

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**THIAGO MATOS LEÃO LUZ**  
**WILLIAN WIECZOREK**

**MONITORAMENTO DE INTERRUPÇÕES NO FORNECIMENTO DE**  
**ENERGIA ELÉTRICA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PONTA GROSSA**

**2015**

**THIAGO MATOS LEÃO LUZ**  
**WILLIAN WIECZOREK**

**MONITORAMENTO DE INTERRUPÇÕES NO FORNECIMENTO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título Tecnólogo em Automação Industrial, do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Msc. Julio Cesar Guimarães

Coorientador: Prof. Msc. Fábio Junio Alves Batista

**PONTA GROSSA**

**2015**

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** (elemento obrigatório somente para teses e dissertações) a ser solicitada ao Departamento de Biblioteca da UTFPR e posteriormente impressa no verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço destinado a elaboração da ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR.



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

### MONITORAMENTO DE INTERRUPÇÕES NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

por

Thiago Matos Leão Luz  
Willian Wieczorek

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 16 de julho de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Msc. Julio Cesar Guimarães  
Prof. Orientador

---

Prof. Msc. Fábio Junio Alves Batista  
Prof. Coorientador

---

Prof. Msc. Edson Luiz Salgado Silva (UTFPR)  
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

Dedicamos este trabalho a Deus que nos  
proporciona a vida, e aos nossos  
familiares, pelo apoio e compreensão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo Dom de minha vida e por todas as graças e forças necessárias que recebo a cada dia.

Aos meus pais Mario e Roseli, pelo apoio e amor que me concedem a cada dia e por todos os incentivos necessários durante todo este período de minha vida.

À minha irmã Marielen, meu cunhado Diogo e minha sobrinha Lívia, por todo incentivo e motivação que sempre me deram.

A todos os meus amigos e amigas que sempre estiveram comigo nos momentos bons e também nos momentos difíceis.

Willian Wieczorek

A Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades.

Agradeço a minha mãe Tania, heroína que me deu apoio, incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço.

A minha avó Joana que apesar de todas as dificuldades me fortaleceu e que para mim foi muito importante.

A meus primos e tias pelo apoio e contribuição valiosa.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presente em minha vida pessoal e profissional.

Thiago Matos Leão Luz

A todos os professores do Departamento de Eletrônica pelos conhecimentos transmitidos.

## RESUMO

**LUZ, Thiago Matos Leão, WIECZOREK, Willian. Monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica.** 2015. 44 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso de Tecnologia em Automação Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

O objetivo do presente trabalho é realizar um estudo referente ao monitoramento das interrupções no fornecimento de energia elétrica, permitindo que possamos monitorar remotamente estas interrupções. Veremos inicialmente os elementos utilizados para a realização deste trabalho e os componentes necessários para realizar este monitoramento. Em seguida, será apresentado a montagem, o funcionamento dos componentes e a programação necessária para o êxito deste projeto. Por fim, apresentaremos os resultados alcançados e benefícios obtidos.

**Palavras-chave:** Monitoramento, Energia elétrica, Interrupções.

## **ABSTRACT**

**LUZ, Thiago Matos Leão, WIECZOREK, Willian.** Monitoring interruptions in electricity supply. 2015. 44 sheets. Labor Course Completion Technology in Industrial Automation - Federal Technological University of Paraná. Ponta Grossa, 2015.

The objective of this study is to conduct a study regarding the monitoring of interruptions in electricity supply, enabling us to remotely monitor these interruptions. Initially we will see the data used for this work and the necessary components to carry out this monitoring. Then the assembly will be presented, the operation of the components and the necessary programming to the success of this project. Finally, we present the results and benefits obtained.

**Keywords:** Monitoring, Electricity, Interrupts.



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/D	Analógico Digital
API	<i>Application Programming Interface</i> ou <i>Interface de Programação de Aplicativos</i>
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
CPUs	<i>Central Processing Unit</i>
DRAM	<i>Dynamic Random Access Memory</i>
GPU	<i>Processing Unit</i> ou Unidade de Processamento Gráfico
HDMI	<i>High Definition Multimedia Interface</i>
I/O	<i>Input/Output</i> ou Entrada/Saída
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IHM	Interface Homem Máquina
IP	<i>Internet Protocol</i> ou Protocolo de Internet
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MIPS	<i>Microprocessor without interlocked pipeline stages</i>
pH	Potencial Hidrogeniônico
RAM	<i>Random Access Memory.</i>
RISC	<i>Reduced Instruction Set Computer</i>
SCT	<i>Slipt-core current transformer</i>
Txt	Aarquivos de texto
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VNC	<i>Virtual Network Computing</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\mu\text{F}$	Micro Farad
A	Ampère
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Continua
D	Diodo
$\text{K}\Omega$	Quilo ohm
mA	Miliampère
Mm	Milímetro
mV	Milivolt
R	Resistor
T	Transformador
V	Volt
VA	Volt Ampère
VAC	Volt Corrente alternada
VDC	Volt Corrente Continua
Vrms	<i>Volts Root Mean Square</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Sensor YHDC SCT-013. ....	20
Figura 2: Plataforma de desenvolvimento pcDuino. ....	23
Figura 3: Diagrama do <i>hardware</i> pcDuino.....	24
Figura 4: Diagrama mostrando a ligação do <i>hardware</i> .....	26
Figura 5: Ligação dos sensores no pcDuino realizando a leitura da energia elétrica. .....	27
Figura 6: Diagrama de comunicação geral entre <i>hardware</i> e <i>software</i> . ....	28
Figura 7: Diagrama de blocos mostrando as etapas do processo de leitura dos sensores até a apresentação dos resultados. ....	29
Figura 8: Circuito utilizado para leitura de corrente elétrica. ....	29
Figura 9: Circuito utilizado para leitura de tensão elétrica.....	30
Figura 10: Gráfico da leitura das correntes reais e sinal de entrada do pino 4.....	31
Figura 11: Gráfico da leitura da tensão da rede elétrica e sinal de entrada do pino 5. .....	32
Figura 12: Tensão da rede elétrica apresentada no voltímetro e tensão calibrada apresentada no terminal do Linux. ....	34
Figura 13: Arquivo de texto com a gravação das leituras dos sensores. ....	34
Figura 14: Etapas da apresentação dos resultados da leitura dos sensores. ....	35
Figura 15: Sistema de monitoramento ScadaBR. ....	36
Figura 16: 1- Estatísticas, 2- histórico e 3- mensagens de usuário demonstrado no supervisório ScadaBR.....	37
Figura 17: Histórico dos eventos do sistema.....	38
Figura 18: Gráfico da leitura da corrente elétrica em um intervalo de tempo de 10 minutos.....	39
Figura 19: Gráfico da leitura da tensão elétrica em um intervalo de tempo de 5 minutos.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características técnicas do adaptador. ....	20
Tabela 2: Leitura das correntes reais e sinal de entrada do pino 5. ....	31
Tabela 3: Leitura da tensão da rede elétrica e sinal de entrada do pino 4. ....	32

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Programação da leitura dos sensores.....	33
--	----

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 TEMA DA PESQUISA.....	14
1.1.1 Delimitação do tema .....	14
1.2 PROBLEMA .....	15
1.3 HIPÓTESE.....	15
1.4 OBJETIVOS.....	15
1.4.1 Objetivo Geral.....	15
1.4.2 Objetivo Específico .....	15
1.5 JUSTIFICATIVA.....	16
1.6 MÉTODO DA PESQUISA .....	16
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>18</b>
2.1 ENERGIA ELÉTRICA .....	18
2.2 QUALIDADE NA ENERGIA ELÉTRICA.....	18
2.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO .....	19
2.4 SISTEMA EMBARCADO E ARQUITETURA ARM .....	20
2.5 PCDUINO .....	22
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....</b>	<b>25</b>
3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO.....	25
3.2 HARDWARE PCDUINO.....	26
3.3 SOFTWARE DESENVOLVIDO .....	28
3.3.1 Leitura dos Sensores .....	29
3.3.2 Conversão dos dados .....	30
3.4 INTERFACE DO SISTEMA.....	35
3.4.1 Sistema de inicialização de monitoramento .....	35
3.4.2 Interface gráfica .....	36
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>38</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
5.1 TRABALHOS FUTUROS .....	40
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>41</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é um fenômeno físico que tem como objeto o estudo nos fenômenos relacionados à eletrostática, eletrocinética e eletromagnetismo. Estes fenômenos relacionam-se com as cargas elétricas em repouso, e em movimento a relação entre a própria eletricidade e magnetismo. Para tal fenômeno, a eletricidade, utilizamos também medidas que nos ajudam a adentrar nestas grandezas. A medida pode ser compreendida como a comparação de uma grandeza com uma unidade padrão preestabelecida.

