

UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL

ANDERSON PELLEZ

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

CAXIAS DO SUL

2017

ANDERSON PELLEZ

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Relatório de estágio apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Estágio em Automação Industrial da Universidade de Caxias do Sul – UCS, como requisito parcial para a obtenção do título Tecnólogo em Automação Industrial.

Orientador Prof. Dr. Stanislav Tairov

CAXIAS DO SUL

2017

ANDERSON PELLEZ

SISTEMA DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Relatório de estágio apresentado como requisito para aprovação na disciplina de Estágio em Automação Industrial da Universidade de Caxias do Sul – UCS, como requisito parcial para a obtenção do título Tecnólogo em Automação Industrial.

Aprovado em 07/12/2017

Banca Examinadora

Prof. Dr. Stanislav Tairov
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Dra. Carine Geltrudes Webber
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Ma. Patrícia Giacomelli
Universidade de Caxias do Sul – UCS

RESUMO

Os sistemas de automação residencial estão em pleno desenvolvimento e expansão nos últimos anos, deixaram de ser considerados circuitos com funcionamento futurista e passaram a se tornar realidade em muitas moradias. Talvez o maior entrave para que efetivamente se tornem populares ainda seja o custo elevado e a falta de mão-de-obra especializada na instalação desse tipo de sistema. Nesse trabalho buscou-se demonstrar um sistema de automação residencial utilizando ferramentas e recursos tradicionalmente utilizados em circuitos de automação industrial além da plataforma Arduino, estes com uso já consolidado e com vasta bibliografia, outro objetivo foi a criação de um recurso didático onde possam ser explorados conceitos e características da domótica a partir dessa estrutura representativa. Assim foi construída uma maquete com uma série de sensores e atuadores representando diferentes aplicações de controle sobre uma residência, onde o controlador principal é um Arduino comunicando-se com um sistema de supervisão, desenvolvido no software *Eclipse SCADA* que permite todo o gerenciamento desse circuito, além de oferecer controle remoto pela aplicação *Eclipse Mobile*.

Palavras-chave: Automação Residencial, Arduino, Domótica, Supervisório.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fotos do sistema proposto	18
Figura 2 – Diagrama de blocos básico	19
Figura 3 – Arduino Uno	22
Figura 4 – Fluxograma básico do funcionamento do programa do controlador	23
Figura 5 - LDR.....	24
Figura 6 – Curva Característica do LDR	24
Figura 7 – Circuito para o LDR.....	25
Figura 8 – Reed-switch	26
Figura 9 – Circuito para os sensores reed-switch	27
Figura 10 – Conexões e diagrama interno básico do sensor de umidade.....	28
Figura 11 – Circuito para sensor de chuva.....	29
Figura 12 – Esquema de ligação do sensor de fumaça	30
Figura 13 – Aquecimento e refrigeração	32
Figura 14 – Esquema de ligação das lâmpadas LED.....	34
Figura 15 – Esquema de ligação do motor DC para persiana.....	35
Figura 16 – Esquema de ligação da sirene	36
Figura 17 – Objetos disponíveis no Eclipse SCADA	37
Figura 18 – Tela inicial do supervisório com objetos utilizados	38
Figura 19 – Ferramenta <i>Organizer</i> para inserção de <i>tags</i>	39
Figura 20 – Esquema da comunicação	40
Figura 21 – Ferramenta <i>organizer</i> para configuração de <i>tags</i>	45
Figura 22 – <i>Eclipse Mobile</i> com execução no <i>Microsoft Edge</i>	47
Figura 23 – Inserção de controles na aplicação do <i>Eclipse Mobile</i>	47
Figura 24 – Configuração dos controles da aplicação.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo entre Automação Predial e Automação Residencial	13
Tabela 2 – Relação entre o sinal do sensor e a intensidade de chuva	29
Tabela 3 – Relação entre o sinal do sensor e a frequência da sirene.....	31
Tabela 4 – Telas desenvolvidas no supervisório.....	39
Tabela 5 – Operações Modbus	42
Tabela 6 – Endereçamentos dos <i>tags</i>	44

LISTA DE SIGLAS

AI	<i>Analog Input</i> (Entrada Analógica)
AO	<i>Analog Output</i> (Saída Analógica)
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i> (Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação)
bit	<i>Binary Digit</i> (Dígito Binário)
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i> (Verificação de redundância cíclica)
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
DC	<i>Direct Current</i> (Corrente Contínua)
DI	<i>Digital Input</i> (Entrada Digital)
DO	<i>Digital Output</i> (Saída Digital)
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
iOS	<i>iPhone Operational System</i> (Sistema Operacional Móvel)
IoT	<i>Internet of Things</i> (Internet das Coisas)
IP	<i>Internet Protocol</i> (Protocolo de Internet)
LED	<i>Light Emitter Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
LDR	<i>Light Dependent Resistor</i> (Resistor Dependente de Luz)
MOSFET	<i>Metal Oxide Semiconductor – Field Effect Transistor</i> (Transistor de efeito de campo metal - óxido – semicondutor)
NTC	<i>Negative Temperature Coefficient</i> (Coeficiente de Temperatura Negativo)
PC	<i>Personal Computer</i> (Computador Pessoal)
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> (Modulação por Largura de Pulso)
RAM	<i>Random Access Memory</i> (Memória de Acesso Aleatório)
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i> (Unidade Terminal Remota)
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados)
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
UART	<i>Universal Asynchronous Receiver/ transmitter</i> (Receptor/ Transmissor Assíncrono Universal)
UCS	Universidade de Caxias do Sul
USB	<i>Universal Serial Bus</i> (Barramento Serial Universal)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	11
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 Objetivo geral	11
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 ÁREA DE TRABALHO	12
1.4 LIMITES DO TRABALHO.....	12
2. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL E RESIDENCIAL	13
2.1 DEFINIÇÕES	13
2.2 FUNCIONALIDADES DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	14
2.2.1 Iluminação	14
2.2.2 Segurança	15
2.2.3 Controle de cortinas e persianas	15
2.2.4 Controle de temperatura	16
2.2.5 Sistema de Supervisão	16
2.2.6 Controle via Dispositivos Móveis	16
2.2.7 Rede de Comunicação	17
3. SISTEMA PROPOSTO	18
3.1 NÍVEL DE AQUISIÇÃO E CONTROLE.....	21
3.1.1 Controlador	21
3.1.2 Sensores	23
3.1.2.1 Sensor de Luminosidade	24
3.1.2.2 Sensor Magnético	26
3.1.2.3 Sensor de Umidade e Temperatura	27
3.1.2.4 Sensor de Água da Chuva	28
3.1.2.5 Sensor de Gases e Fumaça	30
3.1.3 Atuadores	31
3.1.3.1 Aquecimento e refrigeração	31
3.1.3.2 Iluminação	33
3.1.3.3 Controle de Abertura e Fechamento de Persiana	34
3.1.3.4 Sirene de Alarme	35

3.2	NÍVEL DE SUPERVISÃO.....	36
3.2.1	Comunicação entre Controlador e Supervisório	39
3.2.1.1	Protocolo de Comunicação	41
3.2.1.2	Meio Físico da Comunicação	43
3.2.1.3	Configuração da Comunicação.....	43
3.3	NÍVEL DE CONTROLE MÓVEL	46
	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS.....	51
	APÊNDICE A – ESQUEMA ELETRÔNICO COMPLETO DO SISTEMA	54
	APÊNDICE B – TELAS DESENVOLVIDAS NO SOFTWARE <i>ELIPSE SCADA</i>.....	55
	APÊNDICE C – <i>SKETCH</i> GRAVADO NO CONTROLADOR ARDUÍNO	59

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico mundial apresentou, ao longo da história, uma série de marcos importantes, como a invenção do transistor na década de 60, passando pela popularização da *internet* nos anos 90 até chegarmos aos *smartphones*, que nos permitem a conexão com o mundo através de alguns toques. Cabe também ressaltar nessa breve linha do tempo o grande avanço nas tecnologias de manufatura industrial, hoje percebemos que já é consolidada a presença e o emprego de tecnologia dentro das indústrias e com tendência forte de expansão, percebe-se que cada vez menos existe a demanda de mão-de-obra humana em processos produtivos, uma vez que com a aplicação de máquinas ou dispositivos autômatos observa-se significativo aumento em critérios como produtividade, repetibilidade e qualidade do produto.

Estamos vivendo hoje um momento chamado de quarta revolução industrial ou Indústria 4.0, o que nada mais é do que o emprego forte da tecnologia através da automação industrial e principalmente a conexão, comunicação e integração entre todos os sistemas e processos industriais com acessibilidade a qualquer momento e em qualquer lugar, sem limitações de tempo e espaço.

Esses avanços a nível industrial acabaram gerando um reflexo e um questionamento a respeito da possível aplicação de alguns desses conceitos e tecnologias nas residências das pessoas a fim de aumentar a comodidade, o conforto, a segurança e também otimizar o consumo de energia elétrica. Dessa forma surgiram o conceito e as aplicações para a automação predial e residencial, também conhecida como domótica, permitindo a realização de tarefas e o controle de dispositivos através do emprego de tecnologia.

Num primeiro momento, ao se falar de automação residencial, vem à mente a imagem de casas futuristas onde tudo é feito automaticamente sem o menor esforço do morador, atualmente essa imagem já não está mais tão distante da realidade, pois cada vez mais se popularizam controles inteligentes de iluminação, temperatura e segurança, por exemplo. Além disso, o conceito de *iot (internet of things)* vem ganhando força e cada vez um maior número de dispositivos e utensílios apresentam conexão e controles via internet, fazendo com que toda a residência e também seus equipamentos estejam conectados e se comuniquem com o morador sem restrições de tempo e distância.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O interesse pela automação residencial apresenta cada vez um maior número de adeptos.

No Brasil o número de projetos arquitetônicos que contemplam infraestrutura para a instalação desses sistemas.

Em comparação a mercados como Europa e Estados Unidos, o país possui números muito inferiores no emprego dessas tecnologias, inclusive considerando sistemas mais simples, como por exemplo, controles de iluminação. O termo *lot* no Brasil ainda é um mistério para a grande maioria da população, sendo conhecido na maior parte dos casos apenas por pessoas que atuam no ramo da automação ou então por acadêmicos de cursos da área.

Esse fato pode ser atribuído a diferentes fatores, entre eles a falta de investimento em ciência e tecnologia, a falta de normas técnicas específicas e também os altos custos de investimento para o uso e aplicação dessa tecnologia em instalações domésticas.

Outro ponto relevante que também pode ser analisado é a falta de formação de profissionais com conhecimento dessa tecnologia: são raros os cursos ou aperfeiçoamentos que oferecem disciplinas e conteúdos voltados aos conceitos e aplicações da automação predial.

Na maioria dos casos os profissionais que atuam nessa área buscam o conhecimento por conta própria ou então através dos fabricantes, que muitas vezes possuem suas sedes fora do país.

A implementação desse projeto visa a construção de um importante recurso didático a ser utilizado pelos docentes que ministram aulas nos cursos de eletroeletrônica a fim de exemplificar e difundir os conceitos de automação predial e residencial.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo geral a construção de um sistema representativo de automação residencial.

1.2.2 Objetivos específicos

- a. Estudo de características e componentes de sistemas de automação residencial;
- b. Análise de sistemas disponíveis no mercado e comparação com plataformas de desenvolvimento disponíveis;
- c. Desenvolvimento de esquema eletrônico e elétrico do hardware do circuito;
- d. Montagem de infraestrutura (maquete) e instalação dos sensores e atuadores eletrônicos do circuito;
- e. Programação do controlador e desenvolvimento do sistema supervisor;
- f. Testes de funcionamento e ajustes.

1.3 ÁREA DE TRABALHO

Este trabalho de estágio foi desenvolvido no Centro de Formação Profissional SENAI Nilo Peçanha. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) iniciou suas atividades a nível nacional no ano de 1942. Em Caxias do Sul, a unidade Nilo Peçanha foi inaugurada dois anos mais tarde. Em 73 anos de existência, a escola foi responsável pela formação de mais de noventa mil profissionais, contribuindo para o fortalecimento e desenvolvimento do setor industrial da cidade e região. Atualmente, oferece cursos nos segmentos de aprendizagem e qualificação profissional básica nas áreas de eletroeletrônica, metalomecânica, gestão e artes gráficas. (FIERGS, 2017).

1.4 LIMITES DO TRABALHO

O projeto visa a implementação de um sistema representativo de automação predial, não um sistema verdadeiro, mas sim com proposta didática, utilizando plataformas de desenvolvimento livres, além de sensores e atuadores que simularão os reais.

2. SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL E RESIDENCIAL

2.1 DEFINIÇÕES

Os sistemas de automação predial e residencial (do inglês, *home and building automation*) são as tecnologias aplicadas para automatizar as instalações e dispositivos de um prédio ou habitação (PRUDENTE, 2011). Um termo que também pode ser utilizado para a representação desses sistemas é Domótica (do francês, *Domotique*), com o significado literal de “casa automática”. Pode-se realizar uma separação entre os termos predial e residencial, onde a automação predial possui um maior foco em instalações de prédios não só residenciais, mas também comerciais ou até mesmo industriais. De outra parte a automação residencial tem abrangência sobre uma residência habitacional.

A Tabela 1 apresenta um paralelo entre as duas formas de automação aqui apresentadas.

Tabela 1 – Comparativo entre automação predial e automação residencial

	Automação Predial	Automação Residencial
Comitente	Empresa	Habitante
Usuário	Trabalhador	Habitante
Gestão Sistema	<i>Building manager</i>	Habitante
Utilidade	Complexa	Simples
Porte	Edifício	Habitação
Gestão Espaço	Dinâmica	Estática
Motivação	Segurança	Conforto
	Economia energética	Segurança
	Automação	<i>Status symbol</i>
	Controle acesso	Entretenimento

Fonte: Adaptado de PRUDENTE (2011 p.2)

Percebe-se pela tabela, que mesmo tratando-se de sistemas e dispositivos semelhantes e em alguns casos equivalentes, os objetivos da automação predial e da residencial acabam tendo finalidades distintas. Nesse trabalho o foco será maior sobre a automação residencial.

2.2 FUNCIONALIDADES DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

A automação residencial se mantém em expansão, a aplicação de melhorias, novos produtos e novos sistemas de controle apresenta inovações frequentes.

Podem ser elencadas algumas aplicações e funcionalidades já consolidadas e digamos que popularizadas, podem ser citadas (TEZA, 2002):

- Iluminação;
- Segurança;
- Controle de temperatura;
- Controle de cortinas e persianas;
- Sistema de Supervisão;
- Controle a Distância por dispositivos móveis;
- Protocolo de Comunicação.

2.2.1 Iluminação

Pode-se considerar que os sistemas de iluminação foram os primeiros a aplicarem os conceitos da domótica, tendo em vista que alguns dispositivos como *timers*, sensores de presença e relés de impulso, por exemplo, são dispositivos já utilizados há bastante tempo e populares em relação a custos e instalações. Mesmo a domótica possuindo muito mais funcionalidades do que apenas controles de iluminação, muitas vezes é através dela que se apresenta de modo mais visível (ALVES E MOTA, 2003). Contudo com a evolução dos sistemas, hoje se pode controlar as lâmpadas de modo mais eficiente e dinâmico. Dentro de um sistema de automação residencial a iluminação pode ser controlada de diferentes formas, desde um interruptor tradicional até comandos oriundos de um *smartphone* ou até mesmo por reconhecimento de voz. Além disso, permite-se a criação de cenários que podem ser previamente configurados de acordo com gostos dos usuários ou então de acordo com momentos do cotidiano, como um jantar, por exemplo.

Essa flexibilização dos controles de iluminação permitem também um uso mais eficiente e um consumo otimizado da energia elétrica, tendo em vista que grande parte das instalações já apresenta a utilização da tecnologia LED (*Light Emitter Diode*).

