

FIELD - SISTEMA PARA CONTROLE DE ENERGIA EM RODA D'AGUA E ENERGIA ELÉTRICA

Sérgio Roberto dos Santos Júnior¹
Carlos Henrique Loureiro Feichas²
Anibal Evaristo Fernandes³

RESUMO

A Tecnologia da Informação – TI é de fundamental importância para o desenvolvimento tecnológico de um país, pois está relacionada com todas as áreas do conhecimento humano. A confecção do sistema *Field* visou a automação residencial e rural utilizando energia renovável. Foi desenvolvido um aplicativo *Android* para realizar o controle de lâmpadas e dispositivos eletrônicos em conjunto com um sistema de geração de energia hidráulica, utilizado para alimentar eletricamente os dispositivos automatizados. A motivação para se desenvolver o projeto foi a possibilidade de auxiliar profissionais e pessoas que necessitem gerenciar a energia, possibilitando o controle dos equipamentos de baixa corrente e armazenamento de informações como a potência, corrente, tensão e o consumo de energia através da integração de um dispositivo de prototipagem eletrônica Arduino. Além do sistema mobile foi também desenvolvido uma aplicação Web que opera em um minicomputador Raspberry, onde o usuário poderá também fazer todo o monitoramento do sistema via Web.

Palavras-chave: Arduino. Automação. Mecânica dos fluidos. Raspberry. Eletrônica.

FIELD - SYSTEM FOR CONTROL OF ENERGY IN WATER WHEEL AND ELECTRICAL ENERGY

ABSTRACT

Information Technology - IT is of fundamental importance for the technological development of a country, since it is related to all areas of human knowledge. The construction of the Field system aimed at residential and rural automation using renewable energy, so an Android application was developed to perform the control of lamps and electronic devices in conjunction with a hydraulic power generation system, used to power the automated devices electrically. The motivation to develop the project was the possibility of helping professionals and people who need to manage energy, allowing the control of low current equipment and storage of information such as power, current, voltage and energy consumption through the integration of a Arduino electronic prototyping device. In addition to the mobile system was also developed a Web application that operates on a minicomputer Raspberry, where the user can also do all the monitoring of the system via the Web.

Keywords: Arduino. Automation. Fluid mechanics. Raspberry. Electronics.

¹ Graduado em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pela Faculdade Tecnologia de Cruzeiro Prof. Waldomiro May – FATEC Cruzeiro / SP. E-mail: contato@fateccruzeiro.edu.br

² Mestrado em Automação Industrial e Sistemas Elétricos Industriais pela Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI e professor na Faculdade Tecnologia de Cruzeiro Prof. Waldomiro May – FATEC Cruzeiro / SP. E-mail: carlos.feichas@fatec.sp.gov.br

³ Mestrado em Computação Aplicada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE e professor na Faculdade Tecnologia de Cruzeiro Prof. Waldomiro May – FATEC Cruzeiro / SP. E-mail: anibal.ef@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Em uma era com tantas inovações sendo criadas e aprimoradas todos os dias, é possível dizer que estamos em um mundo totalmente novo. Na década de 90, por exemplo, não se pensava na existência dos smartphones com capacidade de processamento de dados superior à dos computadores convencionais que existiam nas residências, porém hoje esse dispositivo é super comum e acessível. Com tanta inovação nos centros urbanos, surgiu também a possibilidade da inovação em áreas rurais, afinal o Brasil é um país com grandes dimensões territoriais, sendo grande parte rural. Portanto, o sistema Field desenvolvido e aqui apresentado tem como propósito abranger tanto as áreas rurais quanto urbanas, onde o campo de atuação foi a automação residencial, utilizando energia renovável e energia elétrica comum, além de possibilitar o controle da geração e do consumo da energia.

Inicialmente, foi proposto um aplicativo mobile, com objetivo de integrar um sistema de geração de energia elétrica em roda d'água, com a automação de dispositivos eletroeletrônicos onde o usuário poderá utilizar a energia gerada pelo sistema de roda d'água ou corrente elétrica de no máximo 220 volts, sendo possível acender lâmpadas e energizar alguns dispositivos eletroeletrônicos com corrente de no máximo 10A. Para tal, foi utilizado um microcontrolador Arduino e alguns sensores para realizar o controle da energia, um minicomputador Raspberry para efetuar a coleta e manipulação dos dados, uma mini roda d'água para geração de energia, e um alternador automotivo que funciona como gerador de energia elétrica. O desenvolvimento do sistema trouxe contribuição para o usuário, auxiliando no acionamento de equipamentos elétricos através de um aplicativo instalado em Smartphone Android, um sistema web em um Raspberry e um sistema de geração de energia limpa, transformada em energia elétrica, proporcionando conforto, segurança e controle.

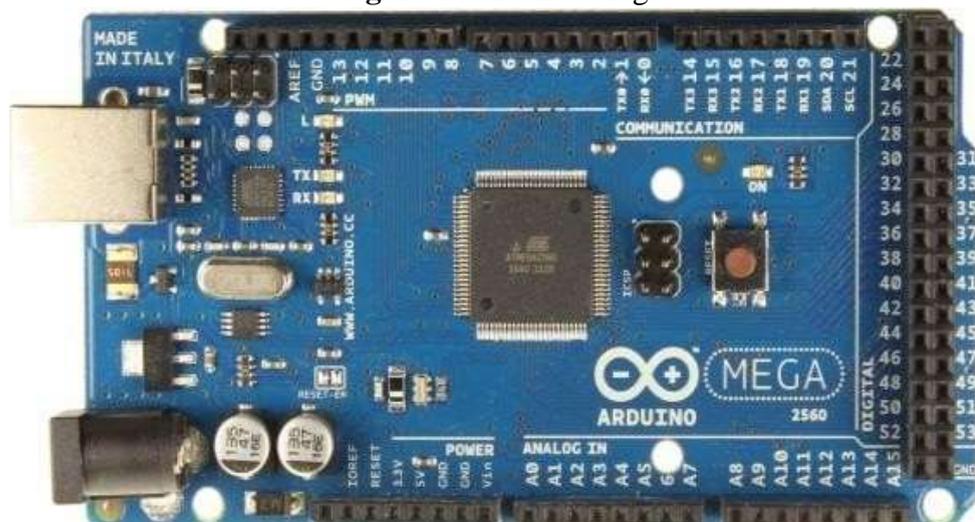
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo foi realizada a abordagem sobre a fundamentação teórica das tecnologias utilizadas para o desenvolvimento deste sistema. Para isso, temas como Arduino, roda d'água, conceitos elétricos e outros tópicos foram necessários para a etapa de desenvolvimento do sistema.

2.1 Características do Arduino

O Arduino é uma placa de circuito eletrônico para prototipagem de sistemas de hardware e software, além de ser multi-plataforma, oferecendo pinos de conexões de entradas e saídas. Ele possibilita a conexão de outros circuitos e dispositivos externos como sensores, relés, motores e LEDs. A sua programação é embarcada, ou seja, o algoritmo é transmitido diretamente para ele, possibilitando a ativação dos circuitos e componentes conectados. Segundo Fonseca e Beppu (2010, p.2) “O Arduino na verdade é um kit de desenvolvimento que é capaz de interpretar variáveis e transformá-las em sinais elétricos, através de dispositivos externos ligados aos seus terminais”. Conforme McRoberts (2011, p. 28) “em termos práticos, um Arduino é um pequeno computador que você pode programar para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele”. A Figura 1 apresenta o Arduino que foi utilizado no sistema desenvolvido.