Com a medição correta da energia elétrica podem ser resolvidos problemas na pesquisa em geral e, principalmente, aqueles referentes ao controle, avaliação e processos industriais, pois requerem dentro de sua evolução, métodos sempre mais complexos que resultam num controle mais rígido das diversas fases do processamento. Assim surgem três problemas cujas soluções traduzem a finalidade da medição elétrica: o que medir, com que medir e como avaliar a medição (TORREIRA, 1990).

Um dos maiores desafios e também perigos da eletricidade é o fato de não podermos vê-la diretamente. Pode-se somente sentir seus efeitos, como a luz, o campo magnético e o calor. Assim, pode-se medir a corrente elétrica e a tensão elétrica através de sensores, e avaliar a qualidade da energia elétrica.

Os sensores são dispositivos eletroeletrônicos capazes de transformar as grandezas físicas, relacionadas ao tipo do próprio sensor, em sinais elétricos. Para medir corrente elétrica podem-se utilizar diversos tipos de sensores, como por exemplo: Sensor de efeito *Hall*, relé térmico (relé de sobrecarga), transformador de corrente. Para medir a tensão elétrica, utiliza-se, por exemplo: divisores de tensão resistivos e capacitivos ou transdutores de potência.

O conceito de qualidade na energia elétrica significa a busca por desenvolvimento de meios para erradicar ou minimizar problemas em dispositivos alimentados por fontes de energia. (ALDABÓ, 2001).

Para garantir a qualidade da energia elétrica, pode-se utilizar o sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é a utilização de sensores para a aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja contato direto entre eles. Os sensores seriam equipamentos capazes de coletar energias

provenientes do objeto, convertê-las em sinal passível de ser registrada e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações. (NOVO, 1998).

Essas informações analógicas, adquiridas através de sensores, podem ser convertidas por um controlador analógico-digital e registradas em plataformas de monitoramento, facilitando a leitura e análise dos dados.

Um controlador analógico trabalha com sinais contínuos no tempo. Mede-se a variável através de um sensor, sendo que este converte a grandeza física em um sinal elétrico, pneumático ou mecânico. Este sinal então é comparado com uma referência de mesma grandeza. Aplica-se então a diferença entre os dois sinais a um controlador que irá gerar um sinal contínuo, este será aplicado na entrada do processo a ser controlado. Já um controlador digital trabalha com sinais numéricos (digitais). Este controlador é implementado como um programa ou uma rotina a ser executada em um microprocessador ou microcontrolador.

## 1.1 TEMA DA PESQUISA

O presente trabalho propõe a aplicação de um sistema embarcado para a monitoração remota de interrupções no fornecimento de energia elétrica.

### 1.1.1 Delimitação do tema

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizada atualmente e na qual mais se adapta às necessidades do homem moderno. A demanda pela melhoria na qualidade dos serviços de energia elétrica cresce a cada dia, sendo que os consumidores exigem uma atuação pronta para estas melhorias.

O monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica é uma das maneiras de melhorar a qualidade dos serviços de energia elétrica. Uma forma de monitoramento é realizada por meio de um controlador, sensores de tensão e corrente elétrica com isso pode-se monitorar a qualidade da energia elétrica, sem necessidade de estar no local da medição desejada.



## 1.2 PROBLEMA

Falhas e interrupções no fornecimento de energia elétrica em uma repetidora de sinal *wireless*.

## 1.3 HIPÓTESE

A premissa a ser confirmada por este trabalho é o monitoramento da variação e a presença de energia elétrica a longa distância por meio de sensores, conectados a um sistema microcontrolador que disponha de comunicação *Ethernet*, utilizando recursos de baixo custo e *softwares* com licença livre.

## 1.4 OBJETIVOS

Nesta seção serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos do presente trabalho.

### 1.4.1 Objetivo Geral

Monitorar interrupções no fornecimento de energia elétrica em uma repetidora de sinal *wireless* por meio de sensores conectado uma placa de desenvolvimento com a plataforma ARM (*Advanced RISC Machines*).

### 1.4.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos são:

- Estudo sobre as plataformas que utilizam microcontroladores ARM.
- Estudo sobre a plataforma escolhida para monitorar o sistema.
- Estudo sobre os sensores para a plataforma de teste.
- Comunicar os sensores na plataforma ARM.
- Realizar a configuração do sistema.

- Desenvolver os programas.
- Simular sua aplicação de forma remota.
- Testes reais do monitoramento.

## 1.5 JUSTIFICATIVA

Com o monitoramento de interrupções de fornecimento de energia, pode-se melhorar a qualidade da energia elétrica. Através dos sensores de tensão elétrica e corrente elétrica ligados a um controlador, pode-se monitorar o fornecimento de energia elétrica para assim corrigir e realizar melhorias na mesma, observando as variações em um determinado período de tempo. Com esse monitoramento pode-se informar ao fornecedor as quedas e variações de energia, e justificar ao cliente os problemas apresentados no equipamento, resultantes destas interrupções.

O monitoramento remoto possui inúmeras vantagens no monitoramento de interrupções de energia elétrica. Podemos comparar medições em vários locais através de um único ponto de leitura desses dados. As informações adquiridas através de sensores podem ser convertidas por um controlador analógico-digital e registradas em plataformas de monitoramento, facilitando a leitura e análise.

## 1.6 MÉTODO DA PESQUISA

As pesquisas serão realizadas através de consultas bibliográficas específicas de eletrônica, eletricidade, controladores, sensores, medição de energia elétrica, consultas a manuais de equipamentos, artigos científicos, monografias, teses, simulações em *softwares*, arquivos da internet e experiências com o monitoramento remoto de energia elétrica.

## 1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento está organizado em 5 capítulos. O Capítulo 2 apresenta o embasamento teórico sobre a energia elétrica e a descrição dos componentes utilizados no sistema. O Capítulo 3 apresenta os passos para o desenvolvimento do

sistema. O Capítulo 4 mostra os resultados obtidos a partir da caracterização do sistema. E por fim, o Capítulo 5 relata as conclusões obtidas e trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este Capítulo está dividido da seguinte maneira: A seção 2.1 apresenta uma breve descrição sobre energia elétrica. A seção 2.2 trata sobre a qualidade na energia elétrica. A seção 2.3 aborda o sistema de monitoramento. A seção 2.4 trata do sistema embarcado utilizado e arquitetura ARM. Por fim, a seção 2.5 relata sobre o pcDuino.

### 2.1 ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica geralmente associa-se à circulação de cargas elétricas através de um campo elétrico, e é definida pelo produto entre a potência elétrica e o tempo pelo qual essa potência se desenvolve.

Considera-se a energia elétrica como um bem básico para o ser humano. Um sistema de energia elétrica divide-se em três etapas: geração, transmissão e distribuição. Para a geração da energia, utiliza-se combustível fóssil (carvão, óleo e gás natural), combustível nuclear ou hidrelétricas. Através dos sistemas de distribuição e transmissão, a energia gerada chega aos usuários consumidores. Na transmissão, uma grande quantidade de energia precisa ser transportada, através de linhas de transmissão em torres e condutores de grande capacidade, em longas distâncias até os centros de consumo de energia elétrica. A distribuição encarrega-se de rebaixar e distribuir a energia da transmissão para o consumidor individualizado. (ALBADÓ, 2001).

