 12/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame



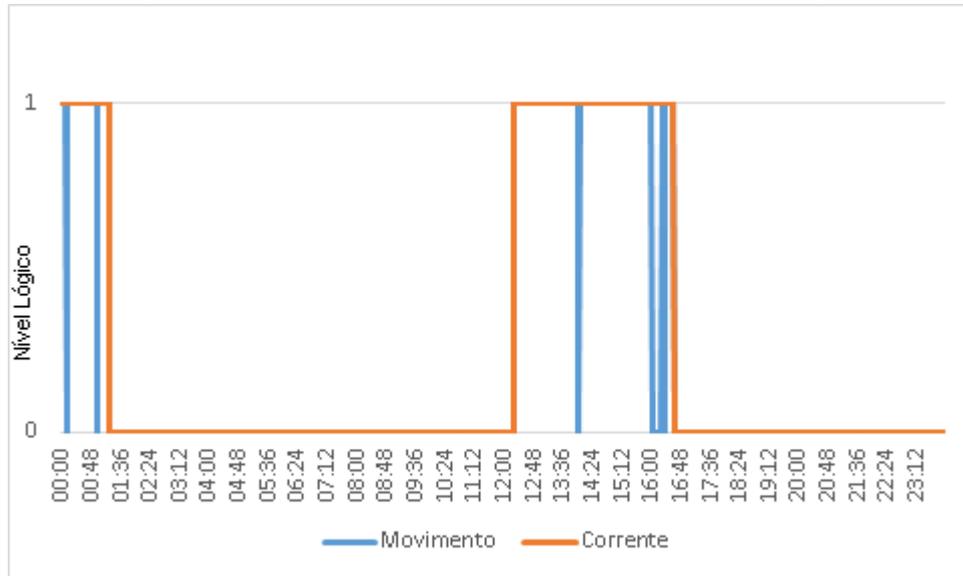
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 54 – Dia 13/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame



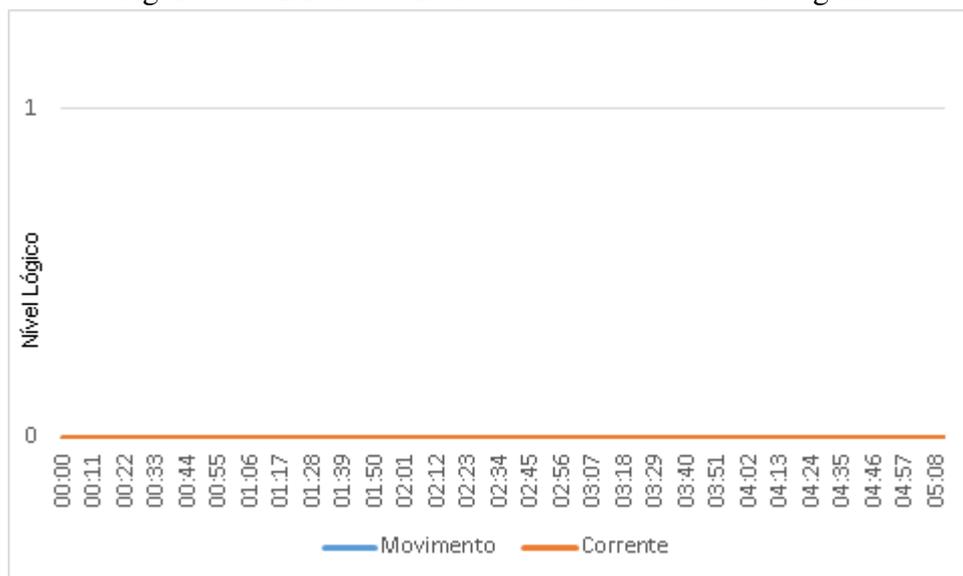
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 55 – Dia 14/03/2015 das 00h às 23h59 - Videogame



Fonte: Elaborado pelo autor.