Figura 1: Arduino Mega



Fonte: <http://www.electroschematics.com/7963/arduino-mega-2560-pinout/>

A Tabela 1, demonstra dados específicos do Arduino, como a sua capacidade de processamento, capacidade de armazenamento, voltagem de operação, peso, portas digitais, entre outros.

Tabela 1 - Especificações do Arduino Mega

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

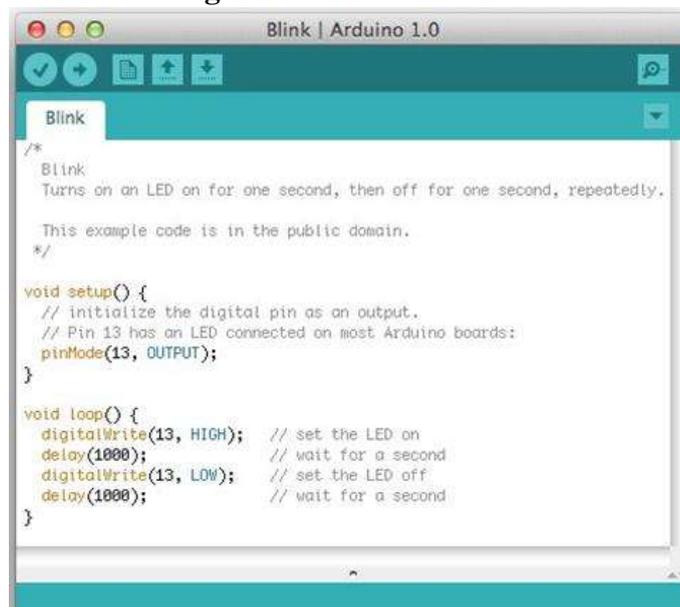
Fonte: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMega2560>

O Arduino foi utilizado para controlar os dispositivos conectados a ele, como lâmpadas, ventiladores e outros dispositivos com corrente de até 10A.

2.1.2 Plataforma de desenvolvimento do Arduino

O Arduino IDE é uma aplicação multi-plataforma desenvolvida em Java, baseado em um ambiente de programação de código aberto. A linguagem utilizada para sua programação origina-se das linguagens C e C++. (REBESCHINI, 2012. p 27). A Figura 2, ilustra a IDE do Arduino e a simulação de um código em Linguagem C.

Figura 2: IDE Arduino



```

Blink | Arduino 1.0
Blink
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  This example code is in the public domain.
  */
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  // Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards:
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(13, HIGH); // set the LED on
  delay(1000);           // wait for a second
  digitalWrite(13, LOW); // set the LED off
  delay(1000);           // wait for a second
}

```

Fonte: <https://www.arduino.cc/en/Guide/MacOSX>

Conforme se observa na Figura 2, a programação das funcionalidades do Arduino foi realizada utilizando linguagem de programação C.

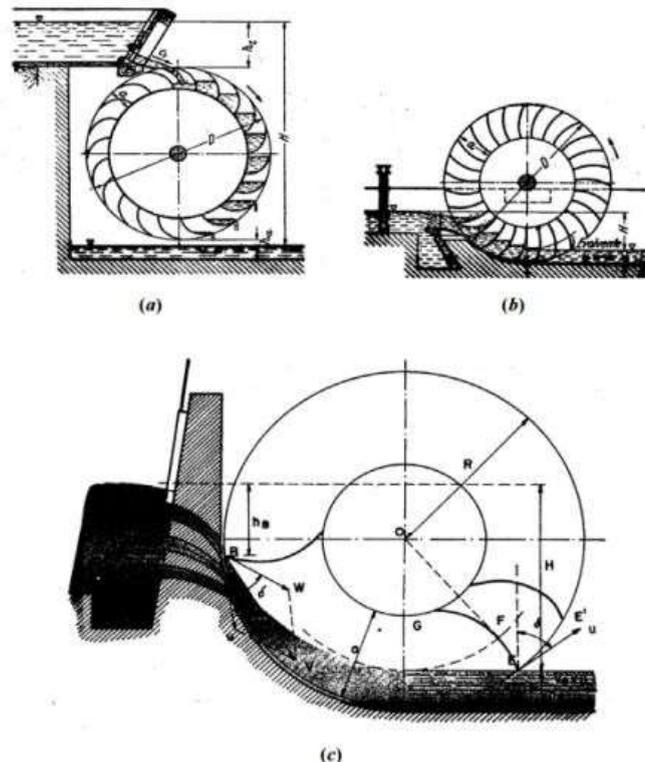
2.1.3 Programação para o Arduino

Para o ambiente de desenvolvimento foram encontradas várias funções que facilitam o projeto de qualquer software, pois possui bibliotecas já prontas que facilitam a comunicação com outros hardwares. O ambiente de desenvolvimento do Arduino é um compilador GCC (C e C++) que usa uma interface gráfica construída em Java. Resume-se a um programa IDE simples de se utilizar. As funções da IDE do Arduino são permitir o desenvolvimento de um software e enviar o código à placa para ser executado. (REBESCHINI, 2012)

2.2 Roda d'água

A roda d'água é uma máquina que transforma a energia hidráulica em energia mecânica. Nestas máquinas a água atua pelo efeito do peso e da velocidade, ou seja, quanto maior o desnível da água maior a corrente elétrica gerada (MCINTYR, 1983). A Figura 3 demonstra alguns tipos de rodas hidráulicas

Figura 3: Tipos de roda d'água, (a) com alimentação superior, (b) com alimentação inferior e (c) com alimentação a meia altura



Fontes: QUANTZ, 1961, p.47, p48; MCINTYR, 1983, p.355.

A Tabela 2 contém dados sobre os principais modelos de rodas d'água, fazendo relação entre o desempenho de cada uma, mostrando as vantagens e as desvantagens.

Tabela 2 – Demonstração das dimensões e desempenho típico das rodas hidráulicas.

Tipos de roda	Diâmetro [m]	Rotação [rpm]	Va- zão	Queda [m]	Potência [kW]	Rendimento
Superior	3,5 - 8,5	4 - 8	< 1	4,0 - 10,0	< (24-80)	0,60-0,80
Acima do eixo	4,5 - 8,5	4 - 8	< 1	2,5 - 6,0	< (15-50)	0,60-0,80
Altura do eixo	5,0 - 8,5	3 - 7	< 2	1,5 - 5,0	< (20-85)	0,70-0,85
Inferior	2,0 - 6,0	2 - 6	< 3	0,4 - 1,5	< (6-30)	0,50-0,65

Fonte: MCINTYR, 1983, p.355.

Foi utilizada a roda d'água do tipo altura do eixo por demonstrar vantagens na construção e na geração de energia elétrica.