### 2.2 QUALIDADE NA ENERGIA ELÉTRICA

A qualidade na energia elétrica está associada ao desenvolvimento de meios que possam erradicar ou minimizar problemas em dispositivos e equipamentos alimentados por fontes de energia. A energia elétrica comercial pode, algumas vezes, ser fornecida com certas instabilidades, oscilações e surtos além dos limites operacionais dos sistemas. (ALBADÓ, 2001).

Normalmente, a maioria dos problemas relacionados com a qualidade na energia elétrica começam quando um equipamento, que está conectado à rede

elétrica, deixa de funcionar corretamente. Tais problemas devem ser tratados para evitar prejuízos materiais, assim como causar danos físicos às pessoas.

O monitoramento elétrico tem evoluído simplesmente para encontrar defeitos nos sinais elétricos, utilizado para inúmeras utilidades. Para que um sistema de monitoramento de energia possua uma adequada integração e facilidade de acesso às informações, são desejáveis quatro elementos: *hardware*, *software*, banco de dados e página na internet. (PARANHOS, 2007).

Primeiramente deve-se fazer uma pesquisa (estudo) para diagnosticar os problemas e suas causas quanto à qualidade na energia elétrica. Conhecer as condições locais é essencial para a resolução do problema, pois estas interferem de maneira expressiva na forma em que os sintomas se apresentam ao observador. Deve-se também saber escolher os instrumentos adequados de medida, pois sua correta instalação pode ser decisiva para detectar e quantificar o problema. E a correta interpretação dos dados vai depender diretamente dos meios de medição escolhidos, assim como são úteis modelos de simulação são úteis para validar e encontrar as soluções. (DECKMAN; POMILI, 1997).

### 2.3 SISTEMA DE MONITORAMENTO

O monitoramento das interrupções de energia elétrica pode ser realizado de inúmeras formas e com os mais variados componentes. Para o projeto abordado neste trabalho, utiliza-se uma plataforma pcDuíno, a qual será abordada nos próximos capítulos. Ligado a esta plataforma, utiliza-se um sensor de corrente não invasivo e um circuito composto de resistores e um capacitor.

Utilizou-se o sensor de corrente SCT-013 (*Slipt-core current transformer*), para a medição de corrente alternada que também é conhecido como transformador de corrente. Este sensor possui seu núcleo dividido, sendo muito indicado para o uso em alta tensão, pois não precisa ser realizada nenhuma intervenção técnica com fios desencapados ou expostos. É, portanto, chamado de sensor não invasivo. Na figura 1 o sensor SCT-013 está demonstrado.



**Figura 1: Sensor YHDC SCT-013.**  
**Fonte: YHDC (2013)**

O funcionamento deste sensor é feito por indução. Em sua base, ele possui um transformador com um enrolamento no primário e um enrolamento no secundário. No secundário, ele possui muitas voltas de fio fino e no primário, por sua vez, um enrolamento de poucas voltas de fio grosso. A corrente flui pelo primário e produz um campo magnético no núcleo, o que induz uma corrente no secundário. Na figura 2 estão demonstradas as características técnicas do sensor.

**Tabela 1: Características técnicas do adaptador.**

<b>Modelo</b>	<b>SCT – 013 -000</b>
Tamanho da abertura	13 mm x 13 mm
Corrente de entrada	0 – 100A
Relação de voltas	100A – 0.05A
Tensão de saída	0 – 50mV
Não linearidade	± 3 %
Número de voltas	2000
I <sub>RMS</sub>	100A

**Fonte: Adaptado de YHDC (2013)**

## 2.4 SISTEMA EMBARCADO E ARQUITETURA ARM

Um sistema embarcado consiste em um sistema microprocessado que realiza um conjunto de tarefas específicas, em ambientes computacionais

específicos. Nestes sistemas, o computador é encapsulado e dedicado ao dispositivo que controla. Esses dispositivos são constituídos pelos mesmos componentes que um computador pessoal possui, porém com tamanho e capacidade limitada. Além disso, por questões de segurança e usabilidade, alguns inclusive possuem restrições para computação em tempo real.

Os sistemas embarcados, em geral, possuem uma capacidade de processamento reduzida em comparação com computadores *desktops*. Utilizar microcontroladores gera muitas vantagens, pois eles já possuem diversos periféricos integrados no mesmo chip e estes periféricos executam tarefas específicas conforme foram programados.

Para o desenvolvimento de sistemas embarcados existe uma variedade de arquiteturas disponíveis, tais como: MIPS (*Microprocessor without interlocked pipeline stages*), ARM (*Advanced RISC Machine*), entre outras.

A arquitetura ARM (*Advanced RISC Machine*) apresenta os mesmos princípios de arquiteturas RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Desenvolvida pela empresa ARM *Limited* que não produz o microcontrolador, mas, sim o núcleo e licença para que outras empresas a utilizem em seus microcontroladores. Assim, vários são os fabricantes que utilizam este núcleo ARM.

No início da década de 80, os processadores ARM surgiram, especificamente nas universidades de Berkeley e Stanford. Entre 1983 e 1985 foi desenvolvido pela *Acorn Computer Ltd.* de *Cambridge* na Inglaterra o primeiro processador ARM. O mesmo foi denominado de *Acorn RISC Machine* (FURBER, 2000).

Após isso, a *Acorn Computer* fez parceria com a *Apple Computer* e *VLSI Technologies Inc.* e, em 1990, criou a ARM Ltd alterando a sigla ARM para *Advanced RISC Machine*.

Uma das principais características da arquitetura ARM é a utilização de um processador de 32 bits, pois o mesmo possui baixo consumo de energia e o núcleo tem tamanho reduzido.

A característica da família dos processadores ARM clássicos está em oferecer uma boa relação entre desempenho e eficiência energética. Dentro desta família destacam-se os processadores ARM7 (processador de propósito geral de baixo custo), ARM9 (processador de desempenho superior ao ARM7), ARM11 (processador com maior desempenho e um baixo custo). Já família Cortex é

composta por três arquiteturas de processadores diferentes. Possui os processadores Cortex-A (usados principalmente em aplicações com maior desempenho, sobretudo em dispositivos móveis com capacidade de acesso à internet, tais como *smartphones*), Cortex-R (processadores desenvolvidos especificamente para dispositivos embarcados que executam aplicações em tempo real; oferece um bom desempenho e baixo consumo de energia) e Cortex-M (processadores usados especialmente em microcontroladores, com comportamento altamente determinístico e eficiência energética) (FURBER, 2000).

Neste trabalho, a plataforma de desenvolvimento utilizada possui um processador ARM Cortex-A da família Cortex.

A família Cortex-A se destaca pela produção de processadores voltados para aplicações embarcadas e que utilizam um sistema operacional mais aprimorado. Em destaque nessa família tem-se o processador Cortex-A8 que possui duas unidades de processamento (*dual-issue*) e está baseado na arquitetura ARMv7 e tem a capacidade de processamento de 600MHz a 1GHz.

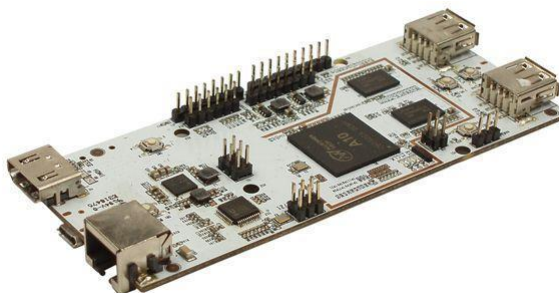
A eletrônica tem evoluído muito e, através da evolução das arquiteturas de sistemas embarcados e da informática, os computadores foram diminuindo cada vez mais seu tamanho físico, no entanto, seu poder de processamento ficou mais poderoso, podendo contar com distribuições como exemplo o Linux operando no microcontrolador.

Em nosso mercado atual, existem plataformas dedicadas ao aprendizado e ao desenvolvimento de projetos, as quais utilizam este tipo de arquitetura tais como: Raspberry (MONK, 2013) (RICHARDSON, 2013) (UPTON, 2013), pcDuino (PCDUINO, 2013) que é a arquitetura usada neste trabalho, entre outras.