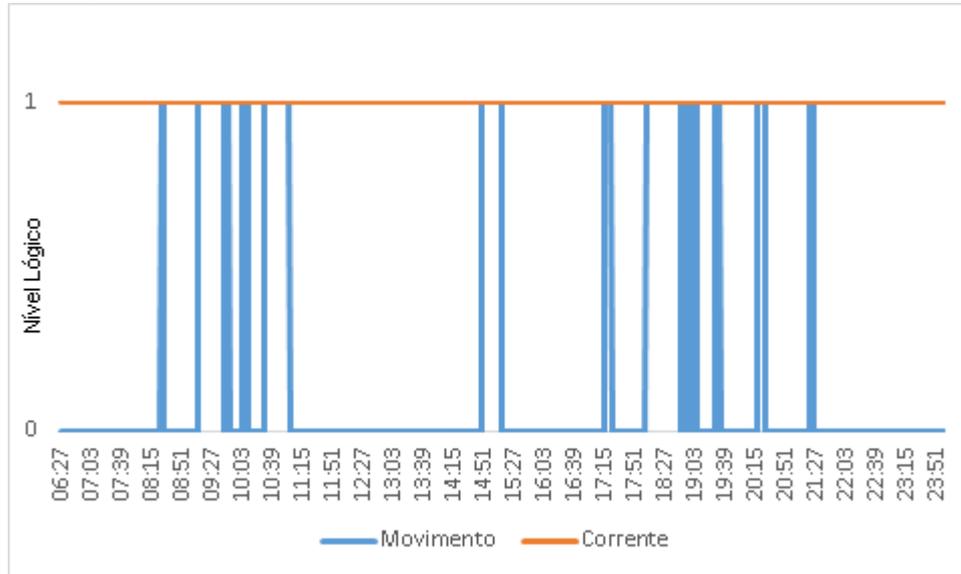
Figura 56 – Dia 15/03/2015 das 00h às 05h57 - Videogame



Fonte: Elaborado pelo autor.

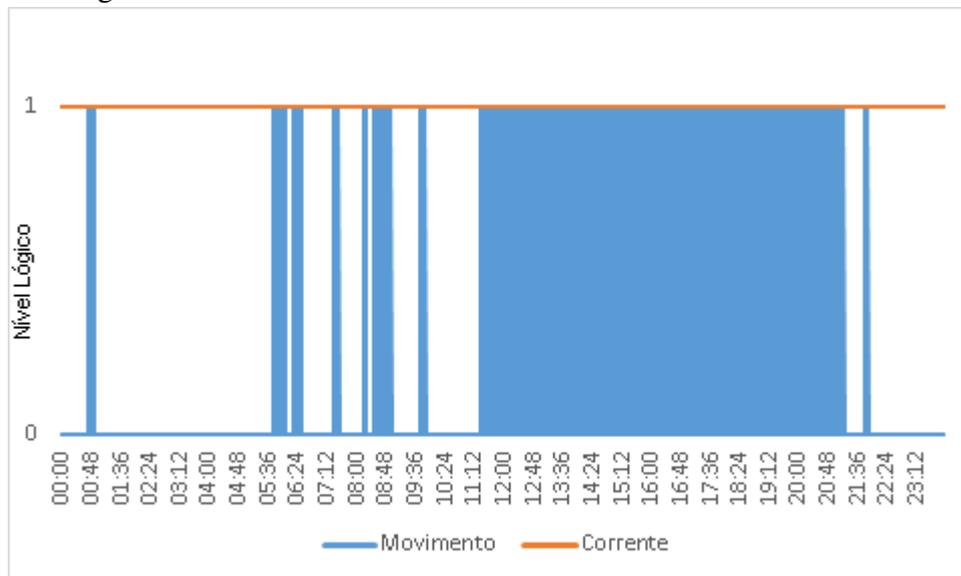
## APÊNDICE D – GRÁFICOS DA LEITURA DOS SENSORES DE MOVIMENTO E CORRENTE DO DECODIFICADOR CÔMODO 3