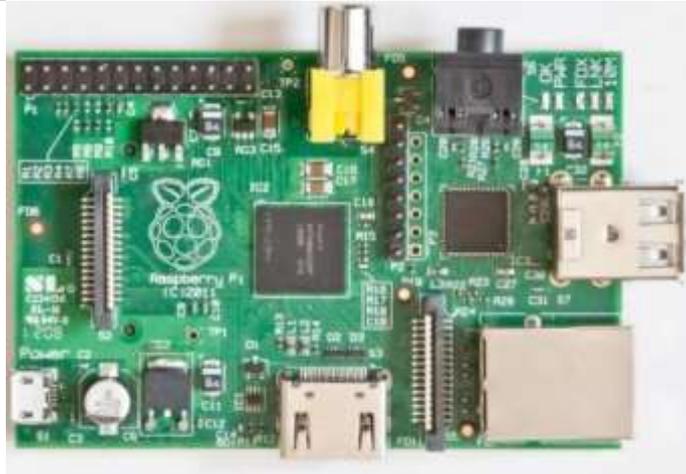
2.3 Características das lâmpadas

As lâmpadas são dispositivos usados para a iluminação de ambientes. Geralmente possui sua forma de bolbo ou de um cilindro alongado, onde é produzida luz artificial por combustão ou eletricamente por incandescência de um filamento, por descarga num gás rarefeito ou por fluorescência. (SIMÃO, 2008). Foram utilizados Led's e Lâmpadas para realização dos testes.

2.4 Raspberry PI

Apresentado por RICHARDSON, WALLACE (2013), Raspberry PI é um computador do tamanho de um cartão de crédito desenvolvido pela Fundação Raspberry PI que possui como principal objetivo de ensinar Ciências da Computação para alunos de qualquer idade e escolaridade. O Raspberry foi utilizado para realizar a coleta de dados da Energia, como, a Potência, a Corrente e a Tensão, onde os dados são enviados do Arduino para o Raspberry que recebe os dados e guarda na base de dados através de uma aplicação feita em Python que conecta transmite os dados da leitura do Arduino diretamente para a base de dados. A Figura 4 apresenta o Raspberry Pi utilizado no desenvolvimento do projeto.

Figura 4: Raspberry Pi



Fonte: <http://www.regaltribune.com/customizable-raspberry-pi-is-coming-out-soon/>

2.5 Módulo Relé para Arduino

Com o módulo Relé Arduino é possível controlar lâmpadas, motores, fechaduras e eletrodomésticos, sem queimar o micro controlador, desde que a corrente de operação não ultrapasse 10 A (THOMSEN, 2015). Como pode ser observado na Figura 5, no lado esquerdo superior os pinos JD- Vcc, Vcc e GND, que permitem que seja conectada uma fonte externa de 5V. Abaixo, os pinos GND, IN1 (aciona o relé 1), IN2 (aciona o relé 2), e o Vcc. Ao lado dos relés, os contatos NC (Normal Fechado), C (Comum), e NA (normal aberto). A Figura 5, a seguir, demonstra o Módulo Relé para Arduino.

Figura 5: Módulo Relé para Arduino



Fonte: <http://blog.filipeflop.com/modulos/controle-modulo-rele-arduino.html>

2.6 Módulo Bluetooth

Bluetooth é uma especificação industrial para a comunicação em curta distância de redes sem fio com um baixo custo e alta operabilidade (KOBAYASHI, 2004). Foi utilizado um módulo Bluetooth HC-06, que foi responsável pela comunicação do Arduino com o smartphone Android. Este sensor é capaz de alcançar distâncias maiores de 10 metros

dependendo do ambiente o do local que o mesmo está instalado. A Figura 6 a seguir, ilustra o módulo de conexão Bluetooth hc-06.

Figura 6: Modul HC-06.



Fonte: <http://www.eletrogate.com/pd-88ede-modulo-bluetooth-rs232-hc-06.html>

2.7 Conceitos e componentes elétricos

Foram utilizados alguns conceitos elétricos para que as leituras dos sensores retornassem os valores esperados, sendo que o objetivo principal foi a obtenção a potência elétrica de geração e de consumo. A expressão $E_{el} = Pot \cdot \Delta t$ representa a energia elétrica consumida ou fornecida em um intervalo de tempo Δt (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2008). Sendo que para calcular a potência foi utilizada a função $P = I \cdot E$, onde (P) é a Potência, (I) é a Corrente e (E) é a Tensão, como pode ser observado no exemplo abaixo.

$$P = I \cdot E \quad \rightarrow \quad P = 0,4 \cdot 127 \quad \rightarrow \quad P = 50,8 \text{ W.}$$

Para se obter o valor de consumo, houve a necessidade de se adequar o valor da potência obtida em Watts para Quilowatts onde $1\text{kW} = 10^3 \text{ W}$, em seguida foi possível obter o consumo como apresentado no exemplo logo abaixo.

Consumo = potência em kW * o número de horas * o número de dias.

$$C = 0,05 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 30 \text{ d} = 36,57 \text{ kWh, onde o resultado se dá em Quilowatts hora.}$$

2.7.1 Corrente elétrica contínua

É toda corrente elétrica de sentido e intensidade constantes com o tempo. Neste caso, a intensidade média de corrente i_m é a mesma em qualquer intervalo de tempo e igual à intensidade i em qualquer instante: $i_m = i$ (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2008). Para fazer as leituras da corrente de saída da rede elétrica e do alternador automotivo foi utilizado um sensor de corrente não invasivo, que é um tipo de sensor que faz leituras por ondas eletromagnéticas e um determinado intervalo de tempo, sem haver a necessidade de contato direto com o condutor elétrico, e este sensor é totalmente compatível com o dispositivo de prototipagem eletrônica Arduino, que é capaz de operar tanto com leituras

digitais como analógicas que é o caso do sensor SCT-013 com amperagem máxima de 50 A. A Figura 7 apresenta o sensor de corrente elétrica não invasivo utilizado no projeto.

Figura 7: Modulo SCT013.



Fonte: <https://www.marinostore.com/sensores/189-sensor-de-corrente-nao-invasivo-10a-sct-013.html>

2.7.2 Corrente elétrica alternada

Para identificar qual a tensão de rede elétrica e do alternador foi utilizado um sensor que faz leituras da rede elétrica com objetivo de retornar a tensão. O sensor recebe a energia e em seguida o capacitor acoplado no mesmo é energizado possibilitando a ligação analógica entre o sensor e o Arduino. A única objeção de operação do sensor é que a corrente elétrica seja alternada, que é toda corrente elétrica que muda periodicamente de sentido e intensidade (RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO, 2008). A Figura 8 apresenta o sensor de tensão utilizado no projeto.

Figura 8: Modulo P8 – Sensor de Tensão AC.



Fonte: <http://gbkrobotics.com.br/index.php/2016/04/01/conhecendo-o-p8-sensor-de-tensao-ac/>

2.7.3 Alternador

O Alternador é uma máquina geralmente utilizada em automóveis geradores e usinas hidroelétricas, e sua função é transformar energia mecânica em elétrica, produzindo corrente alternada induzida por campo magnético. Para que a tensão gerada pelo alternador seja constante está inserido no alternador um regulador de tensão (CASTRO, 1991). Este regulador é um dos componentes do alternador que possibilitou seu uso, já que a rotação nas

rodas d'água geralmente sofrem algumas variações. A Figura 9 traz o alternador usado no projeto.