2.2.2 Segurança

A segurança pessoal e patrimonial é uma das grandes preocupações atuais da população, tendo em vista os altos índices de criminalidade registrados em todo o país. A domótica tornou-se um importante aliado da população nesse sentido, tendo em vista que existe uma série de dispositivos que permitem o controle e o monitoramento das residências, não só de modo local, através dos tradicionais sistemas de alarme, mas também controles a distância através de câmeras de monitoramento em tempo real que podem ser acessadas de dispositivos móveis.

Além da segurança contra invasores, com sistemas de alarme, sensores e vigilância através de CFTV (circuito fechado de TV), também cabe destacar que podem ser inserido no sistema de segurança dispositivos de verificação e controle contra vazamento de gás, prevenção de incêndio, além de sensores que analisam condições ambientais como tremores ou possibilidade de inundação. (ALVES E MOTA, 2003).

É importante ressaltar também que os equipamentos de segurança podem se comunicar com o restante da instalação e disponibilizar ao usuário uma série de informações oriundas de sensores instalados em todo o perímetro da casa.

2.2.3 Controle de cortinas e persianas

Um controle que se tornou habitual em sistemas domóticos foi o de abertura e fechamento de cortinas e persianas, tendo como principal objetivo a utilização mais eficiente da iluminação natural, reduzindo o consumo de energia elétrica com iluminação artificial. Como principais características, podem ser citados os controles remotos ou então *timers*, além da presença de sensores tanto de luminosidade quanto de temperatura, abrindo ou fechando de acordo com as preferências de luminosidade e temperatura. (CARVALHO, 2009).

Como atuadores, em geral são utilizados motores DC, que pelas suas características construtivas cumprem bem essa função.

2.2.4 Controle de temperatura

Uma das características físicas de um ambiente que mais afetam e influenciam no bem-estar das pessoas é a temperatura, essa grandeza também pode ser controlada através da automação. Existem diferentes equipamentos e instalações para o controle de temperatura, entre eles os aparelhos de ar-condicionado, os quais apresentam cada vez mais recursos e características que aumentam sua eficiência e diminuem o consumo de energia elétrica. Além disso, já existem no mercado modelos que estão aptos a conectarem-se com dispositivos móveis através da *IoT*, ou seja, é possível controles e programações a distância, onde o usuário pode, por exemplo, definir a temperatura ambiente para o momento da sua chegada a residência.

2.2.5 Sistema de Supervisão

Em sistemas de automação industrial e predial existem ferramentas disponíveis através de softwares que permitem a visualização e o controle de todo o processo ou instalação através de uma aplicação que pode ser acessada de modo local ou então à distância. Essas aplicações são chamadas de sistemas supervisórios.

Atualmente, os sistemas supervisórios utilizam diferentes tecnologias e protocolos de comunicação para automatizar o monitoramento é o controle de processos, assim realiza a leitura de informações ambientais através de sensores e os apresentam de modo amigável para o usuário ou operador do sistema (ROSÁRIO, 2005).

Um ponto importante que deve caracterizar os supervisórios, principalmente os voltados para a automação predial é que eles devem ser de fácil acesso e operação, sem a demanda de formação específica para a sua operação (ALVES E MOTA, 2003).

2.2.6 Controle via Dispositivos Móveis

A utilização e a presença dos telefones celulares inteligentes (*smartphones*) já se tornou consolidada e permanece em evolução, conforme dados da 28ª

Pesquisa Anual de Administração e Uso da Tecnologia da Informação nas Empresas, realizada pela Fundação Getúlio Vargas (FGV-SP).

Divulgada em abril de 2017, a previsão era de que até outubro do corrente ano o número de aparelhos deve chegar a 208 milhões, ou seja, pode-se afirmar conforme a pesquisa que para cada brasileiro existe um smartphone.

Com essa popularização, os *smartphones* apresentam aplicações e funcionalidades muito mais avançadas do que apenas a comunicação e o acesso à internet.

Encontram-se atualmente aplicativos desenvolvidos para as mais variadas utilizações e com diferentes funcionalidades, entre elas o controle e comunicação de sistemas e ambientes domésticos.

É possível gerenciar e visualizar o acionamento dos dispositivos instalados na residência a distância, em qualquer local do planeta, basta para isso possuir acesso a internet, da mesma forma que a residência deve estar conectada.

2.2.7 Rede de Comunicação

Uma rede de comunicação realiza a conexão entre diferentes equipamentos, ela possibilita o acesso instantâneo às informações e ao sistema de automação residencial. A fim de estabelecer uma tecnologia padrão de redes e protocolos, diversos fabricantes se organizaram em fóruns e associações para suprir as necessidades do uso doméstico (predial e residencial) (BOLZANI, 2004).

Dessa associação criou-se o KNX (abreviação para *KONNEX*), norma internacional para aplicações domésticas, abrangendo todos os sistemas e dispositivos instalados em circuitos de automação predial e residencial. Atualmente é a única norma global para esses sistemas contemplando dispositivos de diversos fabricantes e aprovada em diversas normas internacionais (KNX ASSOCIATION, 2016).

Além do KNX, existem ainda outros protocolos utilizados em sistemas de automação predial e residencial, entre eles destacam-se: X-10, CEBus, LONWorks, HomePHA, Z-Wave e ZigBee.

Também conforme será apresentado nesse projeto, existe a viabilidade de aplicação de protocolos industriais na automação residencial, caso do protocolo MODBUS.

3. SISTEMA PROPOSTO

Este trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de automação residencial que empregará uma série de conceitos de domótica.

A fim de viabilizar a construção do sistema e dar caráter didático ao projeto, ele foi desenvolvido através de uma maquete, com dimensões de 15 cm de altura, 30 cm de largura e 72 cm de comprimento, o que faz com que o funcionamento de alguns sensores e atuadores seja representativo, ou seja, simule de modo básico o funcionamento de sistemas reais. A Figura 1 apresenta fotos do sistema implementado, onde se percebem as características mencionadas acima.

Figura 1 – Fotos do sistema proposto

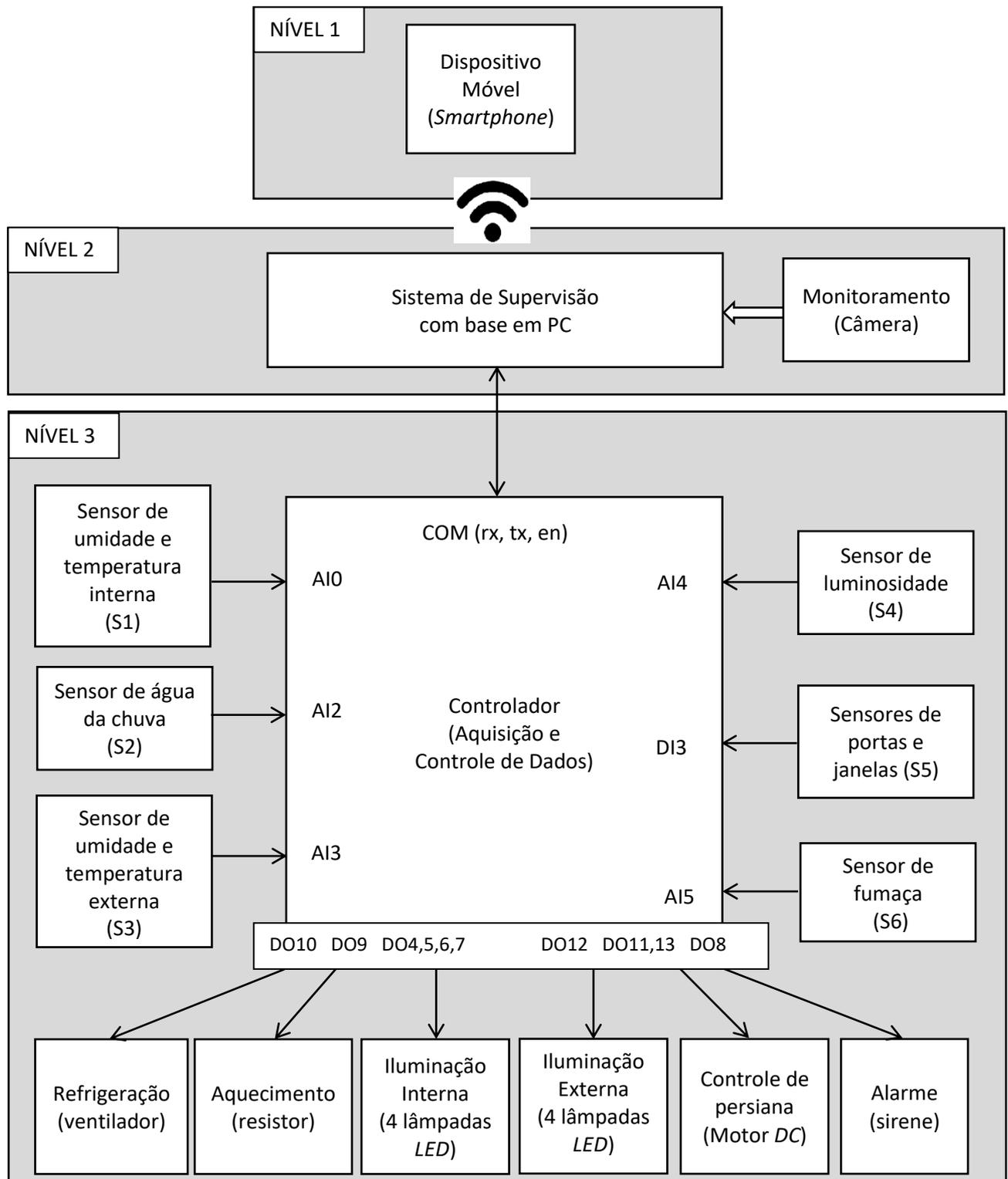


Fonte: do Autor (2017)

Para classificar e organizar a apresentação do sistema proposto foi feita uma divisão do circuito através de três níveis como mostrado na Figura 2.

O nível um do sistema trata de um aplicativo instalado em *smartphone* e permite ao usuário o controle remoto da instalação elétrica residencial, ou seja, é possível o acionamento e o controle de dispositivos instalados a distância, sem a necessidade de estar presente na residência. Esse aplicativo comunica-se com o sistema supervisor instalado no PC, sendo que este é o servidor para o aplicativo instalado no *smartphone*. Estando o dispositivo móvel e o PC conectados a uma mesma rede, o aplicativo consegue realizar acionamentos ou então verificar a condição e o estado de sensores e atuadores, tanto o aplicativo quanto o sistema supervisor pertencem ao mesmo desenvolvedor.

Figura 2 – Diagrama de blocos básico



Fonte: do Autor (2017)

A parte do sistema classificada como segundo nível corresponde a um sistema de supervisão e controle desenvolvido em *software* específico para aplicações SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). A interface está

dividida em algumas telas de acordo com a funcionalidade, existindo uma tela inicial, responsável pelo acesso do usuário ao sistema e também para acesso as outras telas: iluminação, segurança e condições ambientais.

Por meio do supervisório é possível realizar o acionamento de todos os atuadores envolvidos no sistema, além de verificar a condição e o estado de todos os sensores.

A proposta inicial é que o supervisório seja executado em um computador pessoal, que deverá permanecer ligado a fim de manter as informações e as funcionalidades dos dispositivos.

Considerando que a etapa de segurança também é gerenciada pela aplicação, existe a recomendação de que o computador seja um *notebook*, assim a presença da bateria permite algumas horas de autonomia em caso de faltas de energia elétrica.

Pode-se destacar também que ao PC e conseqüentemente ao supervisório existe a conexão de uma câmera de monitoramento, que permite ao usuário (morador) a visualização em tempo real de imagens da área externa da residência com a finalidade de aumentar o nível de segurança patrimonial.

O nível três do sistema proposto possui como elemento principal um controlador, no qual estão conectados fisicamente em seus pinos de entradas e saídas, todos os sensores e atuadores que constituem o circuito, além disso, também serão reservados pinos para a comunicação com o software supervisório via rede e através de um protocolo.

Conforme mostrado pela Figura 2, tanto os sensores quanto os atuadores estão conectados fisicamente ao controlador e o funcionamento acontece da seguinte forma: o sensor de temperatura S1 (analógico) realiza a medição de temperatura num ambiente interno da casa (sala de estar), a partir dessa informação o controlador através dos atuadores para aquecimento (resistor) e refrigeração (ventilador) realiza o ajuste da temperatura através de controle *on/off*.

O sensor classificado como S2 (água da chuva), que também possui saída analógica é conectado ao controlador e monitora a quantidade de gotas de chuva, com o intuito de informar a condição climática. O mesmo ocorre com o sensor S3 que monitora a temperatura e o nível de umidade relativa do ar na área externa da moradia, também sendo conectado a uma entrada analógica do controlador.

O sensor S4 é um sensor de luminosidade (analógico) que mede o nível externo de luz a fim de que ao atingir um determinado limiar, a iluminação externa seja ligada ou desligada automaticamente.

O sensor S5 é constituído de sete sensores magnéticos interligados em série, instalados nas portas e janelas e conectados a uma entrada digital do controlador com a função de detectar a presença de invasores caso o sistema de alarme esteja acionado. Em caso de invasão o controlador aciona uma sirene.

O sensor S6 (analógico) monitora a presença de gases e fumaça e caso ocorra a detecção o controlador também acionará o alerta sonoro.

A seguir serão apresentados, descritos e justificados todos os componentes utilizados no sistema proposto.

3.1 NÍVEL DE AQUISIÇÃO E CONTROLE

3.1.1 Controlador

A escolha do controlador foi baseada principalmente em quantidade de pinos de entrada e saída, digitais e analógicos e também no custo. O sistema proposto conforme indicado pela Figura 2 demanda as seguintes quantidades de pinos do controlador:

- 5 pinos de entradas analógicas (AI0, AI2, AI3, AI4, AI5);
- 1 pino de entrada digital (DI3);
- 8 pinos de saídas digitais (DO4, DO5, DO6, DO7, DO8, DO11, DO12, DO13);
- 2 pinos de saídas PWM (DO9, DO10);
- 3 pinos para comunicação (tx, rx, *enable*).

Além disso, vale ressaltar que a velocidade de processamento e de comunicação é baixa, além desse controlador possuir suporte para comunicação através do protocolo escolhido.

A partir dessas demandas o controlador escolhido foi o Arduino Uno, que atende a todas as necessidades além de ser bastante popular e possuir baixo custo.

O Arduino é uma plataforma de software livre, tendo como base um microcontrolador Atmel AVR, utilizando como linguagem de programação o C/C++ (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

Comercialmente existem diferentes modelos, podendo citar como exemplos o Arduino Nano, Arduino Uno e Arduino Mega. Para esse projeto foi escolhido o modelo Uno, que além de ser o mais popular, atende as necessidades quantitativas e qualitativas em relação a funções e número de pinos disponíveis.

A versão Uno do Arduino apresenta 14 pinos que podem ser utilizados como entradas ou saídas digitais, sendo que destes, 6 deles podem trabalhar produzindo sinal PWM (*pulse width modulation*). Possui 6 pinos de entrada analógica, tendo internamente um conversor A/D de 10 bits de resolução. Além disso, a placa possui pinos para alimentação de componentes e dispositivos externos. O microcontrolador utilizado nesse modelo é o ATmega328, que possui memória RAM de 2kB, *Flash* de 32kB e velocidade de *clock* de 16 MHz (OLIVEIRA E ZANETTI, 2016).

A Figura 3 apresenta uma imagem ilustrativa do Arduino Uno.