Figura 57 – Dia 08/03/2015 das 06h27 às 23h59 - Decodificador HD



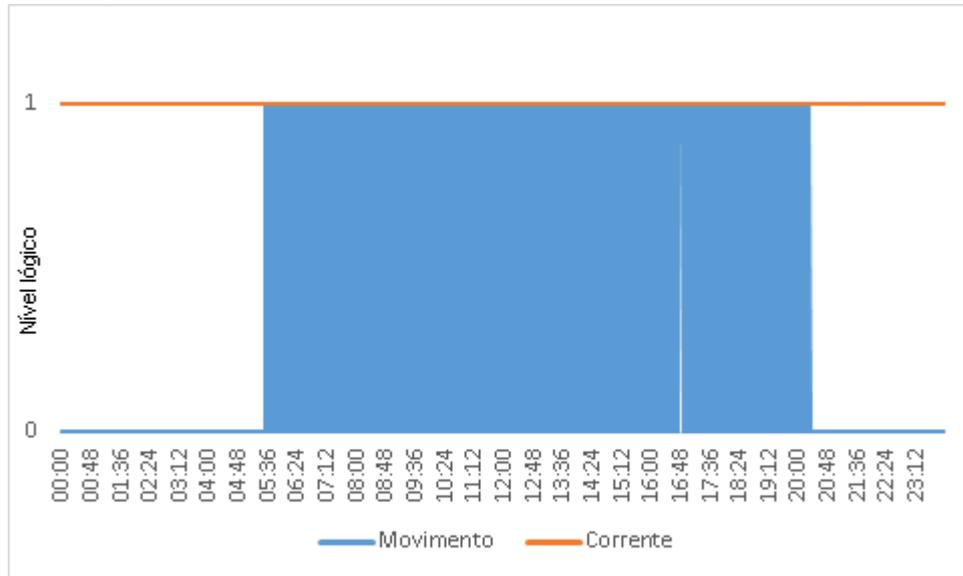
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 58 – Dia 09/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD



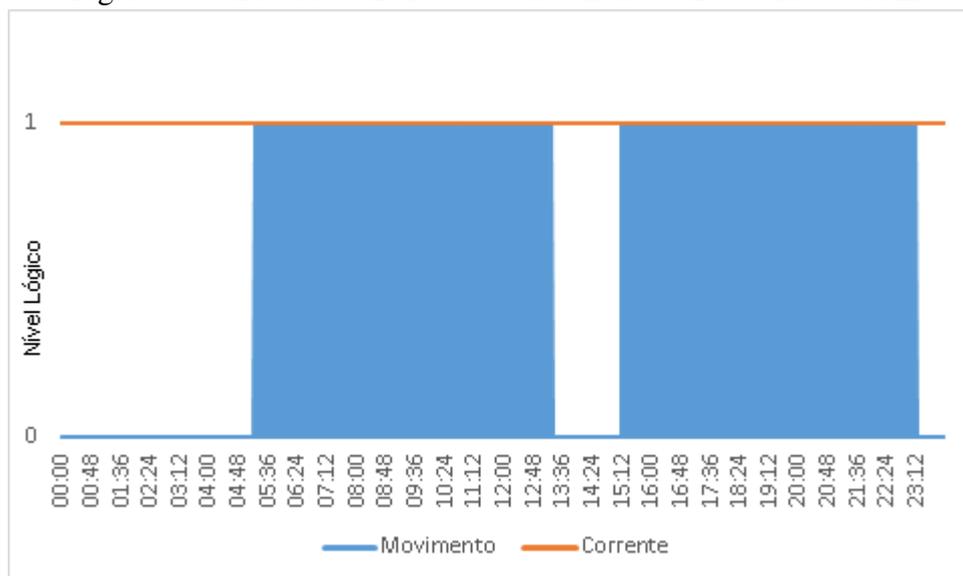
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 59 – Dia 10/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD



Fonte: Elaborado pelo autor.