Figura 9: Alternador Automotivo utilizado.



Fonte: Autores

2.8 Linguagem de programação PHP

O PHP é uma linguagem WEB para criação de páginas dinâmicas que no início era utilizado por seu criador Rasmus para criar uma forma de monitorar seu currículo online dinamicamente. (DALL'OGGIO, 2007). Desta forma foram aplicadas algumas técnicas demonstradas pelo autor, com objetivo de aprimorar o Aplicativo Web.

2.9 Banco de Dados MySQL

O MySQL é um banco de dados muito utilizado no mercado por ser completo, compatível com diversas plataformas além de ser robusto e muito rápido. Uma de suas principais características positivas é a licença livre tanto para desenvolvimentos acadêmicos quanto para meios profissionais (MILANI, 2006). Para modelar e criar o banco de dados utilizou-se técnicas e conceitos demonstrados pelo autor.

2.10 Ambiente de desenvolvimento App inventor

O App inventor é uma ferramenta muito utilizada para desenvolvimentos de aplicativos Android de forma rápida e simples, é uma plataforma web com código aberto. Essa plataforma permite que pessoas com conhecimentos básicos de programação criem aplicativos baseados no sistema operacional Android OS (GOMEZ, SOUZA, 2014). Está

presente no sistema um aplicativo para sistema operacional Android, desenvolvido utilizando o ambiente App inventor.

2.11 Modelagem UML

A linguagem de Modelagem Unificada (UML) é uma linguagem visual muito utilizada por profissionais da área de T.I para modelar sistemas computacionais orientados a objeto que se consagrou como a linguagem padrão de modelagem adotada pela indústria de engenharia de software (GUEDES, 2014). Para modelar as funcionalidades do sistema foi utilizado o diagrama de casos de uso, que é um diagrama da linguagem UML muito utilizado para representar as funcionalidades de um software. Os diagramas foram criados seguindo os métodos e técnicas apresentados pelo autor.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento completo do sistema Field, foi utilizado: uma mini roda d'água, um Arduino, um Raspberry Pi, um smartphone com Sistema Operacional Android, sensores elétricos e um Alternador Automotivo. No que se refere ao software, foi utilizado a Linguagem de programação C para funcionamento do Arduino, além das linguagens PHP e Python para a coleta de dados realizada pelo Raspberry. A ferramenta App inventor foi utilizada para o desenvolvimento do aplicativo Android e o banco de dados Mysql, responsável pelo armazenamento e consultas dos dados obtidos, além do CoreIDRAW, CSS e o Framework Bootstrap para a confecção e organização dos componentes visuais.

O uso do microcontrolador Arduino se justifica pela sua eficiência para projetos de automação de porte pequeno, bem como pelo seu baixo custo e oferecimento de um ambiente de desenvolvimento próprio e compatível com diversos sistemas operacionais disponíveis no mercado. O uso do ambiente de desenvolvimento App inventor para Sistema Operacional Android, se justifica por ser bastante amigável, fácil e produtivo, além de ser compatível com o Arduino e com módulo Bluetooth utilizado para realizar a conexão entre o smartphone Android e o Arduino. O minicomputador Raspberry PI 3 foi utilizado realizar o controle dos dados, sendo tais leituras realizadas pelos sensores conectados ao Arduino, possibilitando a integração do sistema através do Aplicativo Android. Foi desenvolvido também um sistema Web presente no Raspberry, sendo um equipamento de baixo custo e muito eficiente para a pesquisa proposta. Para o desenvolvimento do Sistema Field foram

consultados livros, sites, tutoriais que forneceram informações referentes aos softwares, hardwares e dispositivos que foram utilizados.

Tabela 3 - Etapas utilizadas para o desenvolvimento do sistema Field

ID	Etapas
1	Coleta de dados no local;
2	Levantamento de requisitos;
3	Levantamento de custos;
4	Testes no sistema de geração de energia;
5	Confecção do aplicativo Android;
6	Testes com o aplicativo;
7	Mapeamento dos circuitos;
8	Montagem dos circuitos;
9	Testes em Corrente elétrica 110 e 220 volts;
10	Criação do Aplicativo WEB;
11	Integração dos componentes;
12	Testes com os dispositivos;
13	Correção de erros e melhorias.

Fonte: Autores

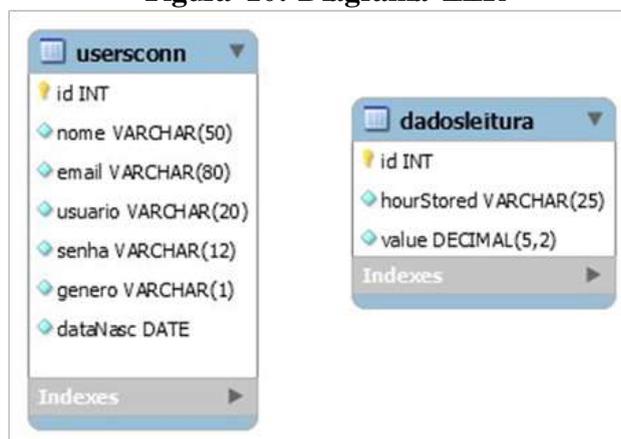
3.1 Modelagem do Sistema

Neste capítulo foi tratada a modelagem do banco de dados e as funcionalidades do sistema.

3.1.1 Diagrama EER

O diagrama de Entidade-Relacionamento Estendido foi desenvolvido para modelar inicialmente a base de dados do sistema, sendo que o mesmo possui duas tabelas, uma responsável pela conexão do usuário ao sistema e a outra pelo cadastro das leituras realizadas pelo sensor instalado no Arduino. A Figura 10 apresenta o diagrama EER.