## 2.5 PCDUINO

O pcDuino é uma plataforma que apresenta os benefícios de um minicomputador baseado em núcleo ARM e funcionalidades Arduino (MONK, 2013). Dessa junção PC+ Arduino se deu o nome de pcDuino. Uma vantagem do pcDuino (figura 2) é possuir características de um computador possibilitando a configuração dos pinos de entrada/saída.





**Figura 2: Plataforma de desenvolvimento pcDuino.**  
**Fonte: pcDuino (2013).**

O pcDuino dispõe 14 pinos podendo ser configurados como entradas ou saídas digitais, essa plataforma também possui seis pinos configuráveis como conversor A/D (analógico/digital).

A programação desses pinos pode ser realizada na própria plataforma por meio do aplicativo Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), instalado na distribuição Linux.

Entre as características do pcDuino pode-se citar a sua robustez, possuindo todos os seus componentes em uma única plataforma. Além disso, o pcDuino trabalha com distribuições Linux, com interface gráfica, sendo possível visualização por meio de um monitor com que possua uma entrada de vídeo HDMI outra forma de visualização da tela gráfica e a comunicação *Ethernet* usando cabo de rede e um outro microcomputador. O pcDuino possui o *software* Arduino IDE, para configuração de seus pinos I/O.

O pcDuino v1 possui uma porta HDMI que permite conexão a qualquer monitor ou televisão que possua a mesma porta. A porta USB permite que vários periféricos sejam conectados à placa. Por exemplo, pode-se utilizar teclado, mouse e vários outros dispositivos USB. Da mesma maneira, a porta Micro USB fornece mais opcionais. Pode-se também adicionar memórias de até 32 GB através do Slot MicroSD.

Em se tratando de *hardware*, o pcDuino possui as seguintes configurações (pcDuino, 2013):

- CPU 1GHz ARMv7 Cortex A8 Single Core.
- API (*Application Programming Interface* ou Interface de Programação de Aplicativos).
- GPU (*Processing Unit*, ou Unidade de Processamento Gráfico) OpenGL ES2.0, OpenVG 1.1 Mali 400 core.

- 1GB DRAM.
- Armazenamento *Onboard*: 4GB *Flash*.
- Cartão de memória com capacidade de extensão até 32GB.
- Saída de vídeo HDMI.
- Conexão *Ethernet* RJ45.
- Alimentação: 2A, 5VDC.
- Sistema Operacional Linux 3.0 + Ubuntu 12.04 Android ICS 4.0

A plataforma pcDuino possui 6 canais A/D denominados como A0, A1, A2, A3, A4 e A5. A tensão de entrada máxima em A0 e A1 é 2 V e 3.3 V para A2 ~ A5. Dessa maneira, A0 e A1 tem uma resolução de 6 bits e pode cair entre 0 e 63 amostras de um nível de sinal (0 a 2 V). Os outros pinos têm uma resolução de 12 bits e, assim, retornar valores entre 0 e 4095 amostras (0 ~ 3.3 V).

A Figura 3 mostra um diagrama dos conectores da plataforma pcDuino.

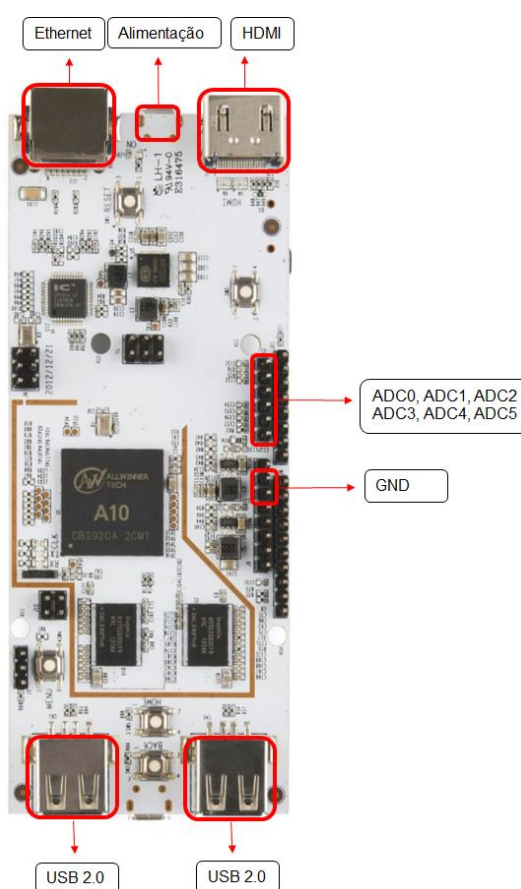


Figura 3: Diagrama do *hardware* pcDuino.  
Fonte: pcDuino (2013).

### 3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

Este Capítulo apresenta a metodologia usada no desenvolvimento do sistema embarcado para a análise de dados e detecção de variação da corrente e tensão. Dessa maneira, a Seção 3.1 faz uma breve descrição da metodologia de desenvolvimento do trabalho. A Seção 3.2 comenta sobre o *hardware* usado para o desenvolvimento do sistema. A Seção 3.3 apresenta o *software* desenvolvido. A Seção 3.4 mostra a interface gráfica do sistema, e, por fim, a Seção 3.5 comenta sobre a caracterização do sistema.

#### 3.1 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

A partir de pesquisas realizadas sobre as tecnologias existentes, foram definidas as ferramentas para o desenvolvimento do trabalho. A fim de executar o processo de monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica utilizamos um sistema embarcado de arquitetura ARM a sua interface de desenvolvimento de *software* Arduino IDE, instalado no sistema operacional Ubuntu, para realizar a programação, compilação e gravação do programa no controlador.

O trabalho foi desenvolvido em quatro partes principais. A primeira parte do estudo caracterizou-se com a escolha de um sistema embarcado de arquitetura ARM. Avaliando várias plataformas existentes, a plataforma de desenvolvimento escolhida foi a pcDuino devido, principalmente, ao custo benefício e por apresentar um *hardware* compatível com o sistema a ser desenvolvido, tal como um sistema operacional Linux e portas de comunicação USB e entradas analógicas de 12 bits e saída para interface gráfica.

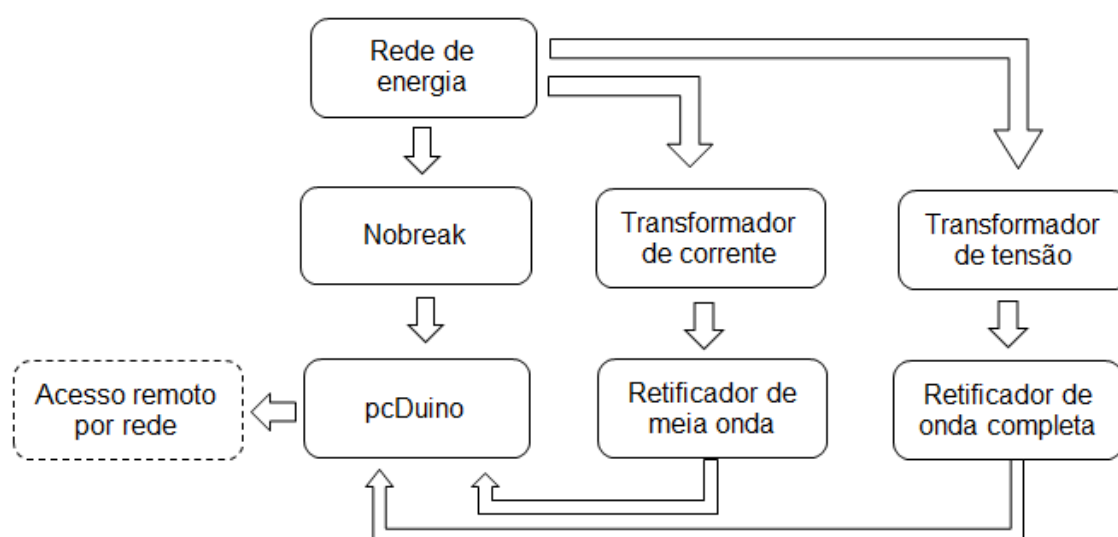
A segunda parte ficou responsável pelo desenvolvimento do *software*, para a detecção de corrente e tensão elétrica. A linguagem de programação utilizada foi semelhante à linguagem C e C++, pois essa é a linguagem diferenciada para a plataforma pcDuino.