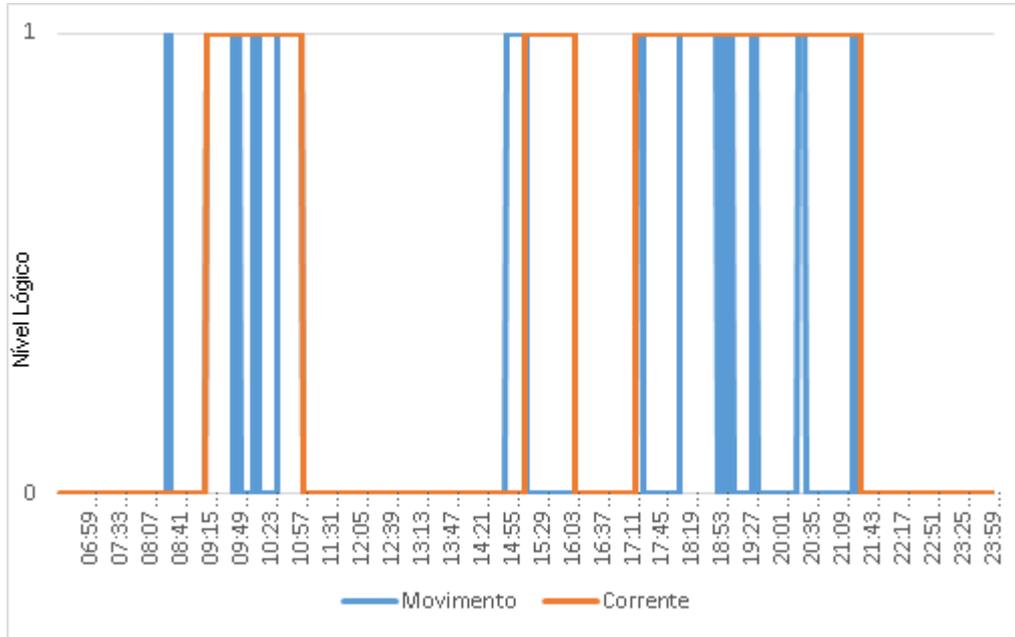
Figura 60 – Dia 11/03/2015 das 00h às 23h59 - Decodificador HD



Fonte: Elaborado pelo autor.

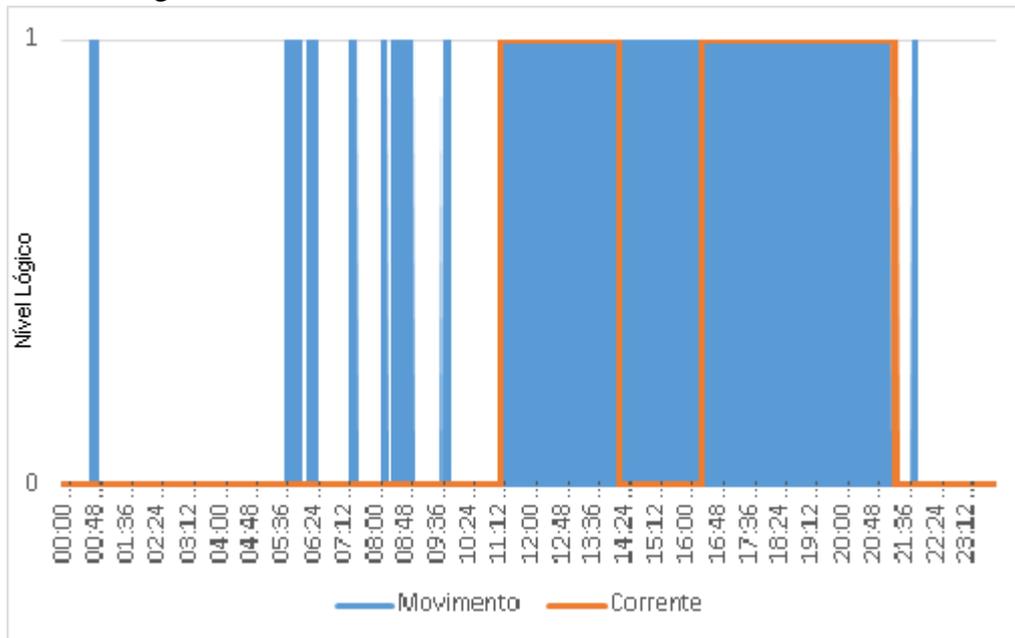
**APÊNDICE E – GRÁFICOS DA LEITURA DOS SENSORES DE MOVIMENTO E CORRENTE DO TELEVISOR CÔMODO 3**

Figura 61 – Dia 08/03/2015 das 06h27 às 23h59 - Televisor 32"