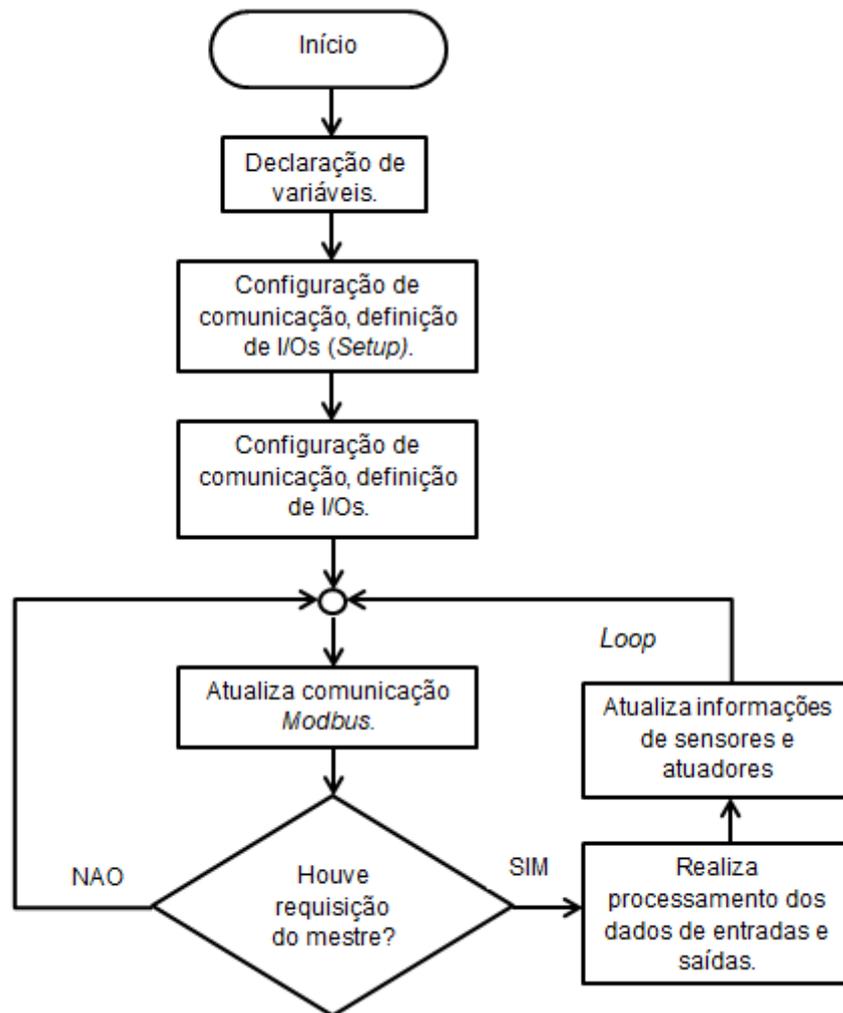
Figura 3 – Arduino Uno



Fonte: ARDUINO (2017)

No sistema proposto, a programação do controlador foi feita para que o mesmo se comunique com o sistema supervisor via comunicação *Modbus*. A Figura 4 apresenta um fluxograma básico de funcionamento do programa.

Figura 4 – Fluxograma básico do funcionamento do programa do controlador



Fonte: do Autor (2017)

A programação completa inserida no controlador pode ser observada através do Apêndice C, bem como o esquema completo do hardware através do Apêndice A.

3.1.2 Sensores

De acordo com ROSÁRIO (2005) os sensores podem ser definidos como transdutores que alteram sua característica física interna a partir de um fenômeno físico externo, como por exemplo: luminosidade, som, campo elétrico, campo magnético etc. Neste trabalho foram utilizados alguns sensores para a medição de grandezas físicas naturais (luminosidade e temperatura) além de sensor para

verificação da abertura e fechamento de portas e janelas. A seguir um breve descritivo a respeito dos mesmos.

3.1.2.1 Sensor de Luminosidade

Para a medição de luminosidade, tanto externa quanto interna, foi escolhido o LDR (*Light Dependent Resistor*). Conforme (BOYLESTAD E NASHESLSKY, 2007) as células fotocondutivas são dispositivos semicondutores cujo valor de resistência varia de acordo com a luminosidade incidente. A composição desses componentes em geral é o sulfeto de cádmio (CdS) e o seleneto de cádmio (CdSe). A Figura 5 apresenta um modelo comercial popular de LDR.

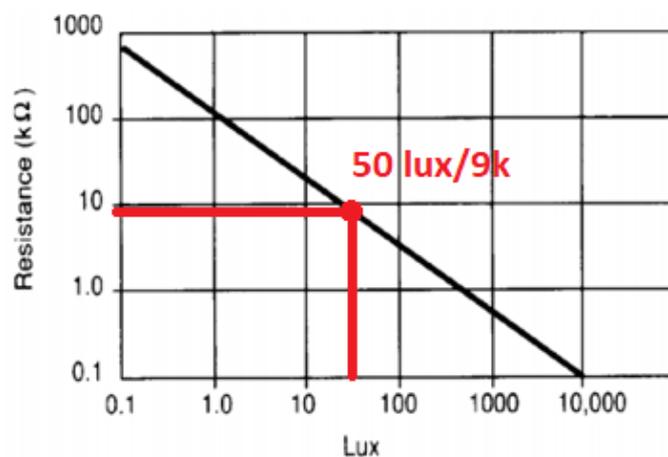
Figura 5 - LDR



Fonte: SUNROOM (2008)

A Figura 6 apresenta a curva característica do comportamento do LDR, da resistência em função da luminosidade.

Figura 6 – Curva característica LDR



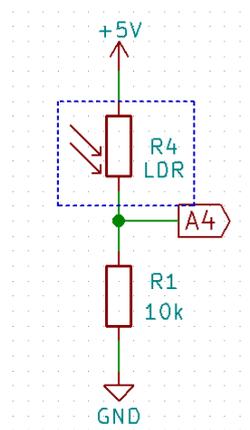
Fonte: SUNROOM (2008)

Percebe-se dessa forma que luminosidade e resistência apresentam comportamento inversamente proporcional, ou seja, quanto menor a incidência de luz sobre o componente maior é a resistência entre os seus terminais.

Contudo para que seja possível a medição da luminosidade pelo controlador, é necessário converter a variação de resistência em variação de tensão.

Assim foi montado um condicionador de sinal conforme ilustra a Figura 7, onde o LDR forma um divisor de tensão com um resistor fixo de 10kΩ e a saída para a entrada analógica do controlador apresentam um nível de tensão que varia de acordo com a luminosidade incidente sobre o sensor.

Figura 7 – Circuito para o LDR



Fonte: do Autor (2017)

Para o acionamento da iluminação externa foi definido um limiar de luminosidade de 50 lux, que conforme indicado na Figura 6, faz com que o LDR apresente entre seus terminais uma resistência de aproximadamente 9kΩ.

Para determinar quanto essa resistência produzirá de queda de tensão no circuito divisor, pode-se considerar a Equação 1 (ALBUQUERQUE, 1998).

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_4} * V_{cc} \quad (1)$$

Em que:

- Vout: tensão de saída do divisor para entrada do controlador [V];
- R1: resistor fixo [10kΩ];
- R4: resistência do LDR [9kΩ];

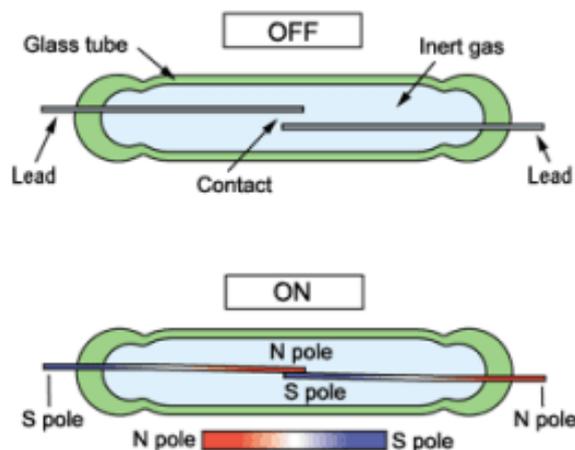
- Vcc: Tensão de alimentação [5Vcc].

Assim considerando que a luminosidade está em 50 lux, o LDR apresentará uma resistência de $9k\Omega$, a tensão que chegará ao controlador será de 2,63V.

3.1.2.2 Sensor Magnético

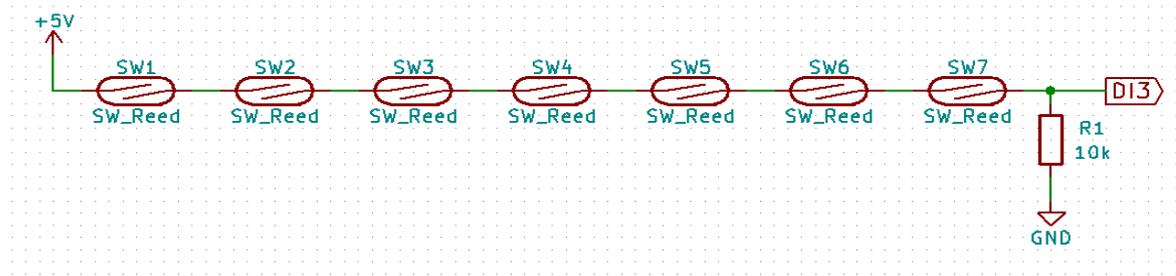
Os sensores magnéticos do tipo *reed-switch* são interruptores do tipo liga/desliga constituídos de um contato normalmente aberto que ao aproximar-se de um campo magnético (ímã) se fecha. A sua principal aplicação está em sistemas de alarme no controle de abertura e fechamento de portas e janelas. A Figura 8 apresenta o sensor e o seu princípio de funcionamento.

Figura 8 – *Reed-switch*



Fonte: SUNROOM (2017).

No projeto foram utilizados 7 sensores do tipo *reed-switch* a fim de representarem os sensores de abertura e fechamento das portas e janelas. Com as portas e janelas fechadas, os sensores apresentam seus contatos fechados, ou seja, em condução. Dessa forma, para o controlador chega um nível digital alto (5Vcc). Caso qualquer um dos sensores seja violado, este nível cai para 0, chegando ao controlador e indicando que o sistema de segurança foi invadido, disparando a partir do comando do controlador e do sistema de supervisão o alerta sonoro. A Figura 9 apresenta o esquema de ligação entre os sensores e a entrada digital do controlador (DI3).

Figura 9 – Circuito para os sensores *reed-switch*

Fonte: do Autor (2017)

3.1.2.3 Sensor de Umidade e Temperatura

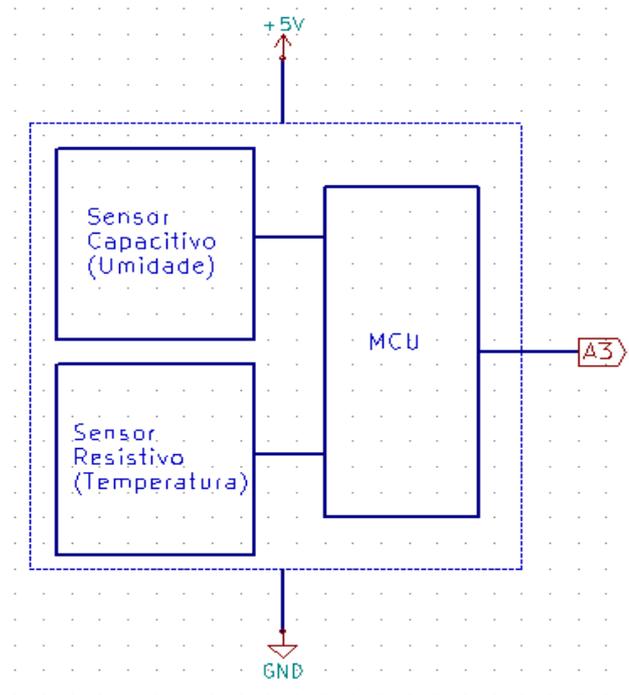
Para a medição de temperatura e umidade externas e internas foi escolhido um único componente capaz de executar as duas funções, além de possuir baixo custo.

O sensor DHT11 é um sensor de umidade e temperatura, onde a medição da umidade é feita por um sensor capacitivo e para a temperatura utiliza um NTC (*Negative Temperature Coefficient*). Internamente o sinal analógico desses sensores é conectado a um microcontrolador (MCU) de 8 *bits* que converte essas informações para um sinal digital serial de uma via. Cada informação é transmitida para a saída através de um pacote de 40 *bits* de informação, esses bits são divididos em cinco bytes, sendo que os dois primeiros informam o valor de umidade (um byte para parte inteira e outro para parte decimal do valor), os dois seguintes o nível de temperatura e o último é um byte de paridade que determina a validade da informação enviada (AOSONG, 2016).

No sistema foram utilizados dois desses sensores, um para medição das condições externas e outro para a medição das condições internas da sala de estar. A Figura 10 ilustra o esquema interno básico do dispositivo, além de mostrar como foi feita a conexão elétrica com o controlador.

Cada componente foi alimentado com uma tensão de 5Vcc e seu pino de saída foi conectado a entrada analógica do controlador. Alguns parâmetros podem ser destacados: umidade relativa do ar de 20 a 90%, faixa de leitura de temperatura de 0°C a 50°C, alimentação de 3,5 a 5Vcc.

Figura 10 – Conexões e diagrama interno básico do sensor de umidade



Fonte: do Autor (2017)

A informação recebida pelo controlador é interpretada via *software* através de uma biblioteca disponibilizada pelo fabricante do sensor, essa biblioteca possui rotinas que recebem a informação dos 40 *bits* e a decodifica, armazenando o resultado em duas variáveis que podem ser acessadas pelo programa principal através dos comandos `DHT.humidity` e `DHT.temperature`, os quais já possuem a informação com seu valor final, em base numérica decimal.

3.1.2.4 Sensor de Água da Chuva

Uma das medições possíveis para definir a quantidade de precipitação de chuva que ocorre sobre determinada região é através da determinação de sua intensidade, sendo que são considerados três níveis (REICHARDT, 1986):

- Chuva fraca: até 2,5mm/h;
- Chuva moderada: de 2,5mm/h até 7,5mm/h;
- Chuva forte: acima de 7,5mm/h.

Para representação e medição desses níveis de intensidade, foi utilizado pelo sistema proposto o sensor YL-83 que possui duas saídas, uma digital (seco = 1 e molhado = 0) e uma saída analógica que varia o valor da tensão de acordo com o nível de água incidente sobre a superfície do sensor, sendo que quando totalmente seco apresenta tensão máxima na saída (5Vcc), e conforme o aumento da umidade a tensão cai, até atingir 0V quando totalmente submerso (FILIPEFLOP, 2014).

O elemento sensor é resistivo, variando essa grandeza de acordo com a incidência de água sobre a placa captora.

O sensor acompanha um condicionador de sinal dotado de um conversor A/D que disponibiliza as duas saídas descritas anteriormente. Para a representação ilustrativa da intensidade de chuva, foi utilizada uma relação com o nível DC fornecido pela saída analógica do sensor de forma que a faixa do valor de tensão é definida a intensidade da chuva, conforme mostra a Tabela 2.

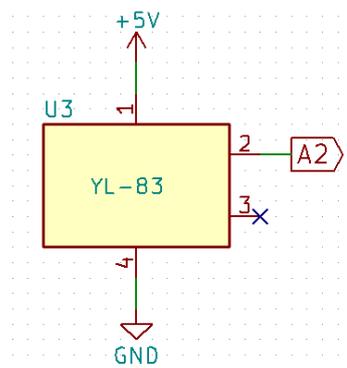
Tabela 2 – Relação entre o sinal do sensor e a intensidade de chuva

Valor DC saída do sensor:	Intensidade de Chuva:
5V	Tempo Seco
De 3,34V a 4,9V	Fraca
De 1,67V a 3,34V	Moderada
De 0 a 1,67V	Forte

Fonte: do Autor (2017)

Conforme mostra a Figura 11, o sensor possui alimentação de 5Vcc e sua saída analógica foi conectada a entrada analógica A2 do controlador, o pino com sinal de saída digital não foi utilizado.