Figura 10: Diagrama EER

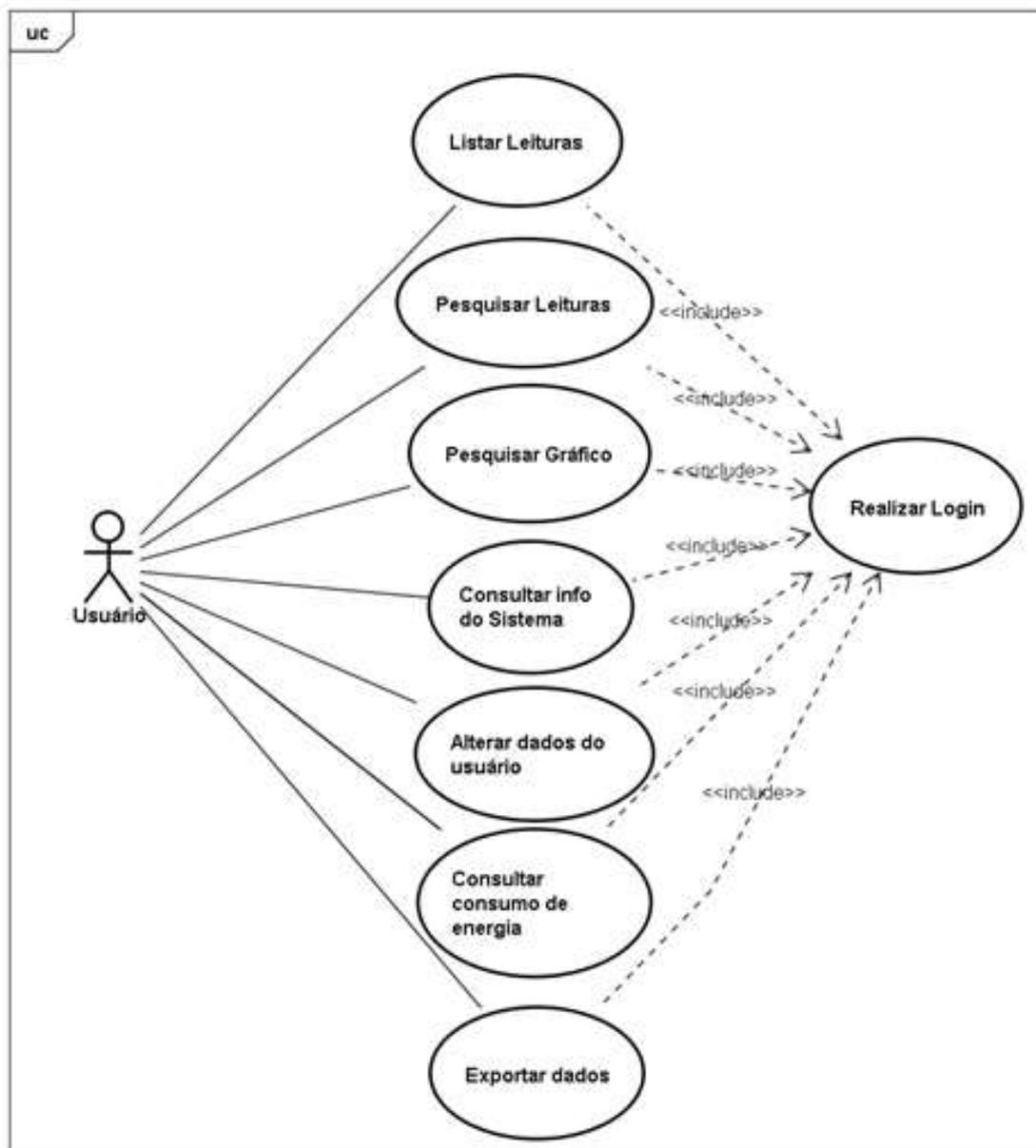


Fonte: Autores

3.1.2 Diagrama de Casos de uso

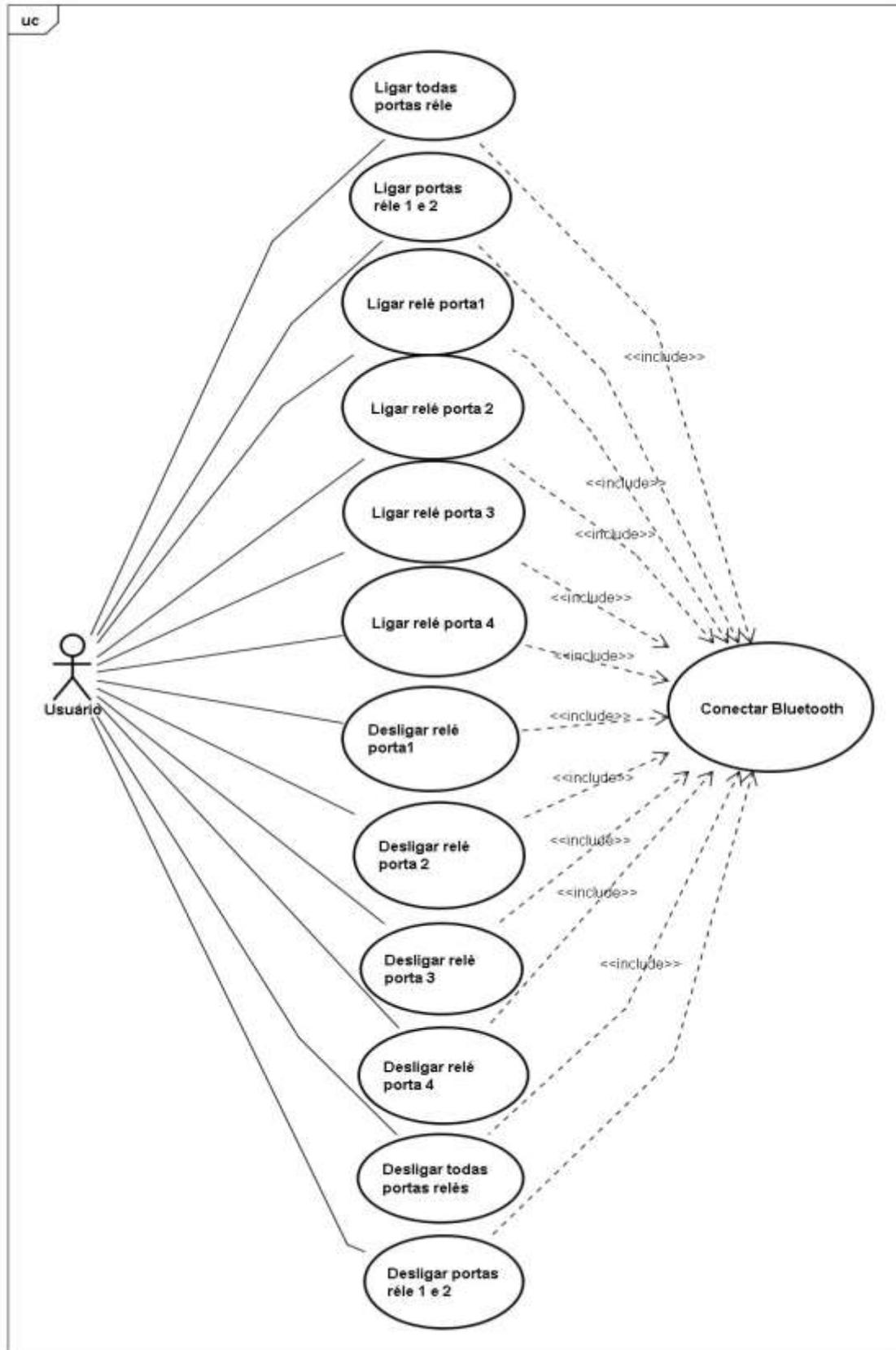
Com base nas informações iniciais do sistema, foram construídos dois diagramas de casos de uso para que fosse observado quais seriam as funcionalidades implementadas no aplicativo mobile e na aplicação web, possibilitando a visualização inicial das funcionalidades. A Figura 11 representa o diagrama de casos de uso da aplicação web e a Figura 12 representa o diagrama de casos de uso do aplicativo Android.

Figura 11: Diagrama de Casos de uso da aplicação web.



Fonte: Autores

Figura 12: Diagrama de Casos de uso do aplicativo mobile.