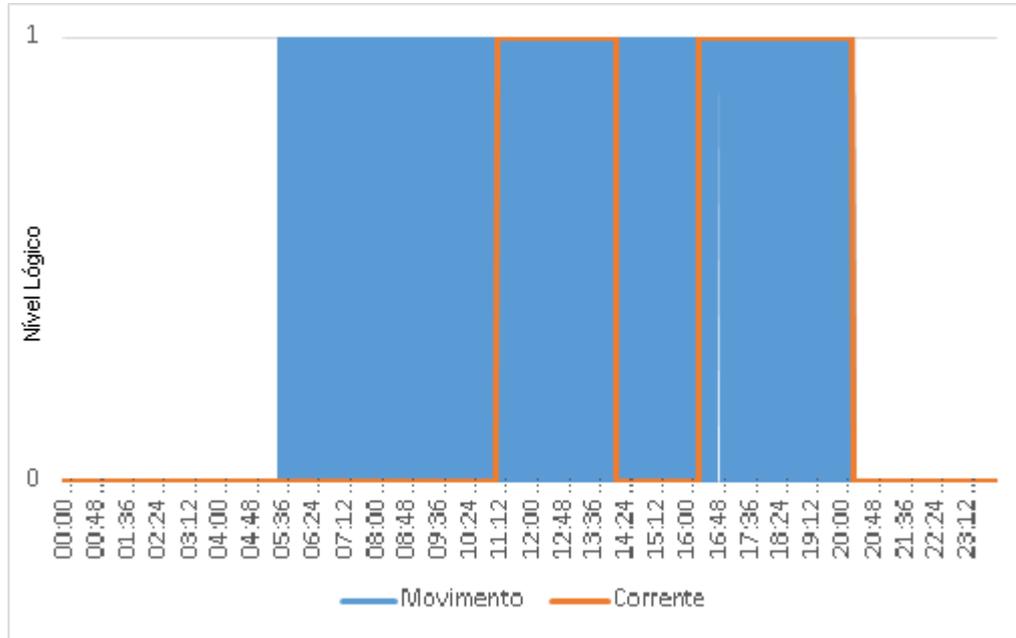
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 62 – Dia 09/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32"



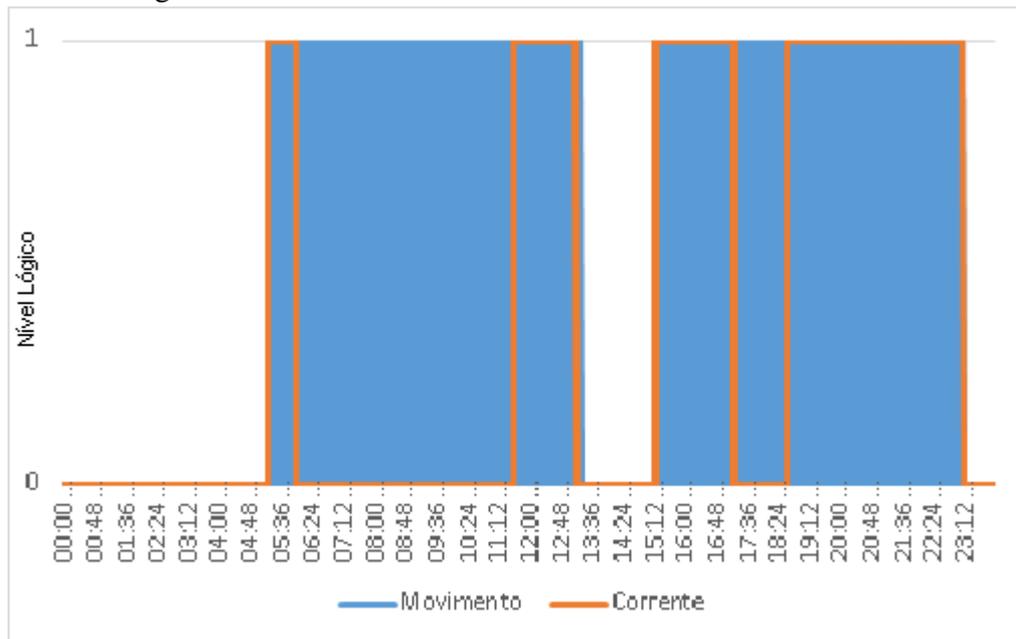
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 63 – Dia 10/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32"



Fonte: Elaborado pelo autor.