Figura 11 – Circuito para sensor de chuva

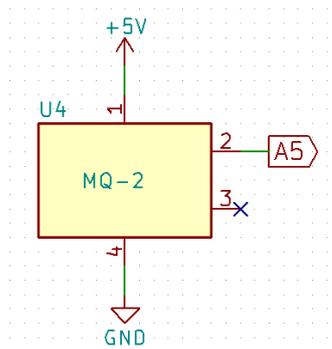


Fonte: do Autor (2017)

3.1.2.5 Sensor de Gases e Fumaça

O sensor de fumaça utilizado foi o modelo MQ-2 que apresenta como elemento sensor o dióxido de estanho (SnO_2) sendo que esse material apresenta baixa condutividade com o ar puro e aumenta essa condutividade a medida que existam maiores concentrações de gases junto com o ar (HANWEI, 2016). Internamente o sensor possui circuito condicionador de sinal que resulta em uma saída de sinal digital e uma de sinal analógico. O saída digital informa a presença ou não de gases ou fumaça, já a saída analógica varia seu nível DC (0 a 5Vcc) de acordo com a intensidade de gás ou fumaça detectados. A Figura 12 ilustra o esquema de ligação desse sensor.

Figura 12 – Esquema de ligação do Sensor de Fumaça



Fonte: do Autor (2017)

Conforme o fabricante (HANWEI, 2016), o sensor possui capacidade de detecção de diferentes gases, entre eles: butano, propano, GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), metano, álcool, hidrogênio e fumaça.

A fim de informar a detecção de gases ou fumaça e considerando que a saída analógica do sensor apresenta nível DC que varia de 0 a 5, através do software no controlador foi definido que quando houver a detecção de gases ou fumaça, ou seja quando a tensão na saída do sensor for maior do que 0 Vcc, a sirene (alarme sonoro) é disparada e assim permanece até que via supervisorio a mesma seja desativada, além disso uma barra gráfica indica a quantidade detectada pelo sensor. A Tabela 3 indica a relação entre a tensão de saída do sensor e a intensidade de fumaça para acionamento da sirene.

Tabela 3 – Relação entre o sinal do sensor e a frequência da sirene

Valor DC saída do sensor:	Frequência de acionamento do alerta sonoro
Até 0,2V.	Sirene desligada
Acima de 0,2V.	Sirene ligada

Fonte: do Autor (2017)

3.1.3 Atuadores

Atuadores são dispositivos que convertem uma forma de energia em outra, os mais comuns são os que convertem sinais elétricos em grandezas físicas principalmente movimentos lineares ou rotativos. Nesse projeto, como atuadores foram classificados os elementos e dispositivos que realizam as tarefas de aquecimento, refrigeração, iluminação, abertura de persianas e alarme sonoro, os quais serão apresentados na sequência.

3.1.3.1 Aquecimento e refrigeração

Em instalações residenciais, conforme já descrito no capítulo 2, os métodos para controle de temperatura dos ambientes são variados.

Atualmente os mais tradicionais e populares são os aparelhos de ar-condicionado, principalmente os modelos *Split*, que já apresentam em seus circuitos, inversores, capazes de otimizar o consumo de energia elétrica.

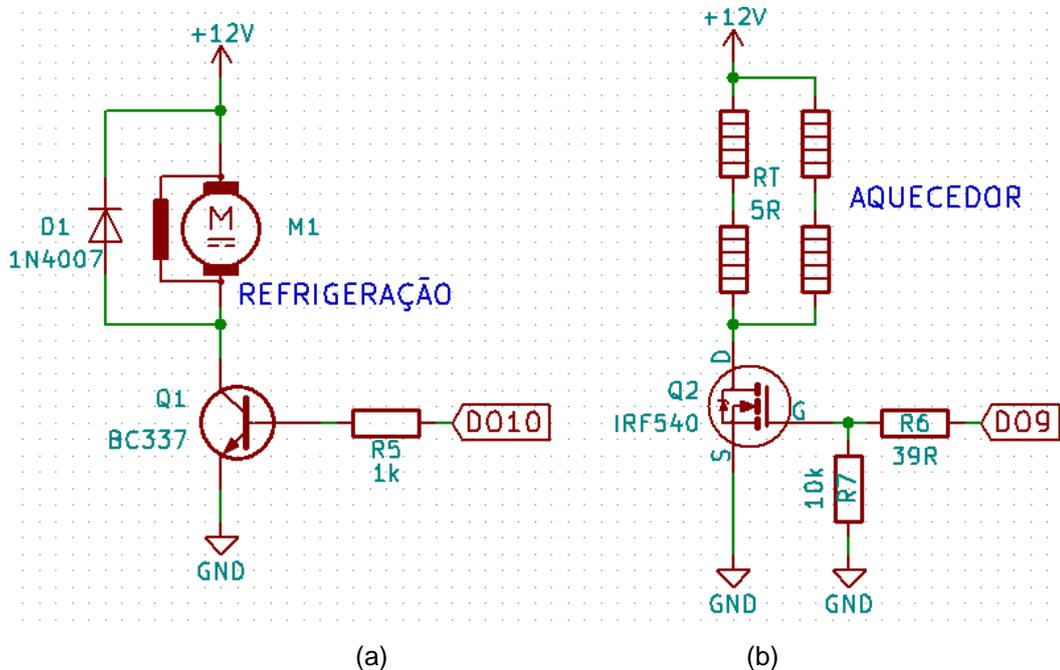
No sistema proposto a fim de simular e representar um sistema de controle de temperatura foi montado um sistema de refrigeração e um sistema de aquecimento com potências de acordo com o tamanho da aplicação (maquete).

O ambiente onde foi instalado o circuito de controle de temperatura possui um volume aproximado de 1,5dm³ (1,5 litros).

Para o sistema de refrigeração foi utilizado um motor DC, montado no formato de um cooler (tradicionalmente utilizado na refrigeração de microprocessadores), como especificações elétricas apresenta tensão de 12Vcc e drena uma corrente de 0,27A. Como esses dados inviabilizam o acionamento direto via saída do controlador, foi montado um *driver* de corrente, utilizando transistor bipolar polarizado para saturar quando o sinal oriundo da saída do controlador

apresentar nível alto e atuar em corte quando o nível for baixo, o esquema eletrônico para esse circuito pode ser observado através da Figura 13a.

Figura 13 – Aquecimento e Refrigeração



Fonte: do Autor (2017)

O modelo e transistor bipolar escolhido para essa aplicação foi o BC337, que é um transistor bipolar amplificador do tipo NPN com as seguintes características (FAIRCHILD, 2002):

- Corrente máxima de coletor: 800mA;
- Tensão máxima entre coletor e emissor: 45Vcc;
- Potência: 625mW.

Para atuar como driver de corrente, o transistor foi polarizado para atuar nas regiões de corte e saturação em configuração de emissor comum. Para isso definiu-se um $\beta = 60$. Dessa forma, sabendo-se que a corrente de coletor é a mesma do motor (270mA), a corrente de base será de 4,5mA. Assim é possível determinar o resistor de base conforme mostra a Equação 2.

$$R5 = \frac{V_{bb} - V_{be}}{I_b} = \frac{5 - 0,7}{0,0045} \cong 1 \text{ k}\Omega \quad (2)$$

Em que:

- V_{bb} : tensão de alimentação do circuito da base [5Vcc];
- V_{be} : tensão entre base e emissor [0,7V];
- I_b : Corrente de base [4,5mA].

Para a simulação do sistema de aquecimento foi utilizado um conjunto de resistores de fio com resistência total de 5Ω , sendo aplicado a uma tensão de 12Vcc, o que drena uma corrente de 2,4A e dissipa uma potência de 28,8W, cujo esquema eletrônico pode ser observado através da Figura 13b. Essas características também impedem o acionamento direto via saída do controlador, assim para o aquecedor, o *driver* foi montado com um transistor tipo MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor – Field Effect Transistor*), tendo em vista que a corrente é mais alta. O MOSFET utilizado (IRF540) suporta uma corrente de dreno de até 20A, e para seu acionamento foram utilizados o resistor R7, que se trata de um resistor *pull-down* e R6 que tem apenas a função de amortecimento, tendo em vista que os transistor FET são acionados por tensão, não drenando corrente no terminal de *Gate*, assim quando a saída do controlador apresentar nível alto (5Vcc) o transistor entrará em condução acionando o conjunto de resistores.

3.1.3.2 Iluminação

As lâmpadas com a tecnologia *LED* vêm se popularizando entre os consumidores devido a características vantajosas em relação a outros modelos, principalmente no que diz respeito à eficiência luminosa, ou seja, com um menor consumo de energia é possível produzir mais luz. Além disso, esse modelo de lâmpada possui uma vida útil que pode chegar a 25 vezes mais tempo que as tradicionais e já obsoletas lâmpadas incandescentes e até 4 vezes mais que as lâmpadas fluorescentes compactas (INMETRO, 2015).

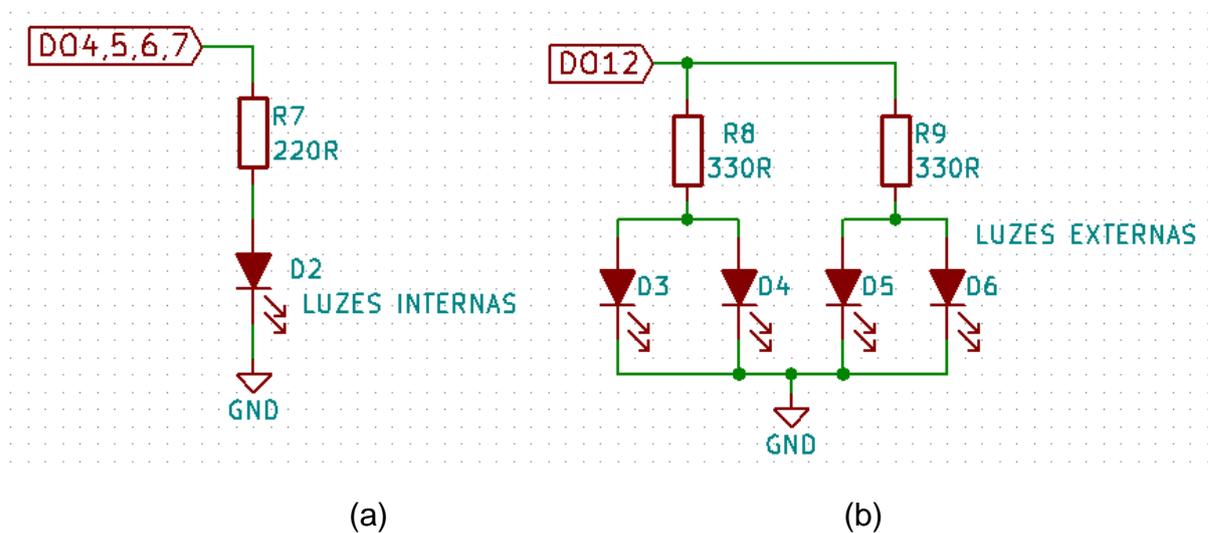
Nesse projeto a iluminação dos ambientes internos e externos foi feita com a utilização de *LEDs* translúcidos de alta-intensidade de 5mm. As especificações elétricas básicas para esses componentes são uma corrente máxima em polarização direta de 30mA e uma tensão entre 3V e 3,6V (EVERLIGHT, 2007).

Para a iluminação dos ambientes internos foram utilizadas 4 saídas digitais do controlador, cada uma acionando um *LED* responsável pela iluminação de um ambiente, cada saída fornecendo em nível alto uma tensão de 5Vcc.

Foi utilizado um resistor em série para limitar o valor de corrente em aproximadamente 10mA, conforme mostra a Figura 14a.

Para a iluminação externa foi utilizada uma única saída digital do controlador que aciona simultaneamente 4 *LEDs*, conectados conforme mostra a Figura 14b e com um resistor para limitar a corrente em aproximadamente 5mA para cada LED.

Figura 14 – Esquema de ligação das lâmpadas LED



Fonte: do Autor (2017)

3.1.3.3 Controle de Abertura e Fechamento de Persiana

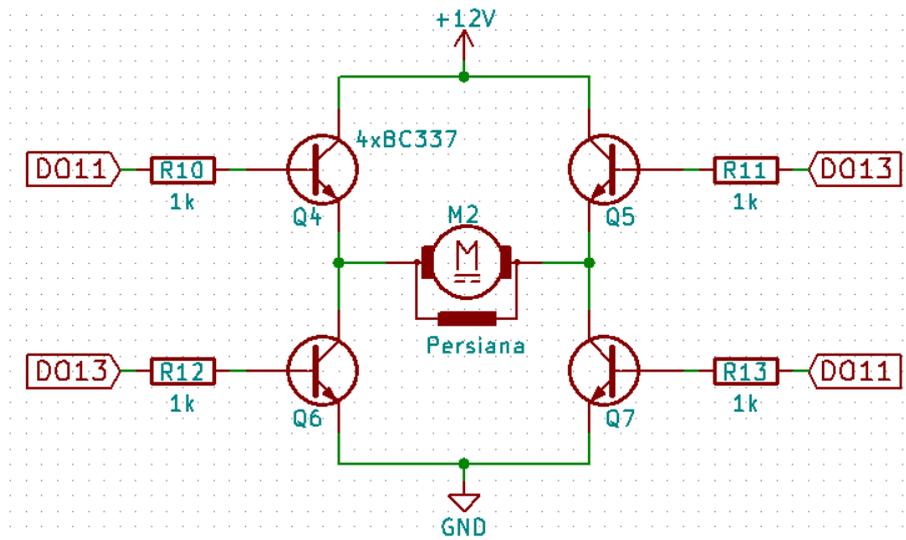
Um dos ambientes da casa possui um controle automático de abertura e fechamento de persiana.

O intuito principal do sistema é o melhor aproveitamento da luminosidade natural e também gerar maior comodidade.

Para essa ação foi utilizado um motor DC, que possui tensão de alimentação de 12Vcc e drena uma corrente de aproximadamente 100mA. Para o controle de sentido de giro foi montado o circuito de uma ponte H, com transistores bipolares, dessa forma foram utilizadas duas saídas do controlador (DO11 e DO13) para esse fim, conforme é apresentado na Figura 15.

Quando acionada a saída DO11, o motor é alimentado com uma polaridade, já ao acionar a saída DO13, a polaridade é invertida, fazendo com que o sentido de giro do motor também seja trocado.

Figura 15 – Esquema de ligação do motor DC para persiana



Fonte: do Autor (2017)

Para o acionamento do motor foram utilizados quatro transistores bipolares de modelo BC337, cujas características já foram mencionadas no item 3.1.3.2. Da mesma forma, a sua polarização foi dimensionada para que atue nas regiões de corte e saturação, assim teve seu resistor de base dimensionado em $1k\Omega$ na configuração de emissor comum.

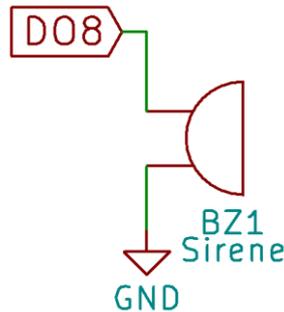
3.1.3.4 Sirene de Alarme

Para sinalizar a violação do sistema de segurança, foi instalado um sinalizador sonoro piezo eletrônico (*buzzer*), que é acionado quando a segurança está ativa e algum dos sensores apresenta seu contato aberto. Além do sinal sonoro, o supervisor também informa ao usuário que o sistema de segurança foi violado.

A sirene também é acionada caso ocorra uma detecção de fumaça ou gás, porém nessa situação a intermitência do ruído da sirene é diferente para evidenciar o motivo do disparo.

A instalação da sirene no controlador foi feita em uma saída digital, tendo em vista que o mesmo possui tensão de alimentação de 5Vcc e corrente de 20mA. A Figura 16 ilustra o esquema de ligação.