Fonte: Autores

3.2 Aplicativo Android

A escolha pela confecção de um aplicativo Android se deu pelo fato de ser um sistema operacional totalmente gratuito, onde foi possível localizar diversas informações em livros e fóruns. A aplicação foi desenvolvida no ambiente de desenvolvimento online APP Inventor 2, que permite de forma rápida o desenvolvimento de aplicações para Android integradas ao micro controlador Arduino, além de possibilitar o desenvolvimento de aplicações utilizando a tecnologia de conexão Bluetooth, que foi utilizada para conectar o Arduino ao Aplicativo Android. A Figura 13 demonstra a interface do Aplicativo Android.

Figura 13: Protótipo do Aplicativo mobile Field.



Fonte: Autores

Conforme se observa na Figura 13, o aplicativo teve a proposta de utilizar uma interface limpa, e de fácil utilização, com objetivo de facilitar a interação do usuário com o mesmo.

3.3 Aplicativo Web

Para a construção da Aplicação WEB foi utilizada como base a linguagem PHP que é uma linguagem dinâmica e muito eficiente para construção de páginas que necessitam de interação com Banco de dados e Web Services, além de ser uma ferramenta gratuita.

A principal motivação para a utilização de uma aplicação web, se deu pela compatibilidade com os dispositivos utilizados, além de que as páginas podem ser acessadas facilmente, pois são compatíveis com as diversas tecnologias disponíveis no mercado. O aplicativo é composto por páginas dinâmicas criadas na linguagem PHP, que foram projetadas para interagir e manipular os dados que estão armazenados na base de dados, além de oferecer informações para o usuário sobre as tecnologias e dispositivos utilizados durante o desenvolvimento do sistema.

Para que as páginas ficassem responsivas e estilizadas foi utilizado o framework para páginas Web Bootstrap que permite que as páginas fiquem bem organizadas e com layouts e grids responsivos, além de oferecer templates e componentes gratuitos.

Foi utilizado a Linguagem CSS que permite uma edição personalizada dos componentes visuais das páginas WEB, além de ser totalmente gratuita a linguagem é fácil de ser implementada e compreendida. As Figuras 14, 15 e 16, demonstram algumas páginas que estão presente na aplicação.

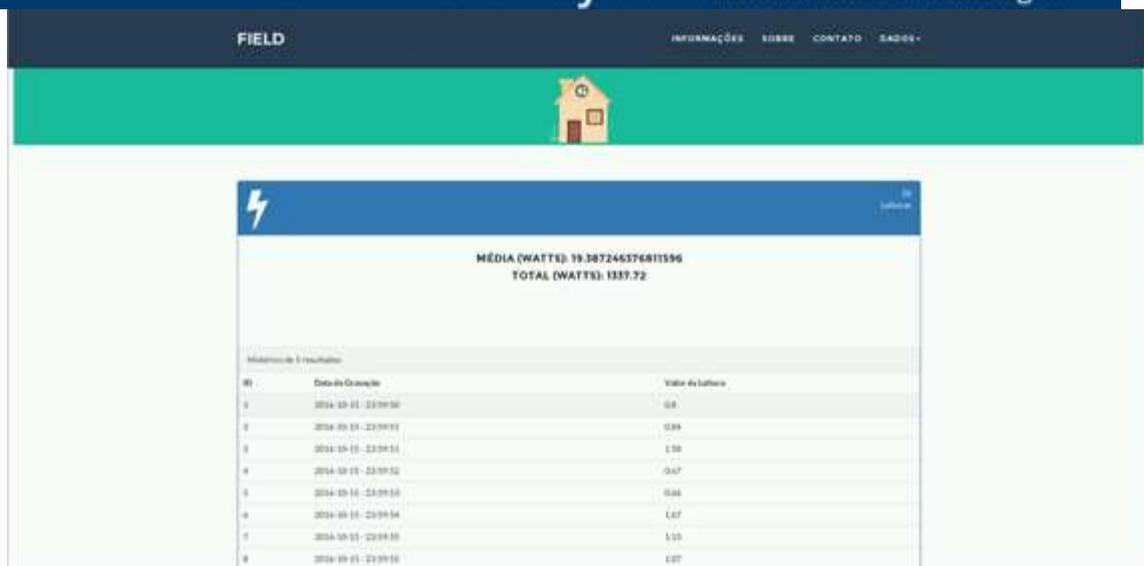
Figura 14: Página inicial da aplicação web.



Fonte: Autores

A Figura 14 representa a página inicial da aplicação web, onde estão disponíveis as informações das tecnologias e utilizadas no sistema, além de algumas informações relacionadas a energia e a tecnologia da informação.

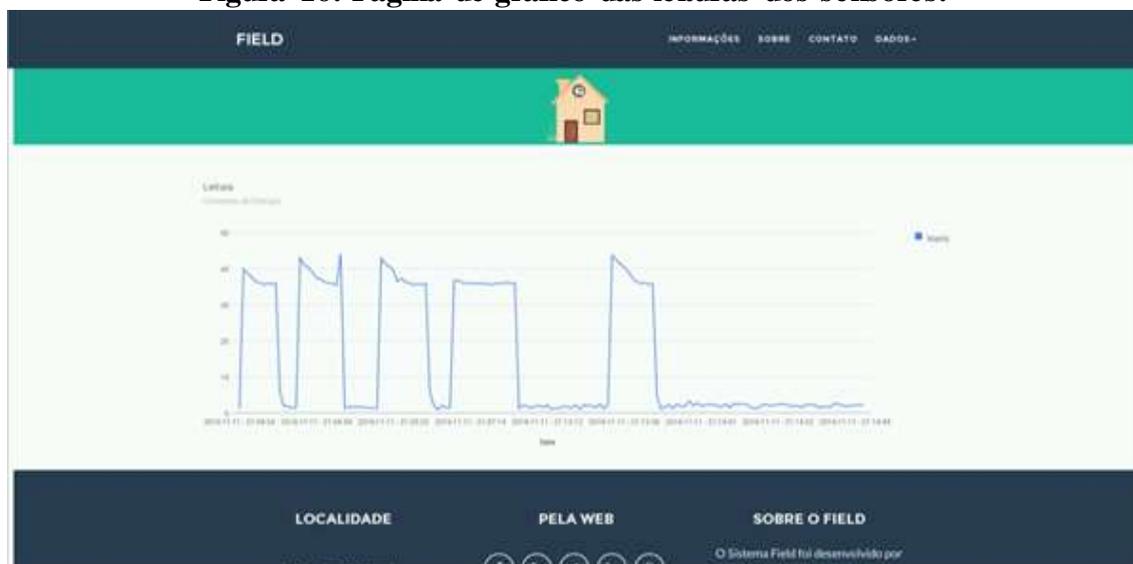
Figura 15: Página de Consulta das leituras dos sensores.



Fonte: Autores

A Figura 15 demonstra a página de consulta as leituras de consumo e geração de energia elétrica. Está presente na página a exibição da média de consumo, e total consumido durante o período total ou pesquisado.

Figura 16: Página de gráfico das leituras dos sensores.



Fonte: Autores

A Figura 16 representa a página de gráfico do sistema Field, onde o usuário pode ver detalhadamente o consumo em cada momento do dia ou do período total.