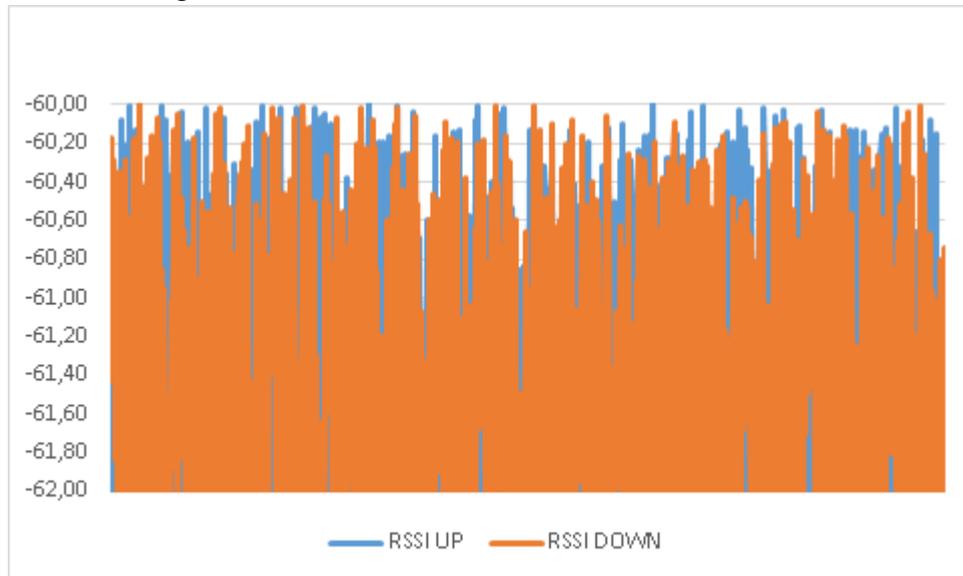
Figura 64 – Dia 11/03/2015 das 00h às 23h59 - Televisor 32"



Fonte: Elaborado pelo autor.

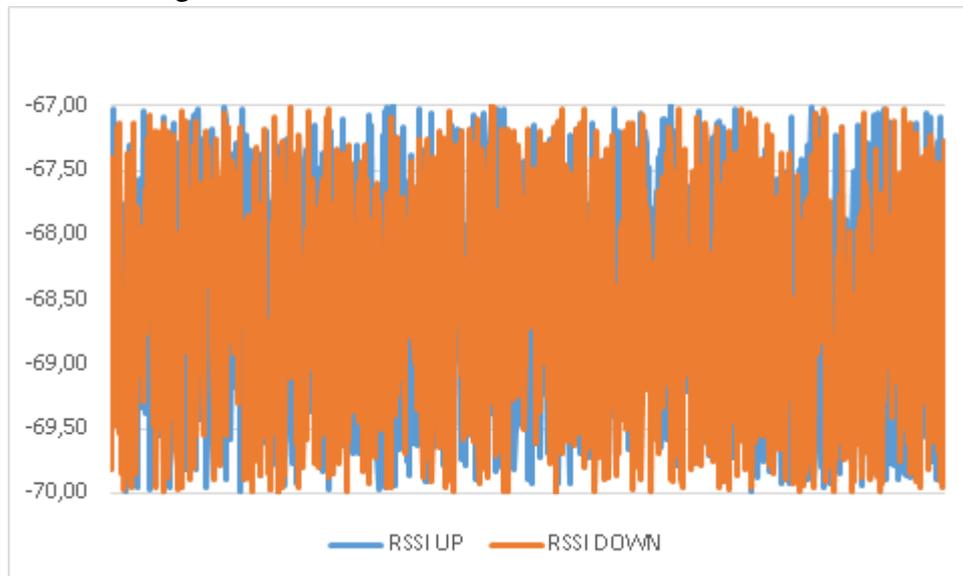
**APÊNDICE F – GRÁFICOS DA LEITURA DO RSSI UP E DOWN**

Figura 65 – Dia 12/03/2015 a 15/03/2015 - Cômodo 2



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 66 – Dia 08/03/2015 a 11/03/2015 - Cômodo 3



Fonte: Elaborado pelo autor.