Figura 16 – Esquema de ligação da sirene



Fonte: do Autor (2017)

3.2 NÍVEL DE SUPERVISÃO

Comercialmente existe uma série de softwares disponíveis no mercado para a criação e o desenvolvimento de sistemas supervisórios.

Para o sistema proposto a plataforma escolhida foi o *Elipse SCADA*, do fabricante *Elipse Software*. A escolha se deu principalmente pela existência do mesmo no ambiente de trabalho além da possibilidade e disponibilidade da versão demonstrativa que permitiu o desenvolvimento do trabalho proposto.

Conforme a *Elipse Software* trata-se de uma ferramenta para o desenvolvimento de sistemas de supervisão e controle de processos com alto desempenho e versatilidade totalmente configurável, permitindo a monitoração de variáveis, acionamentos diversos além de comunicação com diferentes dispositivos.

Conforme o Guia de Instalação, como pré-requisitos mínimos de instalação é necessário um PC com processador de no mínimo 200MHz, 64Mb de memória RAM, placa de vídeo, no mínimo 10Mb de espaço de armazenamento em disco, além de *Microsoft Windows XP* ou superior.

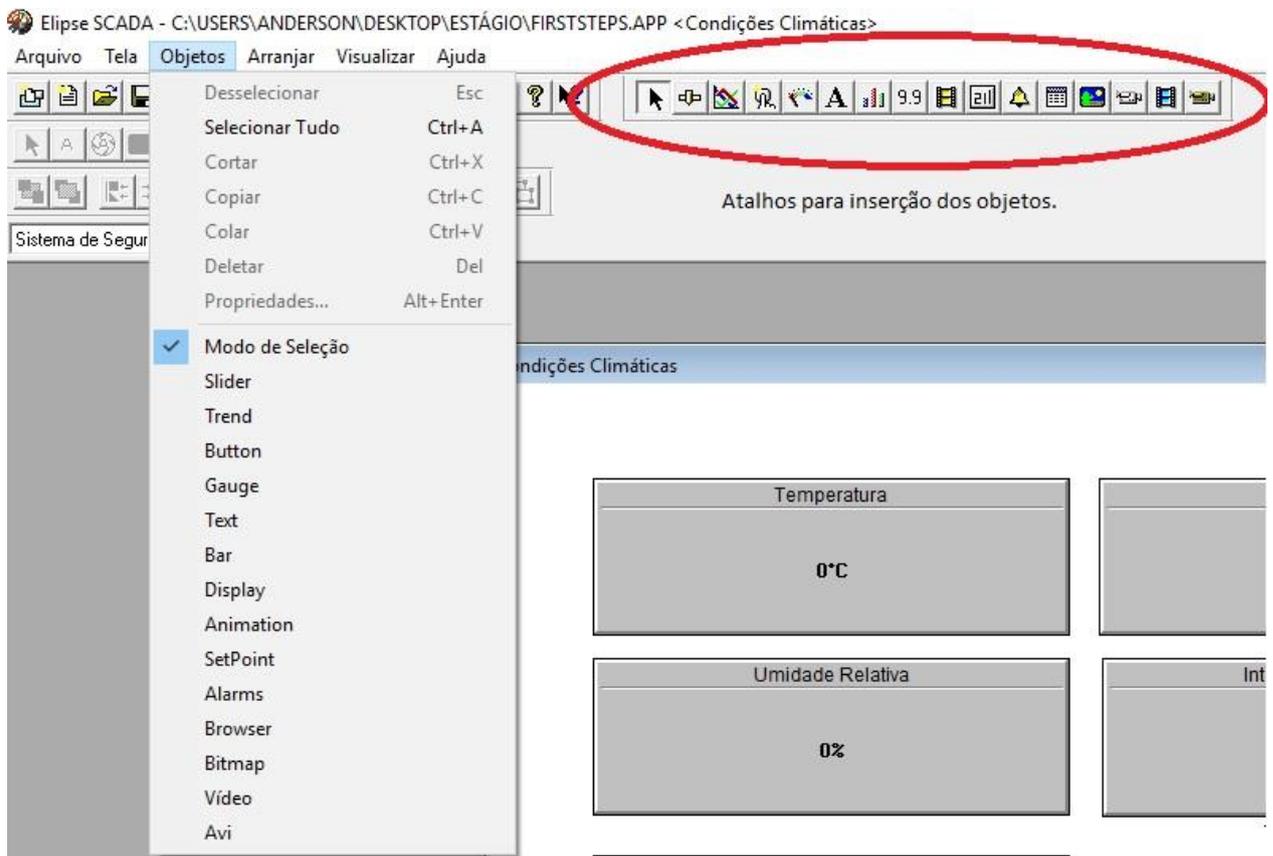
Percebe-se a partir dessas informações que o computador para rodar o software pode ser bastante simples (ELIPSE, 2009).

O grande foco e maior aplicação dos sistemas *SCADA* são processos industriais.

Contudo, percebe-se que devido à versatilidade e o grande número de recursos e funcionalidades disponíveis eles podem facilmente ser adaptados para a automação predial e residencial apresentando até algumas vantagens em relação aos sistemas específicos para essas aplicações, principalmente no que diz respeito a integração entre diferentes dispositivos de sensoriamento e atuação (ELIPSE, 2015).

A criação de aplicações através do *software* se dá basicamente pela criação de telas e inserção de objetos. As possibilidades de objetos que podem ser utilizados são mostradas através da Figura 17.

Figura 17 – Objetos disponíveis no Elipse SCADA



Fonte: do Autor (2017)

Os principais e mais usuais objetos podem ser caracterizados da seguinte forma:

- *Slider*: controle do valor de uma variável de um mínimo até um máximo por um botão deslizante;

- *Trend* (tendência): permite o desenho de gráficos a partir de valores de variáveis;
- *Button* (botão): realiza o acionamento *on/off* de variáveis digitais;
- *Gauge*: mostrador de variáveis analógicas através de ponteiro;
- *Text* (texto): permite a inserção de textos;
- *Bar* (barra): apresenta dados de variáveis analógicas através de barras;
- *Display*: apresenta dados numéricos/ alfanuméricos de variáveis;
- *Animation* (animação): cria animações a partir de imagens definidas pelo usuário;
- *Setpoint*: caixa de texto para definição de valores pelo usuário.

A Figura 18 exemplifica o uso desses objetos na tela principal do programa, onde foram utilizadas as ferramentas *button*, para acesso as demais telas, além do *login* e *logout* do usuário. Também foram utilizados os objetos *Display*, que mostra as informações de usuário ativo, data e hora e o objeto *text* para a escrita do título na tela.

Figura 18 – Tela inicial do supervisório com objetos utilizados



Fonte: do Autor (2017)

O sistema de supervisão foi dividido em cinco diferentes telas, permitindo ao usuário transitar entre as mesmas sendo que cada uma diz respeito a uma das funções presentes no sistema. As telas desenvolvidas são apresentadas e caracterizadas através da Tabela 4.

Tabela 4 – Telas desenvolvidas no supervisório.

Tela	Função
Tela principal (Inicial)	Tela inicial da aplicação permite acesso às demais telas através de botões; apresenta informações de data e hora, além de solicitar os dados de acesso do usuário.
Tela de controle da iluminação interna	Permite os acionamentos das lâmpadas internas da residência.
Tela do sistema de segurança	Acionamento do sistema de segurança; apresenta imagens de câmeras de segurança, além de dados como invasão ou presença de gás e fumaça.
Tela de informação sobre condições climáticas	Mostra informações como temperatura, umidade, luminosidade e intensidade de chuva.
Tela de controle dos recursos da sala de estar	Permite abertura e fechamento de persiana além de monitoração e controle de temperatura.

Fonte: do Autor (2017)

A ilustração das telas desenvolvidas encontra-se no Apêndice B.

3.2.1 Comunicação entre Controlador e Supervisório

Conforme mencionado no capítulo 2, atualmente o protocolo de comunicação adotado como padrão em automação predial e residencial é o protocolo KNX.

Nesse projeto, foram aplicadas ferramentas e recursos da automação industrial para que o sistema pudesse ser implementado a partir dos recursos disponíveis, tendo em vista por exemplo a falta de suporte do *software Eclipse*

SCADA para o protocolo KNX e também a indisponibilidade de um conversor para o controlador Arduino.

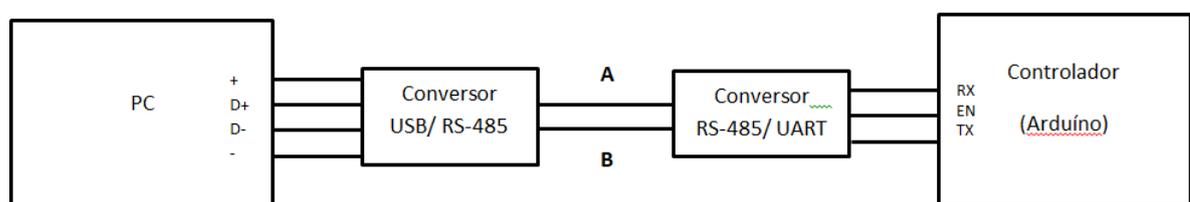
Dessa forma, o protocolo escolhido para a comunicação entre o controlador e o software supervisor foi o *Modbus*.

Alguns critérios foram observados para a escolha desse protocolo de comunicação, entre eles o suporte do supervisor para esse protocolo, a ampla utilização desse protocolo em sistemas industriais, a vasta bibliografia e também o questionamento sobre a viabilidade e funcionalidade da aplicação de um protocolo de comunicação industrial em um circuito doméstico.

Cabe também um pequeno comparativo entre os dois protocolos: a principal diferença em termos de comunicação é o fato de o protocolo KNX possui uma arquitetura descentralizada, onde cada equipamento conectado a rede possui autonomia e “inteligência” própria, diferente do *Modbus*, onde há a necessidade de um elemento central (mestre); ambos os protocolos podem atuar em um sistema *bus* de par trançado por exemplo; a limitação de dispositivos para o *Modbus* é de 32, já no KNX pode chegar a até 65.536 teoricamente; ambos são protocolos abertos e possuem uma grande quantidade de dispositivos que entendem os protocolos, sendo que existem também no mercado conversores entre os dois protocolos (KNX ASSOCIATION, 2016).

A transmissão de dados será feita de modo serial, rodando sobre a interface RS-485 em um meio físico de par trançado de fios. Para isso foi necessária a instalação de conversores para essa interface, como ilustra a Figura 20.

Figura 20 – Esquema da Comunicação



Fonte: do Autor (2017)

3.2.1.1 Protocolo de Comunicação

O *MODBUS* trata-se de um protocolo desenvolvido pela *MODICON*, empresa do ramo da automação industrial, para aplicação em seus produtos. Com o passar do tempo, outros fabricantes acabaram adotando esse protocolo, autorizados pela *MODICON*, fazendo com que o mesmo se tornasse um protocolo aberto (ALBUQUERQUE E ALEXANDRIA, 2009).

O protocolo *MODBUS* possui um modelo mestre-escravo (*master-slave*), onde os dispositivos escravos comunicam-se entre si, mas todo o controle da comunicação é feito pelo dispositivo mestre. Todos os dispositivos estão interligados através de um barramento e para que ocorra a correta identificação de cada um, cada escravo recebe um endereço.

Os dois modos mais comuns para a transmissão do protocolo são: ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) e RTU (*Remote Terminal Unit*). No modo ASCII para cada palavra de dados são enviados dois caracteres no padrão ASCII, tendo como vantagem a existência de intervalos maiores entre o envio de dados de uma mesma mensagem. No modo RTU para cada mensagem é enviado apenas um caractere no padrão hexadecimal, tendo como vantagem o envio de um maior número de caracteres em uma mesma mensagem, aumentando o desempenho da comunicação. (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

No sistema proposto, foi utilizado modo RTU, sendo que cada palavra de dados sempre contém 11 bits e os formatos são os seguintes:

- 1 start bit, 8 data bits, sem paridade, 2 stop bits;
- 1 start bit, 8 data bits, paridade par, 1 stop bit;
- 1 start bit, 8 data bits, paridade ímpar, 1 stop bit.

No projeto foi utilizada a primeira opção e a checagem da mensagem enviada é gerada pelo método CRC (*Cyclic Redundancy Check*) através de 2 bytes (ALBUQUERQUE E ALEXANDRIA, 2009).

O modo RTU não dispõe de bytes que indiquem início ou final de envio de pacotes de dados (*framing*), assim isso é feito por intervalos de tempo, equivalentes a 3,5 vezes o tamanho da palavra de dados (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

A comunicação sempre é realizada por iniciativa do mestre, quando ele envia uma requisição, o escravo destinatário interpreta e devolve uma resposta. O

formato da requisição feita pelo mestre, bem como a resposta gerada pelo escravo pode ser observado através da Tabela 5.

Tabela 5 – Operações Modbus

ENDEREÇO ESCRAVO	FUNÇÃO MODBUS	DADOS PARA O ESCRAVO	CRC
1 byte (1 a 247)	1 byte (1 a 255)	<i>N bytes</i>	2 bytes

Fonte: Adaptado de Alfa Instrumentos (2000 p.8).

O primeiro campo, endereço do escravo, determina qual dispositivo deverá realizar alguma ação a partir da mensagem, sendo que os endereços possíveis estão entre 0 e 247. O segundo campo, função MODBUS, define qual atividade o escravo endereçado deverá executar.

Conforme a ELIPSE (2015), as principais funções de leitura e escrita suportadas para o driver MODBUS utilizado pelo supervisório são as seguintes:

- 01: Leitura de *bit* (*Read Coil Status*);
- 02: Leitura de *bit* (*Read Input Status*);
- 03: Leitura de *Words* (*Read Holding Registers*);
- 04: Leitura de *Words* (*Read Input Registers*);
- 05: Escrita de *bit* (*Force Single Coil*);
- 06: Escrita de *Word* (*Force Single Register*);
- 15: Escrita de *Bits* (*Force Multiple Coils*);
- 16: Escrita de *Words* (*Preset Multiple Registers*).

O terceiro campo que se refere aos dados define o endereço lógico sobre o qual a função deverá ser executada, sendo que existem faixas de endereços destinadas a cada tipo de dados. A quantidade de bytes desse campo pode variar de 0 a até 252 *bytes* (ALBUQUERQUE E ALEXANDRIA, 2009).

E por final os dois bytes destinados ao CRC que calcula o conteúdo de toda a mensagem a fim de verificar a correta recepção da informação.

3.2.1.2 Meio Físico da Comunicação

Para a transmissão do protocolo de comunicação, foi escolhido para o sistema proposto a transmissão serial via RS-485 onde existe apenas um par de fios (par trançado) tanto para a transmissão quanto para a recepção, isso permite que diversos dispositivos se comuniquem através do mesmo barramento. Uma desvantagem é o fato de ser uma comunicação *half-duplex*, ou seja, o *software* da comunicação deve controlar a habilitação da transmissão e recepção (ALBUQUERQUE E ALEXANDRIA, 2009).

Algumas características devem ser ressaltadas:

- Referência balanceada;
- Quantidade Máxima de Dispositivos: 32;
- Distância Máxima: 1200m;
- Velocidade Máxima de Transmissão: 10Mbps (até 12m);
- Tensão Máxima Comum: +12V a -7V.

Além disso, é importante destacar que a topologia de rede adotada foi a de barramento, tendo em vista que houve a necessidade de se interligar apenas dois equipamentos: o PC rodando o supervisor e o controlador.

Foi necessária também a instalação no PC de um conversor USB/ Serial 485, além de um conversor 485/ UART para o controlador poder receber as informações via rede.

3.2.1.3 Configuração da Comunicação

A configuração para que o software supervisor comunique-se com o controlador através do protocolo *Modbus*, iniciou-se pela definição de que o supervisor possui papel de mestre e o controlador de escravo, este recebendo o endereço de número 1. Além disso, cada sensor e atuador também recebeu uma identificação que para o software é classificado como *tag*. As tags são os identificadores de cada entrada, saída ou memória existente no controlador e representada pelo supervisor. A Tabela 6 apresenta os sensores e atuadores, seu endereço físico no controlador e sua *tag* para o supervisor, além do seu endereço dentro do protocolo MODBUS.