A terceira parte do trabalho foi o desenvolvimento de uma interface gráfica que permitisse a leitura da corrente e tensão monitoradas. Assim, o sistema que faz a leitura dos dados adquiridos através dos sensores, a programação converte os dados analógicos em um método de fácil leitura utilizando o supervisor ScadaBR.

Por fim, a quarta parte do trabalho destinou-se a caracterização do sistema desenvolvido. O objetivo nesta fase do trabalho era realizar a calibração do sistema, utilizando instrumentais a serem comparados com o *hardware* dos sensores desenvolvidos. Para isso um multímetro ICEL MD-6110 CATII e um amperímetro ICEL AD-9005 CATIII foram utilizados com cargas reais (eletrônicos e eletrodomésticos). Na sequência cada etapa da metodologia será melhor detalhada.

### 3.2 HARDWARE PCDUINO

No desenvolvimento do sistema embarcado utilizou-se, como já citado, a plataforma pcDuino. O projeto foi desenvolvido para o sensor de corrente SCT-013 e um transformador 0-127-220V com saída 3V+3V. A Figura 4 ilustra o funcionamento do *hardware* do sistema. Onde o sinal adquirido pelo transformador de tensão é captado em tensão alternada e transformado em tensão contínua através de um retificador de meia onda. O sensor de corrente capta tensão alternada e transformado em tensão contínua através de um retificador de onda completa. Ambos os sinais são enviados para pinos de entradas analógicas de 12 bits da plataforma pcDuino, onde é realizada a análise dos dados.



**Figura 4: Diagrama mostrando a ligação do *hardware*.**  
**Fonte: Autoria própria.**

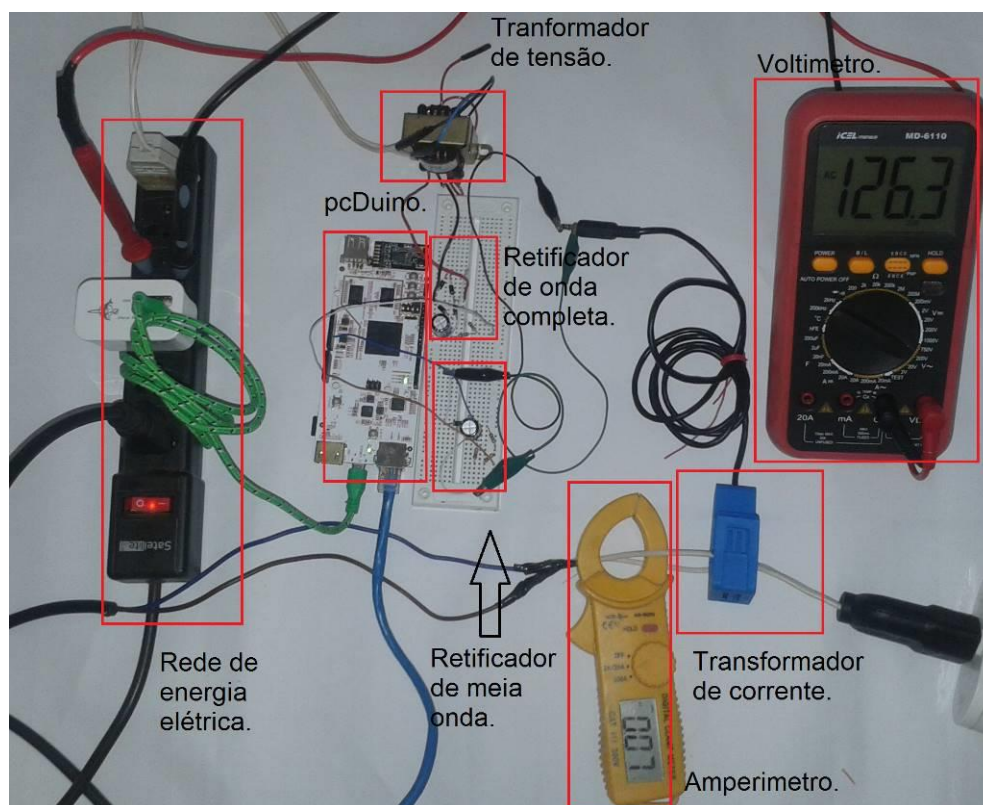
A plataforma de desenvolvimento escolhida foi a pcDuino devido, principalmente, ao custo benefício e por apresentar um *hardware* compatível com o

sistema a ser desenvolvido, tal como um sistema operacional Linux (Ubuntu 12.04), portas de comunicação USB, entradas analógicas de 12 bits e saída para interface gráfica. Outra vantagem é a facilidade de desenvolvimento do *software*, visto que a linguagem de programação usada na plataforma é semelhante a linguagem C.

Com o objetivo de monitorar o sistema desenvolvido, os dados gerados na leitura dos sensores são utilizados para alimentar a interface do sistema de monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Para o funcionamento correto do sistema proposto, o pcDuino deve ser alimentado por um *nobreak*, posterior ao sistema que se deseja monitorar.

A figura 5 mostra a ligação real do sistema sem a utilização do *nobreak*, com a finalidade de realizar testes.

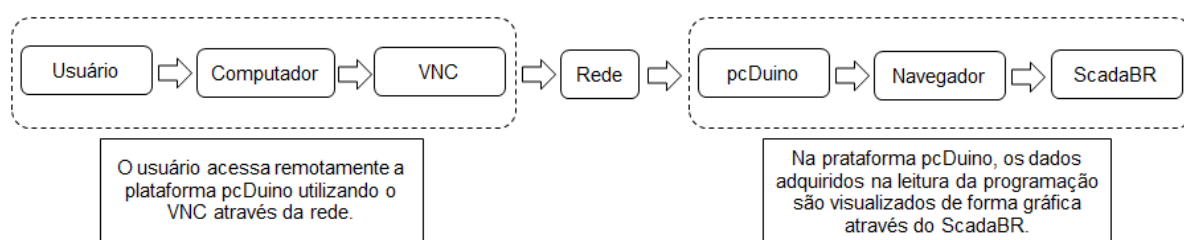


**Figura 5: Ligação dos sensores no pcDuino realizando a leitura da energia elétrica.**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.3 SOFTWARE DESENVOLVIDO

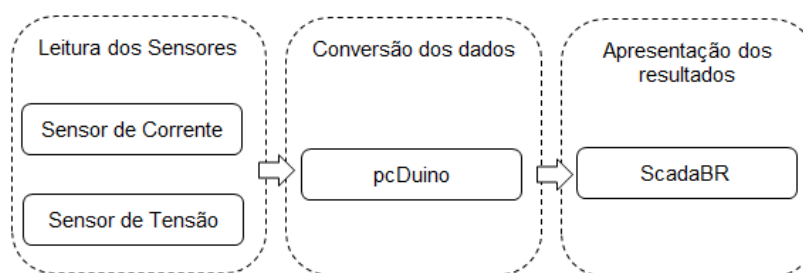
Para o desenvolvimento da interface gráfica foi utilizado a linguagem C e selecionado o supervisor ScadaBR para IHM (Interface Homem Máquina). A linguagem C é a linguagem suportada pela plataforma pcDuino. O *software* utilizado para a programação foi Arduino 1.5.3 beta pcDuino e nele foi desenvolvida a programação. Um servidor *apache* foi instalado na plataforma para que a linguagem C pudesse ser utilizada para o desenvolvimento da interface gráfica, através do supervisor ScadaBR, via *browser* (navegador de internet).