## ANEXO A – CÓDIGO CAMADA FÍSICA

```

#include "Headers.h"

/** Construtor da camada Fisica. */
PHY::PHY()
{
    /******* AJUSTE DE Potencia *****/
    /* A Potencia de transmissao pode ser escolhida entre 8 valores
       possiveis (0 a 7).
    * Em geral a Potencia e ajustada para o maximo de 7 (10 dBm).
    * Abaixo esta a tabela que relaciona o numero com a Potencia de
       transmissao.
    * | -30 | -20 | -15 | -10 |  0 |  5 |  7 | 10 | - Potencia
       em dBm
    * |  0 |  1 |  2 |  3 |  4 |  5 |  6 |  7 | - numero
       que deve ser colocado na Potencia
    * !! ATENCAO !!: Potencias maiores que 0dBm podem fazer com que
       as placas percam a comunicacao quando estao muito proximas.
    *           Recomendamos posiciona-las com uma distancia
       minima de 1 metro. */
    power = 7;

    /******* CANAL DE COMUNICAO *****/
    /* Pode ser escolhido de 0 a 65. Os canais estao espacados de
       200kHz e dispostos na faixa de 915 a 928 MHz */
    channel = 0;           /* Canal */

    /******* AJUSTE DE OFFSET *****/
    /* A diferenca de frequencia dos cristais de cada placa deve ser
       compensada.
    * Este valor esta escrito em cada placa do BE900. */
    freq_offset = 0x13;    /* Offset de Frequencia */

    /******* VELOCIDADE DA SERIAL *****/
    serial_baudrate = 9600; /* Serial baudrate */
}

/** Inicializa a camada Fisica. */

```

**ANEXO B – CÓDIGO CAMADA DE REDE**

```
#include "Headers.h"

/**
 * Construtor da camada de Rede.*/
NET::NET()
{
my_addr = 0; /* Endereco */
}

/**
 * Inicializa a camada de Controle de Acesso ao Meio.
 */
void NET::initialize(void)
{
}

/**
 * Envia o pacote para a camada inferior
 */
inline void NET::send(packet * pkt)
{
return;
}

/**
 * Recebe o pacote da camada inferior
 */
inline void NET::receive(packet * pkt)
{
return;
}

/* Instanciacao do objeto de acesso a classe da camada de Rede */
NET Net = NET();
```

ANEXO C – MAPA 52 BYTES

Cabeçalhos das camadas	PhyHdr[#]			MACHdr[#]			NetHdr[#]			TranspHdr[#]						
	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Posição na variável do cabeçalho																
Função de cada posição de cada cabeçalho	RSSI_LINK	LOI_LINK	D RSSI_ULINK	LOI_ULINK	Tempo Sleep	Tempo Sleep1**	Tempo Sleep2**	TBD	DST_ID Quem Recebe	DST_NID	SRC_ID Quem manda	SRC_NI	COUNT	TBD	TBD	TBD
Posição dos bytes no pacote	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Conversores AD	AD0[#]															
Posição na variável dos AD	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0
Função de cada posição de cada AD	AD0[0]	AD0[1]	AD0[2]	AD1[0]	AD1[1]	AD1[2]	AD2[0]	AD2[1]	AD2[2]	AD3[0]	AD3[1]	AD3[2]	AD4[0]	AD4[1]	AD4[2]	AD5[0]
Posição dos bytes no pacote	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Entradas e saídas digitais	IO0[#]															
Posição na variável dos IO	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0
Função de cada posição de cada IO	IO0[0]	IO0[1]	IO0[2]	IO1[0]	IO1[1]	IO1[2]	IO2[0]	IO2[1]	IO2[2]	IO3[0]	IO3[1]	IO3[2]	IO4[0]	IO4[1]	IO4[2]	IO5[0]
Posição dos bytes no pacote	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49

\* Tempo de sleep em segundos byte 1

\*\*Tempo de sleep byte 2