Tabela 6 – Endereçamentos dos *tags*

Dispositivo	Endereço físico no Controlador	Tag	Endereço MODBUS
Sensor Temperatura Interna	AI0	SENSOR_TEMP_SALA	1
Sensor Umidade Interna	AI0	SENSOR_UMIDADE_SALA	2
Sensor de Chuva	AI2	SENSOR_CHUVA	3
Sensor Umidade	AI3	SENSOR_UMIDADE	4
Sensor Temperatura	AI3	SENSOR_TEMPERATURA	5
Sensor Luminosidade	AI4	SENSOR_LUZ	6
Sensor Fumaça	AI5	SENSOR_FUMACA	7
Sensor Portas e Janelas	DI3	PORTAS_JANELAS	8
Luz Cômodo 1	DO4	LED_QUARTO1	9
Luz Cômodo 2	DO7	LED_QUARTO2	10
Habilita Sensor Fumaça	Memória	HAB_FUMAÇA	11
Desliga Sirene	Memória	OFF_SIRENE	12
Abre Persiana	DO11	ABRE_PERSIANA	13
Fecha Persiana	DO13	FECHA_PERSIANA	14
Luz Cômodo 3	DO5	LED_QUARTO3	15
Luz Cômodo4	DO6	LED_QUARTO4	16
Aquecedor	DO9	AQUECE	17
Refrigeração	DO10	REFRIGERA	18
Aciona Alarme	Memória	HABILITA_ALARME	19
Temperatura Desejada	Memória	TEMP_DESEJADA	20

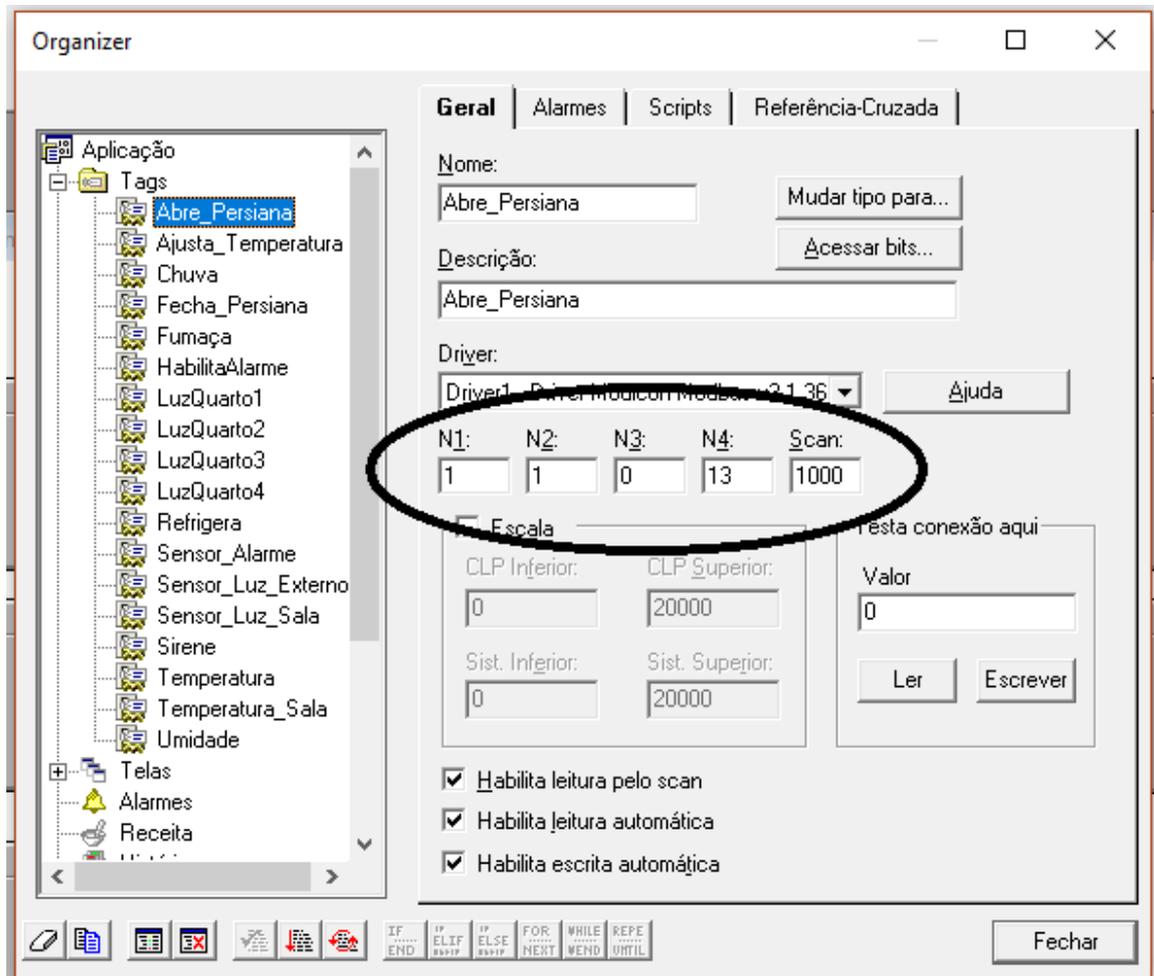
Fonte: do Autor (2017)

A comunicação entre o supervisório e o controlador necessita da configuração individual para cada *tag* (dispositivo), além disso elas foram utilizadas como *tags* do tipo PLC (*programmable logic controller*), as quais apresentam os seguintes parâmetros:

- N1 = Endereço do escravo (controlador);
- N2 = Código da Função;
- N3 = Não utilizado;
- N4 = Endereço Modbus do dispositivo.

Essa configuração é feita no software Elipse, também através da ferramenta *organizer*, conforme mostra a Figura 21.

Figura 21 – Ferramenta *organizer* para configuração de *tags*.



Fonte: do Autor (2017)

Para o campo N1, todos os dispositivos recebem o valor 1, tendo em vista que todos estão conectados ao mesmo controlador, para o campo N2 foram configuradas duas funções.

A primeira configurada para leitura e escrita de variáveis do tipo *word*, foi utilizada para dispositivos que realizam funções com sinais analógicos, como os sensores e a iluminação com controle PWM.

Já a segunda função foi configurada para leitura e escrita de variáveis do tipo *bit*, utilizada pelos demais dispositivos que apenas realizam funções de liga e desliga. O campo N3 não possui utilização e o campo N4 recebe o endereço de cada dispositivo conforme mostrado na Tabela 6.

3.3 NÍVEL DE CONTROLE MÓVEL

Uma funcionalidade muito comum nos sistemas de automação residencial atuais é a possibilidade de controle e visualização de informações do circuito remotamente a partir de dispositivos móveis como *smartphones* ou *tablets*.

Para o sistema proposto foi utilizado com esse intuito, um recurso disponibilizado pelo mesmo fabricante do supervisório (*Eclipse Software*). Trata-se do *Eclipse Mobile*, que através de sua versão demonstrativa, permite que sejam realizados até dois controles por vez sobre o sistema supervisório, podendo ser instalados em smartphones com sistema operacional *Android* ou *iOS (Iphone Operational System)* (ELIPSE, 2015).

Para ser possível o controle por *smartphone* é necessária a instalação do *Eclipse Mobile Server*, que deve estar no PC em que roda o sistema SCADA.

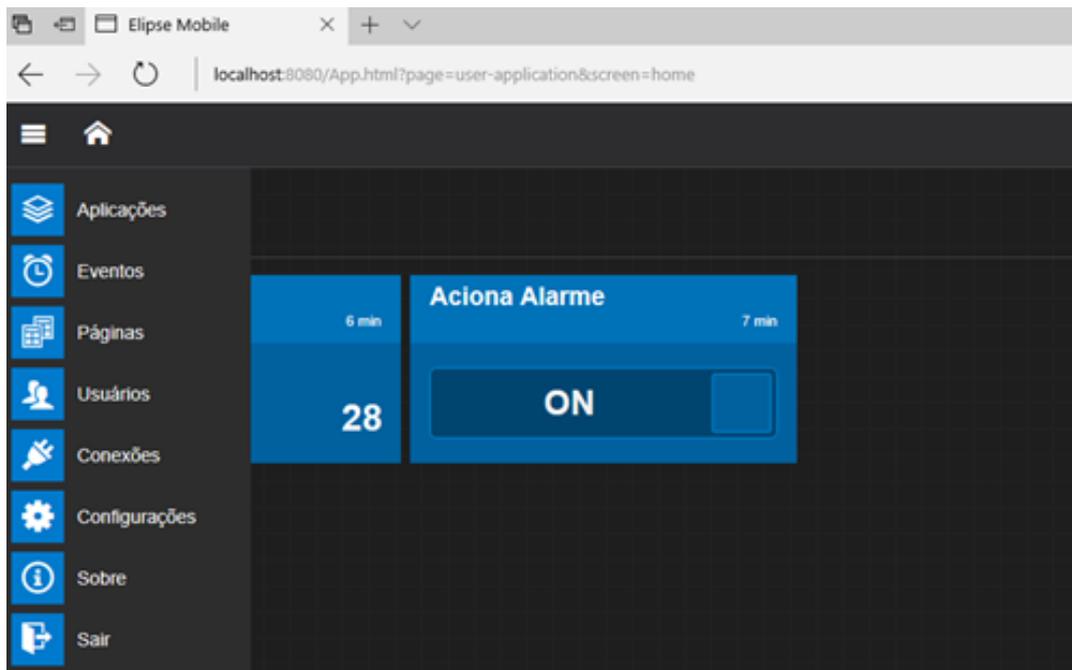
Esse aplicativo realiza monitoramento e controle das mesmas *tags* criadas dentro da aplicação SCADA.

Esse *software* é executado diretamente através de um navegador de *internet*, sendo que na aplicação proposta foi utilizado o *Microsoft Edge* como mostra a Figura 22.

Para o acesso e controle através do *smartphone*, deve ser instalado no mesmo o aplicativo *Eclipse Mobile*, que acessa o servidor instalado no PC através do seu endereço de *IP (Internet Protocol)* pela porta 8080.

Dessa forma as mesmas configurações definidas pelo *Eclipse Mobile Server* serão acessadas na versão instalada no *smartphone*, podendo-se assim realizar acionamentos a distância.

Figura 22 – *Elipse Mobile* com execução no *Microsoft Edge*

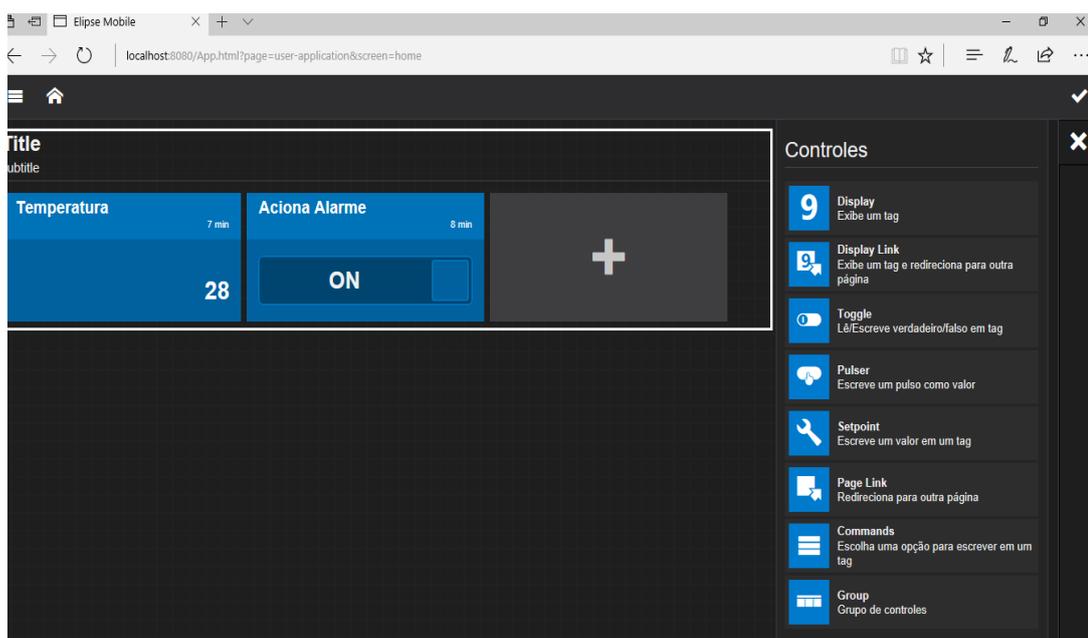


Fonte: do Autor (2017)

É permitida a criação de diferentes aplicações, cadastro de usuários, criação de eventos entre outras funcionalidades.

É possível criar diferentes tipos de controles, entre eles *displays*, botões, ajustes de *setpoints*, entre outros como pode ser visto pela Figura 23.

Figura 23 – Inserção de controles na aplicação do *Elipse Mobile*



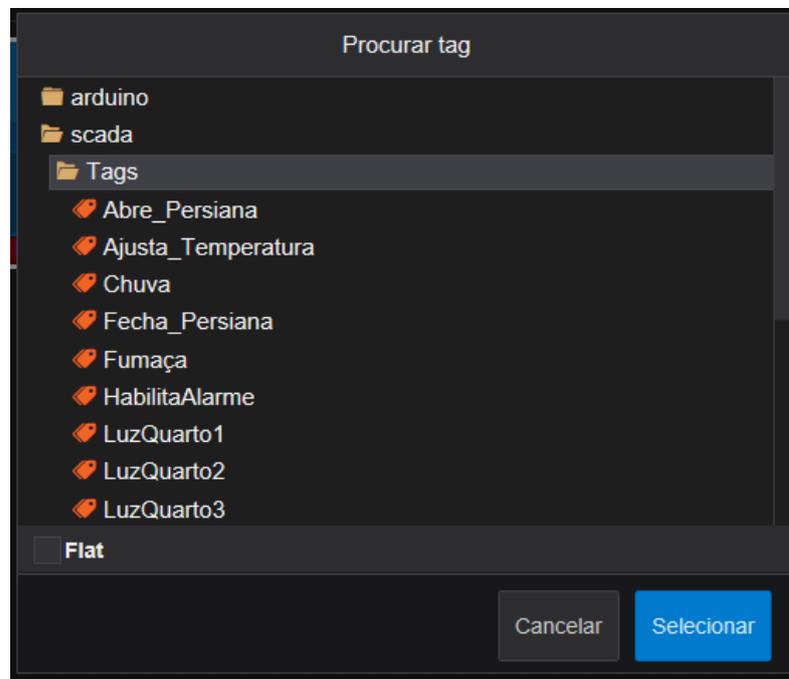
Fonte: do Autor (2017)

No sistema proposto foram inseridos um controle do tipo display que apresenta a temperatura externa e um controle do tipo *Toggle* (botão liga-desliga) responsável pelo acionamento do sistema de segurança.

Ambos realizam o controle e o monitoramento diretamente sobre as respectivas *tags* da aplicação SCADA.

A configuração da comunicação desses controles com o software *Eclipse SCADA* é feita diretamente, sendo que o *Mobile* já carrega previamente a lista de todos os *tags* utilizados, conforme mostra a Figura 24.

Figura 24 – Configuração dos controles da aplicação



Fonte: do Autor (2017)

A comunicação entre os *softwares* pode ser feita via rede *Wifi*, sendo que no trabalho proposto o PC e um *smartphone* ambos com o aplicativo instalado foram conectados a uma mesma rede *Wifi* permitindo assim que pelo *smartphone* fossem realizados os dois controles previstos.

CONCLUSÕES

Esse projeto teve por principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de automação residencial, baseado em recursos e tecnologias de fácil acesso, baixo custo e também ampla bibliografia.