Para acessar o supervisor via *browser*, foi utilizado o programa de comunicação remota de rede, VNC (*Virtual Network Computing*) Viewer 5.2.0. Este programa comunica o usuário via rede através de um IP (*Internet Protocol*) à interface do pcDuino. Através de um link *browser* é possível acessar a interface gráfica do supervisor ScadaBR. Na interface principal do sistema é realizado o *login* e visualiza-se a *watch list* (lista de observação). Na *watch list* acrescenta-se data sources (fonte de dados), as quais realizam a leitura de arquivos *.txt* (arquivos de texto). Os arquivos *.txt* foram criados na programação mostrando os valores das leituras dos sensores. A leitura destas informações é visualizada em tempo real. Esse esquema de comunicação geral entre *hardware* e *software* é ilustrado na Figura 6.



**Figura 6: Diagrama de comunicação geral entre *hardware* e *software*.**  
**Fonte: Autoria própria.**

No desenvolvimento do sistema em C, criaram-se três etapas principais: leitura dos sensores, conversão dos dados e apresentação dos resultados. Essas etapas estão ilustradas na Figura 7.

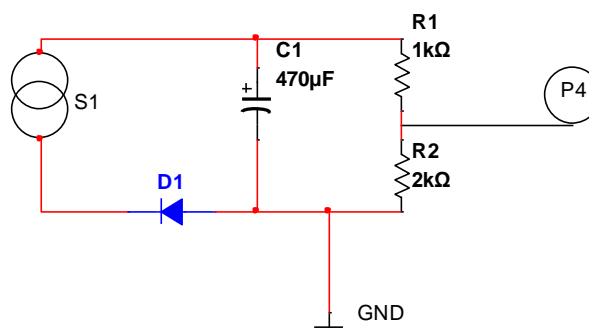


**Figura 7: Diagrama de blocos mostrando as etapas do processo de leitura dos sensores até a apresentação dos resultados.**

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.3.1 Leitura dos Sensores

Para o pcDuino realizar a leitura dos valores da rede elétrica, é necessário que os sensores transmitam um sinal que não ultrapasse o pico máximo de leitura do pino de entrada da placa, que é de 3,3 V. O sinal adquirido pelos sensores é adquirido em tensão alternada e transformado em tensão contínua através de pontes retificadoras.



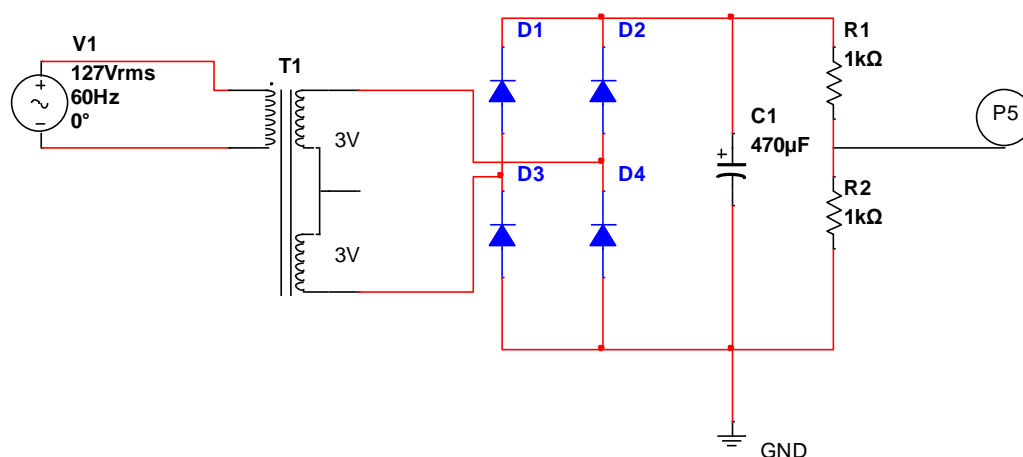
**Figura 8: Circuito utilizado para leitura de corrente elétrica.**

**Fonte: Autoria própria.**

Para a leitura do sinal da corrente elétrica foi utilizado um transformador de corrente YHDC SCT-013 que é representado pelo S1 na figura 8. O sinal adquirido é transformado em tensão contínua através de uma ponte retificada de meia onda com filtro capacitivo. Os resistores R1 e R2 tem a função de dividir a tensão para que o sinal de entrada no pino P4 do PCduino não sofra sobretensão.

Para a leitura da tensão, foi utilizado um transformador de tensão 127 V para 3V que é representado pelo T1. O sinal adquirido é transformado em tensão contínua através de uma ponte retificada de onda completa com filtro capacitivo. O

resistores R1 e R2 tem a função de dividir a tensão para que o sinal de entrada do pino P5 do PCduino não sofra sobretensão. O limite de tensão de entrada do pino é de 3,3 V. O circuito da leitura da tensão está representado na figura 9.



**Figura 9: Circuito utilizado para leitura de tensão elétrica.**  
**Fonte: Autoria própria.**

### 3.3.2 Conversão dos dados

Realizado a montagem dos circuitos dos sensores, as tensões de entrada dos pinos de leitura são convertidas em informações para a programação. São utilizados pinos com conversor A/D de 12 bits.

Os pinos de entrada utilizados do pcDuino suportam uma tensão contínua máxima de 3,3 V. Foi utilizado a equação 1 para conversão proporcional da leitura do pino A/D para amostragem em 12 bits.

$$A = \frac{V_i \times 3,3}{4095} \quad (1)$$

Dado a equação 1,  $A$  representa a amostragem do sinal,  $V_i$  representa a tensão de entrada. Após a multiplicação o sinal é dividido pelo número máximo de amostragem de 12 Bits.

A amostragem do sinal é calibrada utilizando uma equação proporcional ao valor real de leitura da corrente elétrica e tensão elétrica. Foram



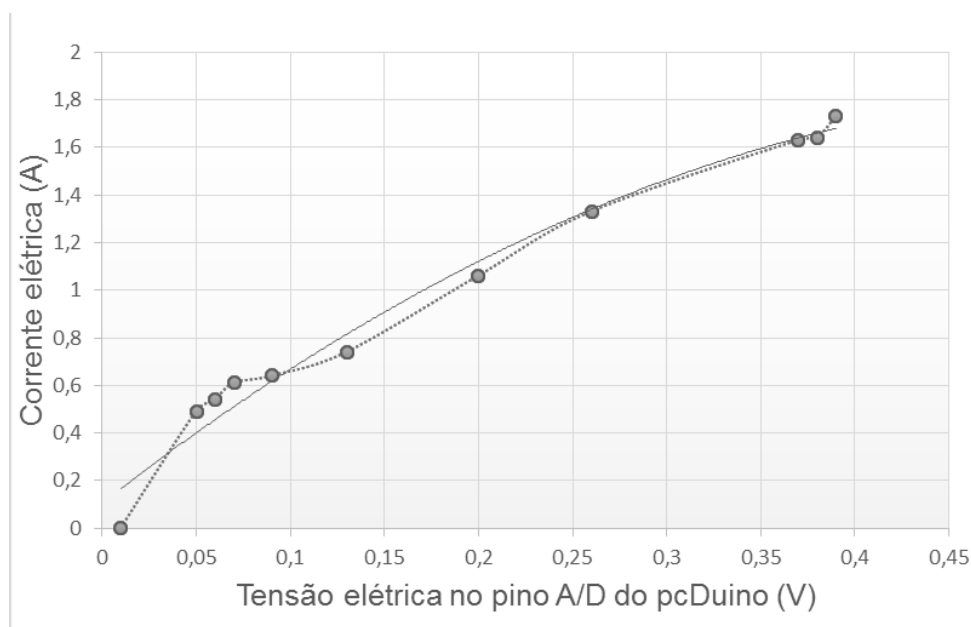
utilizadas para calibração equipamentos eletrônicos e eletrodomésticos e criado a tabela 1 com leitura das correntes reais e sinal de entrada dos pinos.