3.4 Ferramentas

A Figura 17 abaixo demonstra quais ferramentas foram utilizadas na produção do sistema, sendo que foram divididas em grupos, onde esses grupos representam cada área específica.

Figura 17: Ferramentas utilizadas.



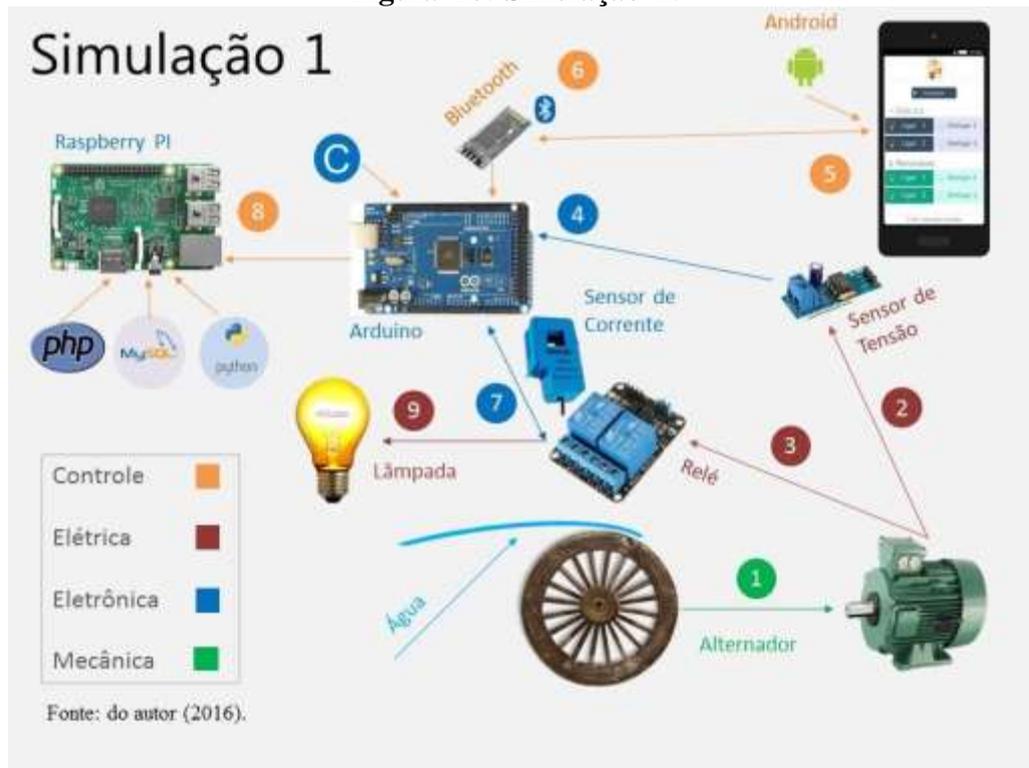
Fonte: Autores

3.5 Sistema de Geração de Energia e Conexões

Foi utilizado o sistema de geração de energia em roda d'água que é um tipo de energia renovável e limpa que consiste em uma roda giratória acionada pelo escoamento de água, onde foi conectado um eixo na sua parte central, em seguida foram adicionadas uma polia e uma correia que foram responsáveis por transmitir a rotação da roda d'água para o alternador que converte este trabalho mecânico em energia elétrica alternada, possibilitando a utilização de componentes elétricos de até 15 v nessa saída do mesmo, além de existir a possibilidade da adição de uma bateria ou gerador para armazenar esta energia. Com o sistema de geração ativo foi possível conectar o Arduino com seu respectivo circuito no mesmo, possibilitando o controle da energia através do aplicativo Android pela conexão bluetooth e o sensor integrado ao circuito eletrônico do Arduino que recebe o pareamento da conexão. Após concluir esta etapa foi possível realizar a integração com o aplicativo WEB

presente no Raspberry PI. Na ausência do sistema de geração de energia é possível utilizar a energia elétrica comum, com limite de tensão de 220 v e corrente de 10 A. As Figuras 18 e 19 logo abaixo demonstram respectivamente o esquema utilizado para realizar a confecção do sistema de geração de energia e o esquema construído para utilização em corrente elétrica 110 e 220 V.

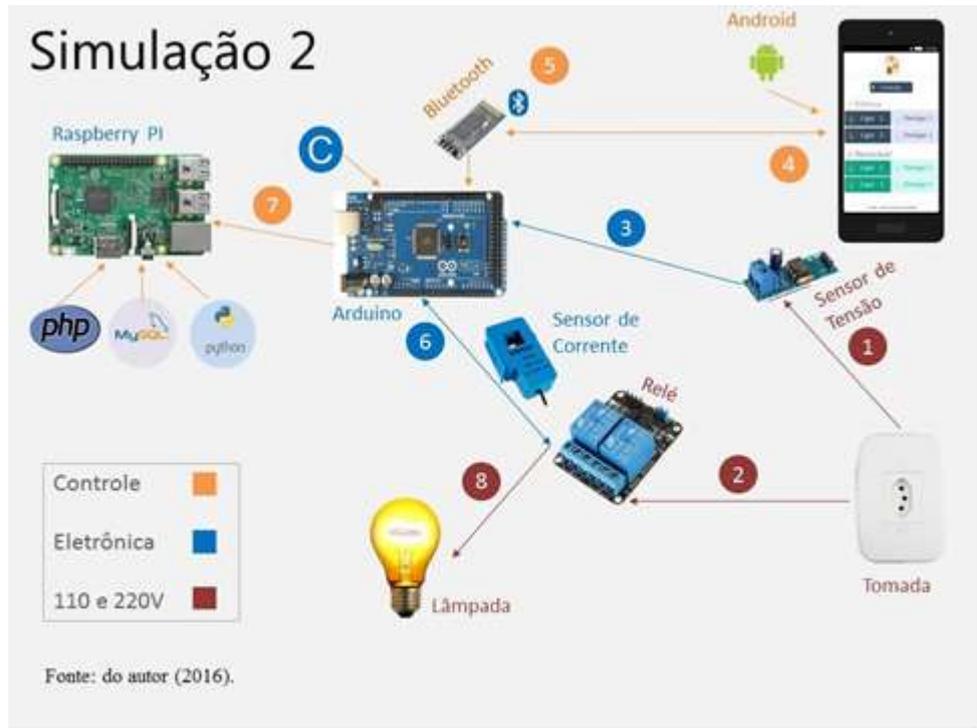
Figura 18: Simulação 1.



Fonte: Autores.

Com base na Figura 18, foi possível determinar as etapas utilizadas para realizar a integração física dos componentes utilizados para desenvolver o sistema, sendo que este esquema é para integração com o sistema de geração de energia hidráulica em roda d'água.

Figura 19: Simulação 2, em tensão 110 e 220v.



Fonte: Autores

Com base na Figura 19, foi possível determinar as etapas utilizadas para integrar o sistema Field a rede elétrica de até 220 volts e 10 amperes de corrente. A Figura 20 a seguir demonstra a bancada montada para aplicar os testes com o sistema de geração de energia e com a corrente elétrica de 110 e 220 volts.