Essas características tem o intuito de tornar o trabalho de fácil compreensão e dar caráter didático ao mesmo para que possa ser utilizado como recurso em aulas de eletrônica e automação.

Com base no que foi desenvolvido, pode-se afirmar que os objetivos foram alcançados, já que o funcionamento final de todos os níveis do projeto (circuito físico, supervisor e controle remoto) se apresentou conforme as especificações iniciais.

Percebeu-se também a versatilidade dos dispositivos utilizados, podendo citar o exemplo do controlador Arduíno que atualmente é uma das plataformas de desenvolvimento mais populares em todo o mundo, o que pode ser visto a partir de sua utilização como controlador do sistema e também através da possibilidade de comunicar-se com o sistema de supervisão via protocolo de rede industrial.

Ainda sobre o Arduíno cabe a realização de uma análise sobre a sua utilização em condições reais, onde seria necessário o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso específica para a aplicação, podendo ser utilizado o micro controlador gravado através do Arduíno e já contemplando os condicionadores de sinal de *drivers* de corrente.

Vale também ressaltar a utilização do *software Eclipse SCADA* que tradicionalmente é voltado para o controle e aquisição de dados em plantas industriais, mas que reúne uma série de características e recursos que permitem plenamente sua utilização para o desenvolvimento de sistemas de supervisão para automação predial e residencial.

Um empecilho para a utilização em sistema doméstico é o custo elevado para aquisição da licença, contudo como alternativa podem ser pensados em *softwares* similares alternativos que são encontrados inclusive no formato *open source*.

O controle via dispositivos móveis com o uso do *software Eclipse Mobile* também demonstrou boa eficiência.

Sobre o protocolo *Modbus*, a principal limitação do seu uso é o controle centralizado, necessitando de um dispositivo mestre e demandando a conexão física de todos os sensores e atuadores a esse elemento central.

Para atividades futuras, utilizando o mesmo conteúdo pode ser explorada a implementação de atuadores mais próximos dos existentes em sistemas reais, já que nesse projeto foram desenvolvidos a nível de maquete.

Outro ponto a ser explorado é aumentar o nível de controle do sistema através do dispositivo móvel, armazenando a informação de funcionamento do sistema em nuvem e podendo ter acesso mais amplo, permitindo inclusive a integração com dispositivos que já trabalhem no formato de *lot (Internet of Things)*.

Pode-se concluir assim que o assunto é bastante amplo e a cada dia surgem novas possibilidades de implementação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Rômulo O. **Análise de Circuitos em Corrente Contínua**. 12. ed. São Paulo: Érica, 1998.
- ALBUQUERQUE, Pedro U. B. de; ALEXANDRIA, Auzuir R. de. **Redes Industriais**. 2. ed. São Paulo: Ensino Profissional, 2009.
- ALFA INSTRUMENTOS. **Protocolo de Comunicação Modbus RTU/ASCII**. 2000. Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/modbus/modbus_manual.pdf Acesso em 1 Outubro 2017.
- ALVEZ, José Augusto, MOTA, José. **Casas Inteligentes**. 1. ed. Lisboa - PT: Centro Atlântico, 2003.
- AOSONG. **Módulo de Controle de Temperatura e Umidade – DHT11**. 2015 Disponível em <https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf> Acesso em: 4 Setembro 2017.
- ARDUINO. **Arduino Uno R3**. 2017. Disponível em: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3> Acesso em: 10 setembro 2017.
- BOYLESTAD, Robert L.; NASHELSKY, Louis. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2004.
- BOLZANI, Caio Augustus Moraes. **Residências Inteligentes**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004.
- CARVALHO, Marcos Corrêa de. **Proposta de Metodologia para Integração de Sistemas de Automação Predial**. 2009. 156f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas.
- ELIPSE. **Elipse Mobile**. 2015. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/produto/elipse-mobile/> Acesso em: 22 Outubro 2017.
- ELIPSE. **Guia de Instalação Elipse SCADA**. 2009. Disponível em <https://www.elipse.com.br/downloads/?cat=69&key=&language=ptbr> Acesso em: 10 Setembro 2017.
- ELIPSE. **Manual do Usuário**. 2015. Disponível em <https://www.elipse.com.br/downloads/?cat=69&key=&language=ptbr> Acesso em: 12 Setembro 2017.
- EVERLIGHT. **5 mm Round White LED**. 2007. Disponível em http://www1.futureelectronics.com/doc/EVERLIGHT%C2%A0/334-15__T1C1-4WYA.pdf Acesso em 20 Outubro 2017.

FAIRCHILD. **Datasheet BC337.** 2002. Disponível em <http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheet/fairchild/BC337.pdf>. Acesso em 15 Novembro 2017.

FIERGS. **SENAI Nilo Peçanha.** 2017. Disponível em <http://http://www.fiergs.org.br/pt-br/unidade/senai-nilo-pecanha>. Acesso em: 1 Agosto 2017.

FGV. **28º Pesquisa Anual de Administração e Uso de Tecnologia da Informação nas Empresas.** 2017. Disponível em: <http://link.estadao.com.br/noticias/gadget,ate-o-fim-de-2017-brasil-tera-um-smartphone-por-habitante-diz-pesquisa-da-fgv,70001744407> Acesso em: 2 Outubro 2017.

FILIFELOP. **Sensor de Chuva YL83.** 2014. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/sensor-de-chuva-yl-83/>. Acesso em 15 Outubro 2017.

HANWEY. **Sensor de Gás e Fumaça – MQ2.** 2016. Disponível em <http://www.mouser.com/ds/2/321/605-00008-MQ-2-Datasheet-370464.pdf>. Acesso em: 15 Setembro 2017.

INMETRO. **Lâmpada LED.** 2015. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf> Acesso em: 2 Setembro 2017.

KNX ASSOCIATION. **Introdução ao KNX.** 2016. Disponível em: <https://www.knx.org/knx-en/knx/association/introduction/index.php>. Acesso em: 2 Setembro 2017.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira, ZANETTI, Humberto Augusto Piovesana. **Arduíno Descomplicado – Como Elaborar Projetos de Eletrônica.** 1. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016.

PRUDENTE, Francesco. **Automação Predial e Residencial: Uma Introdução.** 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

REICHARDT, K. A. **Água em Sistemas Agrícolas.** São Paulo: Manole. 1986.

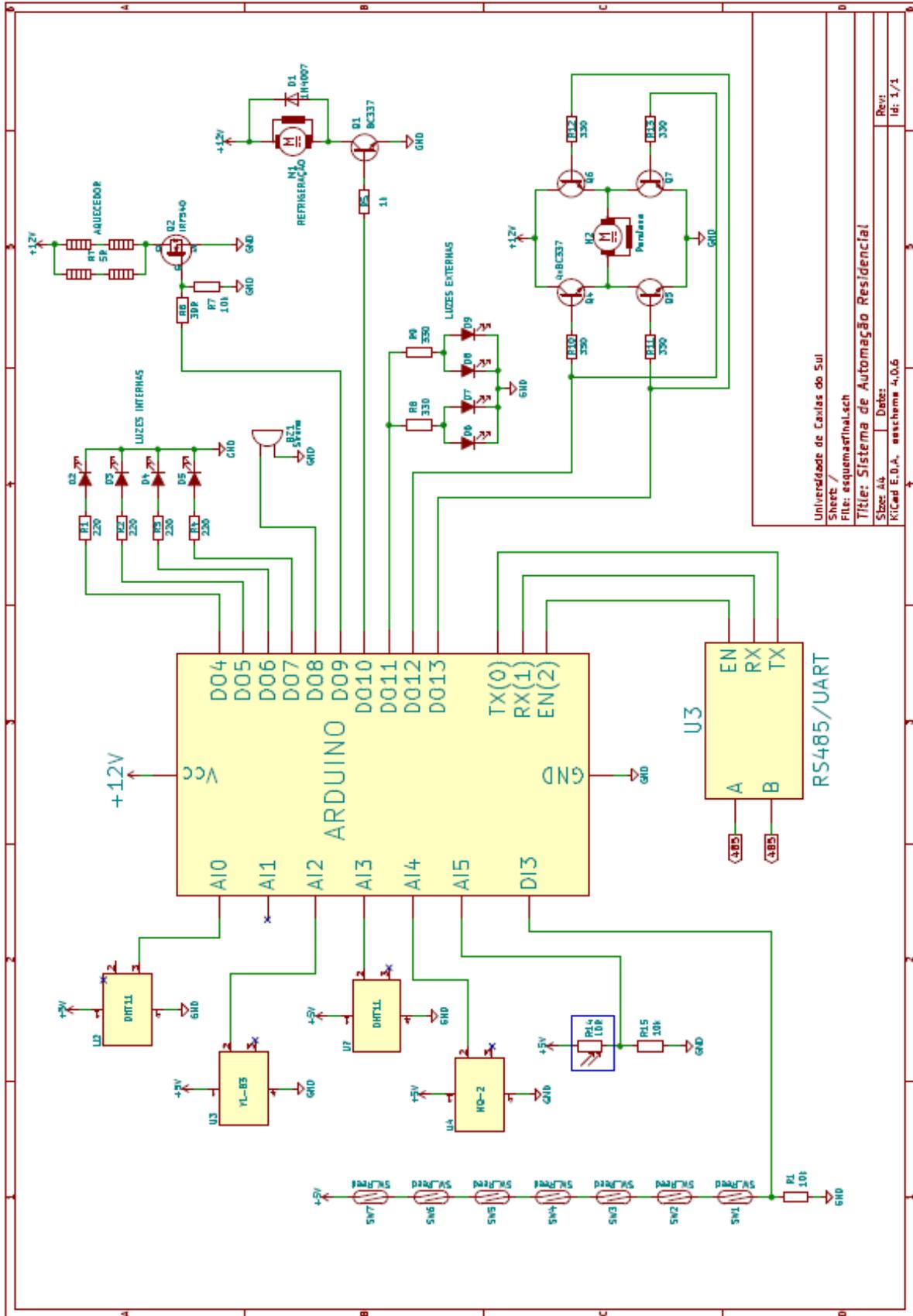
ROSÁRIO, João Maurício. **Princípios de Mecatrônica.** 1. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

SUNROOM. **Sensor Reed-Switch.** 2017. Disponível em: <https://www.sunroom.com/p/reed-switch> Acesso em: 30 Agosto 2017.

SUNROOM. **Light Dependent Resistor – LDR.** 2008. Disponível em: <http://kennarar.vma.is/thor/v2011/vgr402/ldr.pdf> Acesso em: 20 Setembro 2017.

TEZA, Vanderlei Rabelo. **Alguns Aspectos sobre Automação Residencial - Domótica.** 2002. 108f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina.

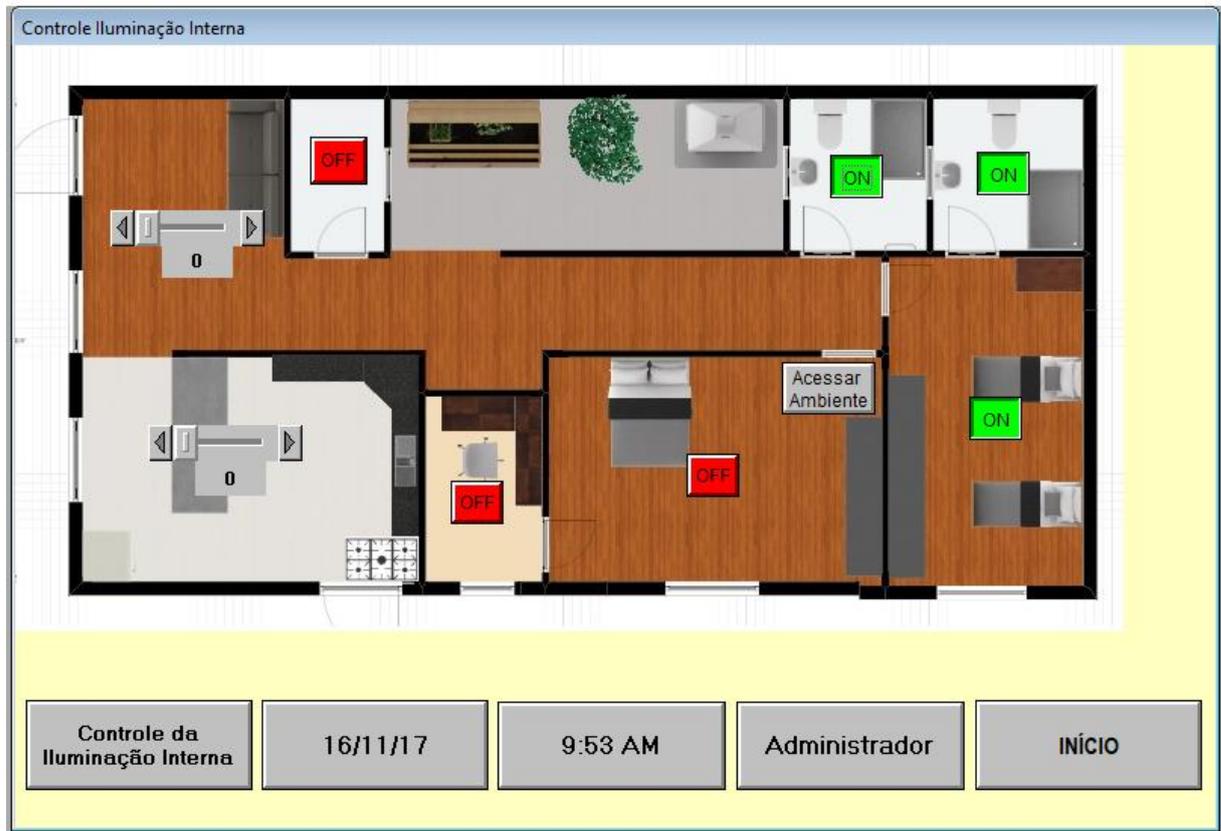
APÊNDICE A – ESQUEMA ELETRÔNICO COMPLETO DO SISTEMA



Universidade de Caxias do Sul
Sheet: /
File: esquemafinal.sch
Title: Sistema de Automação Residencial
Size: 44 Datas:
KicCad E.O.A. - esquema 4.0.6 Rev:
Id: 1/1

APÊNDICE B – TELAS DESENVOLVIDAS NO SOFTWARE *ELIPSE SCADA*

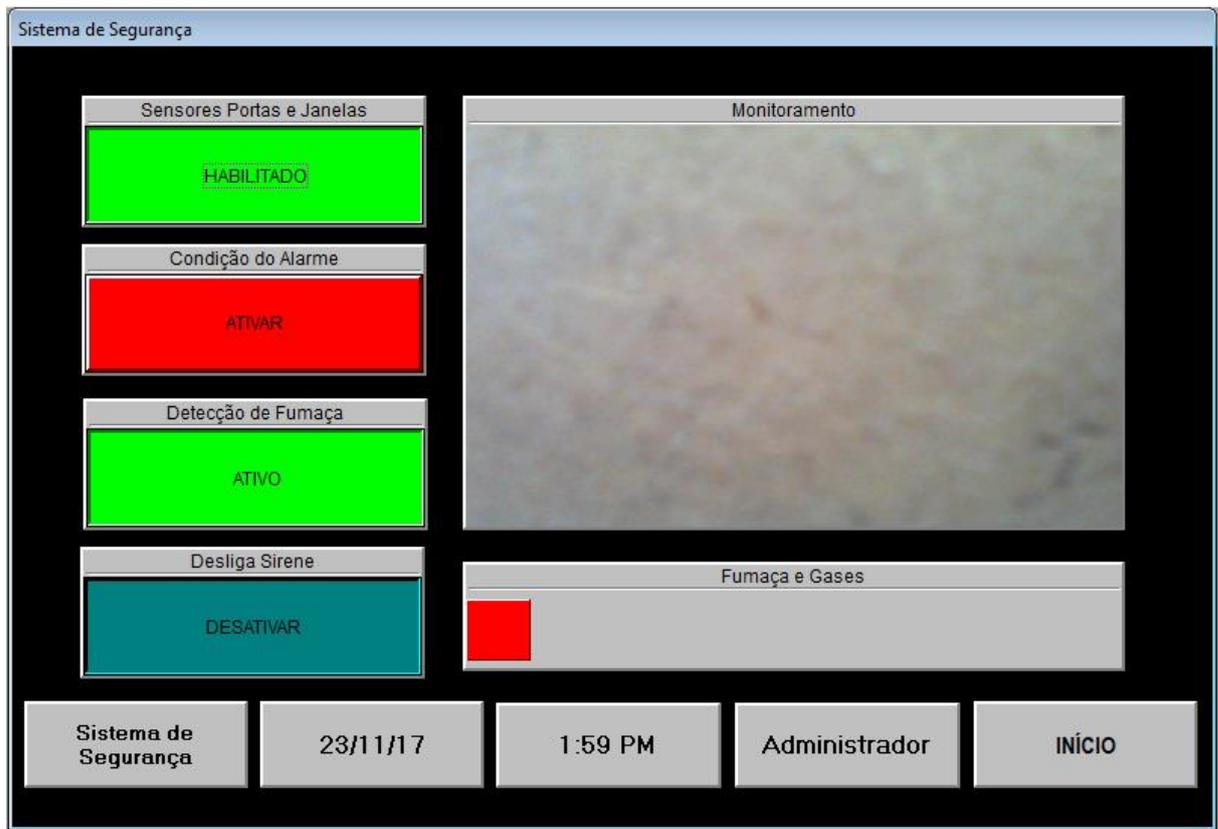
Tela do controle da iluminação interna:



Funcionalidades da tela:

- Botões para acionamento (on/off) das lâmpadas;
- *Sliders* para controle de brilho (0 a 100%) das lâmpadas em dois cômodos;
- *Displays* com informações: nome da tela, data, hora e usuário ativo,
- Botão para retornar a tela inicial;
- Como imagem de fundo uma representação da planta baixa da tela.