**Tabela 2: Leitura das correntes reais e sinal de entrada do pino 5.**

EQUIPAMENTO	AMPERÍMETRO (A)	PINO A/D PCDUINO (V)
Sem equipamento	0	0,01
Ventilador velocidade 1	0,49	0,05
Ventilador velocidade 2	0,54	0,06
Ventilador velocidade 3	0,61	0,07
Televisão de LED	0,64	0,09
Batedeira	0,74	0,13
Inalador	1,06	0,20
Geladeira	1,33	0,26
Liquidificador velocidade 1	1,63	0,37
Liquidificador velocidade 2	1,64	0,38
Liquidificador velocidade 3	1,73	0,39

Fonte: Autoria própria.

A tabela 2 apresenta os dados adquiridos através de medições dos equipamentos, utilizando um alicate amperímetro. Para a calibração do sensor de corrente foi utilizado um voltímetro para medir a tensão de entrada do pino A/D do pcDuino. Através destes dados obtivemos o gráfico mostrado na figura 10.



**Figura 10: Gráfico da leitura das correntes reais e sinal de entrada do pino 4.**

Fonte: Autoria própria.

Através da leitura das correntes reais e sinal de entrada do pino 4, obtivemos a equação 2 dos valores proporcionais para calibração, utilizando uma planilha eletrônica.

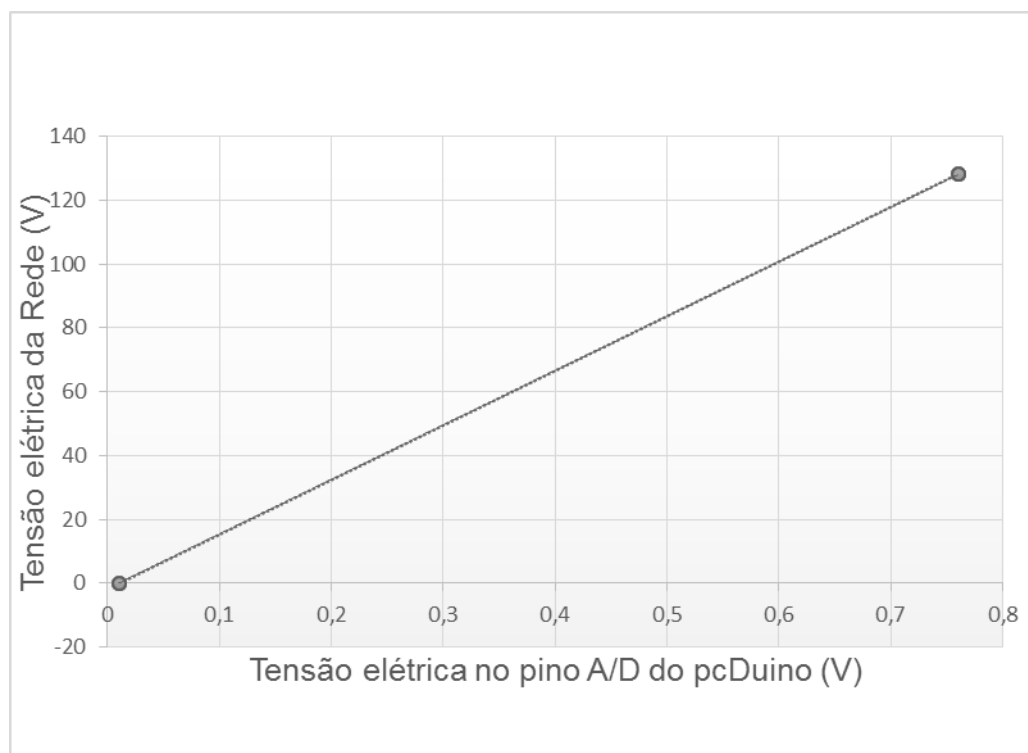
$$Y = -5,4693x^2 + 6,1695x + 0,106 \quad (2)$$

A tabela 3 apresenta os dados adquiridos através de medições da rede elétrica, utilizando um voltímetro. Para a calibração do sensor de tensão foi medido a tensão de entrada do pino 4 A/D do pcDuino. Através destes dados obtivemos o gráfico mostrado na figura 10.

**Tabela 3: Leitura da tensão da rede elétrica e sinal de entrada do pino 4.**

<b>Rede Elétrica residencial</b>	<b>Voltímetro (V)</b>	<b>PINO A/D PCDUINO (V)</b>
Sem energia elétrica	0,1	0
Com energia elétrica	128	0,76

Fonte: Autoria própria.



**Figura 11: Gráfico da leitura da tensão da rede elétrica e sinal de entrada do pino 5.**  
Fonte: Autoria própria.

Através da leitura da tensão da rede elétrica e sinal de entrada do pino 5, obtivemos a equação 3 dos valores proporcionais para calibração, utilizando uma planilha eletrônica.

$$Y = 170,67 * x - 1,7 \quad (3)$$

Após a calibração do sistema, utilizando as equações 2 e 3, pode ser aplicado na programação em C.

```

{
    int value = analogRead(pinodosensorc);
    tensaoc = (float (value *3.3) /4095);
    corrente = (float (-5.4693*tensaoc*tensaoc+6.1695*tensaoc+0.106));

    printf("Pino%d amostragem %d\n",pinodosensorc, value);
    printf("tensão de entrada p4 %.4f\n",tensaoc);
    printf("corrente %.2f\n",corrente);

    fprintf(arqc, "%.2f\n",corrente);
}
{
    int value = analogRead(pinodosensort);
    tensaot = (float (value *3.3) /4095);
    tensao = (float (170.67 * tensaot-1.70));

    printf("Pino%d amostragem %d\n",pinodosensort, value);
    printf("tensão entrada p5 %.2f\n",tensaot);
    printf("tensão calibrada %.2f\n",tensao);

    fprintf(arqt, "%.2f\n",tensao);
}

```

**Quadro 1: Programação da leitura dos sensores.**  
**Fonte: Autoria própria.**

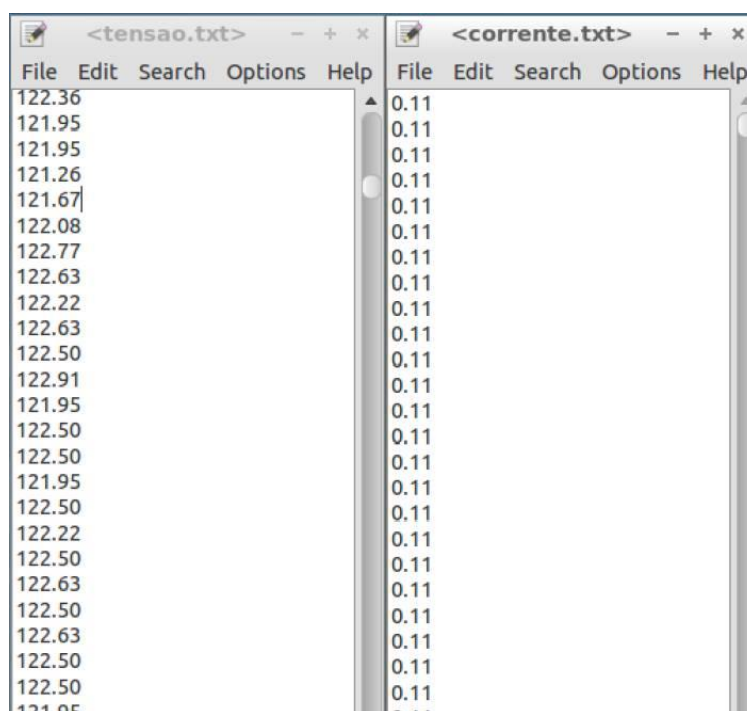
O programa é compilado e os resultados das leituras são visualizados no terminal do Linux.



**Figura 12: Tensão da rede elétrica apresentada no voltímetro e tensão calibrada apresentada no terminal do Linux.  
Fonte: Autoria própria.**

A figura 12 apresenta o programa copilado no terminal do Ubuntu com as informações da entrada do pino 4 e, ao lado, o multímetro apresentando a tensão da rede elétrica correspondente à tensão de entrada do sensor.