Figura 20: Bancada de testes.



Fonte: Autores

Com a utilização da bancada foi possível realizar diversos testes, o que facilitou para a obtenção dos resultados.

3.6 Custos

Tabela 4 – Análise dos custos realizados durante o desenvolvimento do sistema.

Descrição	Quantidade	Custo R\$
Arduino mega	1	114,00
Raspberry pi 3	1	254,00
Módulo relé 4 canais	1	20,00
Sensor de Corrente não Invasivo	1	60,00
Sensor de Tensão 240V	1	15,00
Jumpers	15	5,00
Case para proteger os componentes	1	30,00
Resistores	2	1,00
Capacitor 20 v	1	2,50
Mini protoboard	2	4,00
Fio elétrico	5 metros	5,00
Plug fêmea	2	4,00
Plug macho	2	4,00
Lâmpadas	4	10,00
Total estimado		524,50

Fonte: Autores

Ao analisar os custos conforme demonstrado na tabela 4, foi possível relatar que os gastos com os equipamentos utilizados podem ser definidos na faixa de baixo a médio custo.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados esperados foram alcançados com êxito. Seguindo a metodologia do projeto, foi possível compreender o funcionamento do sistema de automação utilizando a integração entre diversos equipamentos, dispositivos motorizados, sistema de geração de energia em rodas d'água controlados e monitorados por micro controladores e um smartphone.

Foi possível construir uma mini roda d'água para testes de geração de energia, além de integrar a energia produzida pela roda d'água ao Arduino para controlar LEDs, lâmpadas e dispositivos de baixa corrente. Deste modo, foi possível gravar os dados gerados pelo sistema de automação no minicomputador Raspberry Pi para serem consultados quando necessário, sendo que o sistema automatizado também foi utilizado em corrente elétrica de 110 e 220 v demonstrando ser totalmente compatível durante os testes.

As maiores dificuldades encontradas foram relacionadas ao sistema de geração de energia, pois a roda d'água precisa ser bem projetada para que a rotação seja compatível com a velocidade mínima de rotação do alternador automotivo, além de que o alternador utilizado trabalha com tensões de até 20 v. Por outro lado, este problema pode ser resolvido utilizando geradores com maiores capacidades de armazenamento de energia e com tensão de operação superior a 20 v, sendo preservado a implementação inicial do sistema de roda d'água. Outro fator que dificultou o desenvolvimento foi a conversão das leituras analógicas feita pelos sensores em leituras digitais que são utilizadas no Raspberry, mas isso foi resolvido com uma conversão matemática que igualou os valores.

Em análise geral do sistema foi possível alcançar o objetivo proposto, e absorver novos conhecimentos relacionados a automação, eletrônica digital, eletrônica analógica, programação mobile, programação web, modelagem de banco de dados, modelagem uml e conceitos relacionados à energia elétrica e energias renováveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo dos anos a tecnologia a nossa volta vem evoluindo e sistemas e rotinas sendo automatizados, buscando com isso melhor adaptação ao ambiente. Em virtude de vários pontos positivos, foi possível desenvolver um sistema de automação que poderá beneficiar pessoas, dando a elas mais segurança, economia e comodidade. Os motivos básicos para a implementação do sistema, foi o fato de serem poucos os tipos existentes no mercado de monitoramento, e automação utilizando fontes de energias renováveis.

O desenvolvimento do sistema Field proporcionou o desafio de conhecer outras plataformas de programação, hardware, conceitos de mecânica, geração de energia, além de possibilitar a aplicação dos conceitos aprendidos durante o decorrer da faculdade.

O diferencial foi a integração do sistema de geração de energia produzido pela roda d'água e a automação proporcionada pelos micros controladores Arduino e Raspberry, possibilitando a automação em áreas rurais e urbanas utilizando energia renovável.

Por estes motivos ao realizar o desenvolvimento do sistema ficou evidente a viabilidade em relação ao benefício para o usuário e as necessidades de mercado na área de monitoramento de energia elétrica.

REFERÊNCIAS

BASCONCELLO FILHO, Daniel. **O Hardware do Arduino**. Disponível em: <http://www.robotizando.com.br/curso_arduino_hardware_pg1.php>. Acesso em: 01 de novembro de 2015.

BELUCO, Alexandre. **Viabilidade de Micro centrais Hidrelétricas Baseadas no emprego de equipamentos de mercado**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13835/000211603.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 04 de novembro de 2015.

DALL'OGGIO, Pablo. **PHP: Programando com orientação a objetos**. São Paulo: Novatec Editora, 2007. 574p.

G. F. Lima. **Controle de temperatura de um sistema de baixo custo utilizando a placa Arduino**. Disponível em <http://docente.ifrn.edu.br/gustavolima/producao_cientifica/2013/congic/artigo-aprovado> Acesso em: 07 de maio de 2016.

GUEDES, Gilleanes T.A. **UML 2 Guia Prático**. São Paulo: Novatec, 2014. 192 p.

FONSECA, E.G.P.; BEPPU, M.M., **Apostila Arduino**, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2010.

FUENTES, R.C. **Apostila de Automação Industrial**. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/fuentes/index_arquivos/CA03.pdf> Acesso em 10 de maio de 2016.

KOBAYASHI, C.Y. **A tecnologia bluetooth e aplicações**. Disponível em: <http://grenoble.ime.usp.br/movel/monografia_bluetooth.pdf> Acesso em 30 de outubro de 2016.

MARTINS REBESCHINI, Sauro. **Sistema de segurança por câmeras e sensores controlados por dispositivo remoto**. 2012. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA/Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis - IMESA, São Paulo, Assis, 2012.

MCINTYRE, AJ. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara 2, 1987. 782p.

MCINTYRE, AJ. **Maquinas motrizes hidráulicas**. Rio de Janeiro: Guanabara 2, 1983.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011. 453 p.

MIGUEL DE CASTRO. **Manual do Alternador, Bateria e Motor de Arranque**, Plátano Edições Técnicas, Portugal, 1991.

MILANI, André. **Mysql guia do programador**. São Paulo: Novatec editora: 2006.

MOLINA, Walter. **Roda d'água – Motor Hidráulico de Gravidade**. Disponível em: [em:<http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Molina/LEB_466/Roda_dagua.pdf>](http://www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Molina/LEB_466/Roda_dagua.pdf). Acesso em: 05 de novembro de 2015.

QUANTZ, L. **Motores hidráulicos**. 5.ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1961. 232p.

RAMALHO; NICOLAU; TOLEDO. **Fundamentos da Física**. 9.ed. Moderna: 2008.

SIMÃO, Wilson. **Lâmpada**. Disponível em: [<http://www.dicionarioinformal.com.br/l%C3%A2mpada>](http://www.dicionarioinformal.com.br/l%C3%A2mpada). Acesso em: 29 de Outubro de 2015

THOMSEN, Adilson. **Controle de Módulo Relé com Arduino**. Disponível em: [<http://blog.filipeflop.com/modulos/controle-modulo-rele-arduino.html>](http://blog.filipeflop.com/modulos/controle-modulo-rele-arduino.html) Acesso em: 10 de maio de 2016.