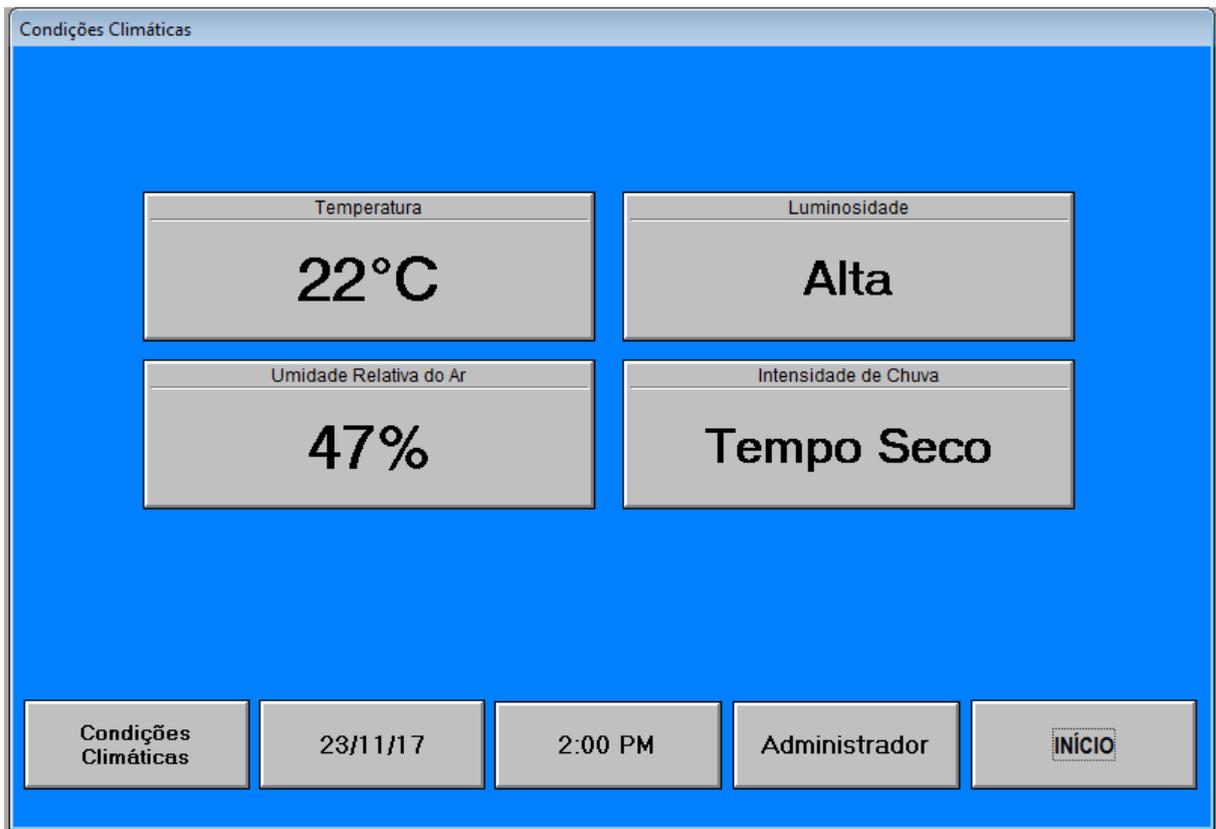
Tela do controle de controle do sistema de segurança:



Funcionalidades da tela:

- Botão indicativo do estado dos sensores de portas e janelas;
- Botão para acionamento do sistema de alarme contra intrusos;
- Botão para acionamento do sistema de detecção de gases e fumaça;
- Botão para desligar o alarme sonoro;
- Barra gráfica para indicação do nível de gases e fumaças;
- Janela com apresentação de imagens da câmera de monitoramento;
- *Displays* com informações: nome da tela, data, hora e usuário ativo,
- Botão para retornar a tela inicial.

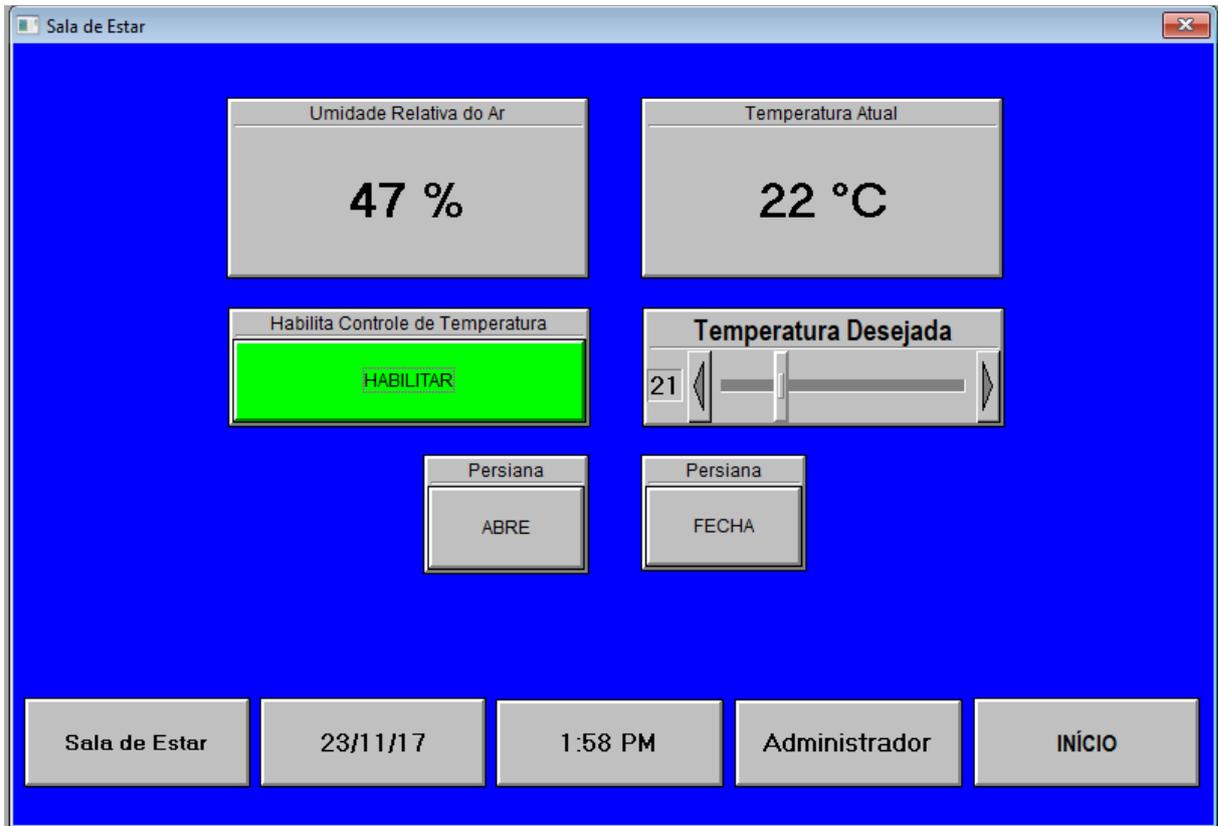
Tela do controle de apresentação das condições climáticas:



Funcionalidades da tela:

- *Display* com apresentação do valor da temperatura externa;
- *Display* com apresentação do valor da umidade relativa do ar;
- *Display* com apresentação do nível de luminosidade (alta ou baixa);
- *Display* com apresentação da intensidade de chuva (tempo seco, fraca, moderada ou forte);
- *Displays* com informações: nome da tela, data, hora e usuário ativo,
- Botão para retornar a tela inicial.

Tela do controle e monitoramento dos dispositivos da sala de estar:



Funcionalidades da tela:

- *Display* com apresentação do valor da temperatura;
- *Display* com apresentação do valor da umidade relativa do ar;
- Botão para acionamento do sistema de controle de temperatura;
- *Slider* para ajuste do valor de temperatura desejada;
- Botões para abertura e fechamento de persiana;
- *Displays* com informações: nome da tela, data, hora e usuário ativo,
- Botão para retornar a tela inicial.

APÊNDICE C – SKETCH GRAVADO NO CONTROLADOR ARDUÍNO

```

#include <SimpleModbusSlave.h>
#include <dht.h> //biblioteca sensor de temperatura e umidade
dht DHT1;
dht DHT2;
enum //DECLARAÇÃO DAS TAG'S UTILIZADAS NO SUPERVISÓRIO
{
  SENSOR_TEMPERATURA_SALA, //A0 - 1
  SENSOR_UMIDADE_SALA,    //A0 - 2
  SENSOR_CHUVA,           //A2 - 3
  SENSOR_UMIDADE,         //A3 - 4
  SENSOR_TEMPERATURA_FORA, //A3 - 5
  SENSOR_LUMINOSIDADE,    //A4 - 6
  SENSOR_FUMACA,          //A5 - 7
  PORTA_JANELA,           //DI3 - 8
  LED_QUARTO1,            // DO4 - 9
  LED_QUARTO2,            // DO7 - 10
  HABILITA_FUMACA,        // 11
  OFF_SIRENE,             // DO12 - 12
  ABRE_PERSIANA,          // DO11 - 13
  FECHA_PERSIANA,         // DO13 - 14
  LED_QUARTO3,            // DO5 - 15
  LED_QUARTO4,            // DO6 - 16
  HABILITA_TEMPERATURA,   // DO9 - 17
  REFRIGERACAO,           //DO10 - 18
  HABILITA_ALARME,        //19
  TEMPERATURA_DESEJADA,   //20
  HOLDING_REGS_SIZE };
unsigned int holdingRegs[HOLDING_REGS_SIZE];
#define dht2_dpin          A0
#define sensor_chuva       A2
#define dht1_dpin          A3
#define sensor_luminosidade A4
#define sensor_fumaca      A5
#define porta_janela       3
#define led_quarto1        4
#define led_quarto2        7
#define sirene_alarme      8
#define led_patio          12

```

```

#define led_quarto3      5
#define led_quarto4      6
#define aquecimento     9
#define refrigeracao    10
#define abre_persiana   11
#define fecha_persiana  13
void setup() {
  modbus_configure(&Serial, 19200, SERIAL_8N1, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE,
holdingRegs);
  modbus_update_comms(19200, SERIAL_8N1, 1);
  pinMode(porta_janela, INPUT);
  pinMode(led_quarto1, OUTPUT);
  pinMode(led_quarto2, OUTPUT);
  pinMode(sirene_alarme, OUTPUT);
  pinMode(led_patio , OUTPUT);
  pinMode(led_quarto3, OUTPUT);
  pinMode(led_quarto4, OUTPUT);
  pinMode(aquecimento, OUTPUT);
  pinMode(refrigeracao, OUTPUT);
  pinMode(abre_persiana, OUTPUT);
  pinMode(fecha_persiana,OUTPUT);
}
void loop() {
  modbus_update();
  digitalWrite(led_quarto1,holdingRegs[LED_QUARTO1]);
  digitalWrite(abre_persiana,holdingRegs [ABRE_PERSIANA]);
  digitalWrite(fecha_persiana,holdingRegs[FECHA_PERSIANA]);
  digitalWrite(led_quarto2,holdingRegs[LED_QUARTO2]);
  analogWrite(led_quarto3,(holdingRegs[LED_QUARTO3])*2.5);
  analogWrite(led_quarto4,(holdingRegs[LED_QUARTO4])*2.5);
  DHT1.read11(dht1_dpin);
  DHT2.read11(dht2_dpin);
  holdingRegs[PORTA_JANELA] = digitalRead(porta_janela);
  holdingRegs[SENSOR_UMIDADE] = DHT1.humidity;
  holdingRegs[SENSOR_UMIDADE_SALA] = DHT2.humidity;
  holdingRegs[SENSOR_TEMPERATURA_FORA] = DHT1.temperature;
  holdingRegs[SENSOR_TEMPERATURA_SALA] = DHT2.temperature;
  holdingRegs[SENSOR_CHUVA] = 1024 - analogRead(sensor_chuva);
  holdingRegs[SENSOR_FUMACA] = analogRead(sensor_fumaca)-19;
  holdingRegs[SENSOR_LUMINOSIDADE] = (1023 - analogRead(sensor_luminosidade));

```

```

if(holdingRegs[SENSOR_LUMINOSIDADE] < 150) {
    digitalWrite(led_patio, HIGH);
}
if(holdingRegs[SENSOR_LUMINOSIDADE] > 150) {
    digitalWrite(led_patio, LOW);
}
if((holdingRegs[HABILITA_ALARME] == 1)&&(holdingRegs[PORTA_JANELA] ==0))
{
    digitalWrite(sirene_alarme,HIGH);
}
if((holdingRegs[HABILITA_FUMACA] == 1) && (holdingRegs[SENSOR_FUMACA]>15))
{
    digitalWrite(sirene_alarme,HIGH);
}
if(holdingRegs[OFF_SIRENE] == 1) {
    digitalWrite(sirene_alarme,LOW);
}
if(holdingRegs[HABILITA_TEMPERATURA] == 1) {
    if((holdingRegs[TEMPERATURA_DESEJADA] > (DHT2.temperature-1))
    {
        digitalWrite(aquecimento,HIGH);
        digitalWrite(refrigeracao,LOW);
    }
    if((holdingRegs[TEMPERATURA_DESEJADA] < (DHT2.temperature+1))
    {
        digitalWrite(refrigeracao, HIGH);
        digitalWrite(aquecimento, LOW);
    }
    if((holdingRegs[TEMPERATURA_DESEJADA] == (DHT2.temperature))
    {
        digitalWrite(refrigeracao, LOW);
        digitalWrite(aquecimento, LOW);
    }
}
if(holdingRegs[HABILITA_TEMPERATURA] == 0) {
    digitalWrite(refrigeracao, LOW);
    digitalWrite(aquecimento, LOW);
}
}

```