Para gerar os arquivos de texto com as informações de leitura dos sensores, foi necessário utilizar o comando *fprintf* para salvar as informações em um local especificado na programação.



**Figura 13: Arquivo de texto com a gravação das leituras dos sensores.  
Fonte: Autoria própria.**

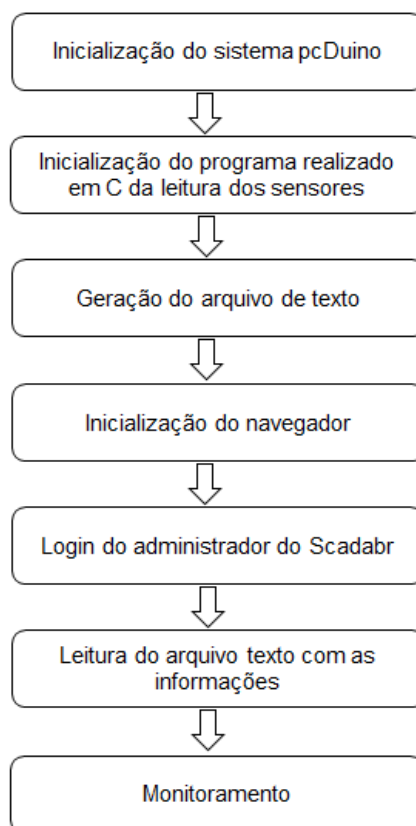
A geração do arquivo de texto apresentado na figura 13 é a base de dados para a leitura do supervisor ScadaBR.

### 3.4 INTERFACE DO SISTEMA

Com o objetivo de monitorar o sistema desenvolvido, os dados gerados na leitura dos sensores são utilizados para alimentar a interface do sistema de monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica.

#### 3.4.1 Sistema de inicialização de monitoramento

Para a visualização da monitoração dos sensores em tempo real, foi realizado a comunicação entre, a programação e o sistema supervisor. A apresentação dos resultados da leitura dos sensores consiste em sete etapas apresentadas no diagrama a seguir.



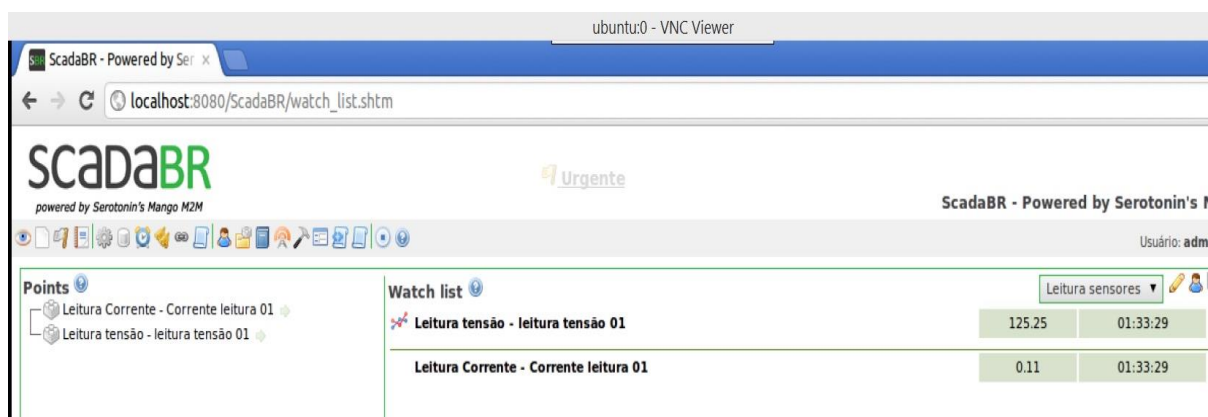
**Figura 14: Etapas da apresentação dos resultados da leitura dos sensores.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Alimentado o pcDuino em uma fonte de energia de 5 Volts, o sistema operacional Linux inicia automaticamente, não sendo necessário a deslocamento até o local para a inicialização manual do sistema caso ocorra queda de energia posterior ao *nobreak*.

Após iniciado o sistema operacional a inicialização do programa desenvolvido para a leitura dos sensores é automática, gerando em sequência o arquivo de texto com as informações de leitura dos sensores na pasta especificada na programação.

Utilizando o programa VNC para acesso remoto, inicia-se manualmente o navegador e o administrador do sistema pode realizar o *login* no ScadaBR.

O supervisor realiza a leitura do arquivo de texto automaticamente após realizado o *login* e as informações dos sensores geram um banco de dados que pode ser monitorado em tempo real. A figura 15 mostra os resultados da leitura dos sensores na página inicial do supervisor.



**Figura 15: Sistema de monitoramento ScadaBR.**  
Fonte: Autoria própria.

### 3.4.2 Interface gráfica

Acessando remotamente o pcDuino utilizando o VNC, é possível monitorar o supervisor através da rede *Ethernet*, como foi demonstrado na figura 14.

No supervisor é possível configurar parâmetros a fim de otimizar o sistema de monitoramento. É possível obter um histórico dos registros de leitura da corrente e tensão, em um determinado intervalo de tempo, configurando a quantidade de

registros mais recentes, definida pelo usuário. Ao realizar o monitoramento, o usuário pode enviar mensagens informando a situação do sistema. As mensagens registradas são salvas no próprio supervisório a fim de checagem posterior. O supervisório gera estatísticas referentes à quantidade de leituras realizadas em um determinado tempo definido pelo usuário. A figura 16 mostra a tela do supervisório, onde é possível configurar os dados citados.

The screenshot displays the ScadaBR web interface. At the top, there is a navigation bar with the logo 'SCADA BR' and 'powered by Serotonin's Mango M2M'. The main content area is divided into three sections:

- Section 1 (left):** 'leitura tensão 01' showing current values: Valor 125.52, Tempo 01:37:48, and Export ID (XID) DP\_965910. Below this, it shows 'Estatísticas (as of 2010/01/01 01:37:08)' with a 'Período de tempo' set to 1 hora(s) and 'Entradas de registro: 583'.
- Section 2 (middle):** 'Histórico (as of 2010/01/01 01:33:56)' with a 'Mostrar' dropdown set to 10 'Registros mais recentes'. The table below shows a list of readings with columns for Valor, Tempo, and Comentário.
- Section 3 (right):** 'Mensagens de usuário' showing a list of messages with timestamps and sender information, such as '01:34:40 por admin Verificado João'.

**Figura 16: 1- Estatísticas, 2- histórico e 3- mensagens de usuário demonstrado no supervisório ScadaBR.**

**Fonte: Autoria própria.**

O supervisório possui um histórico de todos os eventos realizados no sistema, onde é possível verificar passo a passo o funcionamento do sistema, desde sua ativação até seu desligamento, conforme mostrado na figura 17.

ID	Time	Evento	Status	Ações
355	00:36:01	Desligamento do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
330	00:28:52	Usuário admin entrou no sistema	00:38:27 - Retornou ao normal	✓ 🔊
363	00:22:14	Usuário admin entrou no sistema	Ativo	✓ 🔊
362	00:13:34	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
353	00:11:38	Usuário admin entrou no sistema	00:36:00 - Retornou ao normal	✓ 🔊
328	00:11:09	Desligamento do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
333	00:07:38	Usuário admin entrou no sistema	00:38:27 - Retornou ao normal	✓ 🔊
326	00:02:53	Usuário admin entrou no sistema	00:11:09 - Retornou ao normal	✓ 🔊
361	00:02:36	'Leitura Corrente': Leitura Corrente: Value string not found (regex: ((\b[0-9]+\b)?[0-9]+\b)	Ativo	✓ 🔊
360	00:02:35	'Leitura tensão': Leitura tensão: Value string not found (regex: ((\b[0-9]+\b)?[0-9]+\b)	Ativo	✓ 🔊
357	00:02:33	'Leitura tensão': Leitura tensão: Arquivo não encontrado!	Ativo	✓ 🔊
358	00:02:33	'Leitura Corrente': Leitura Corrente: Arquivo não encontrado!	Ativo	✓ 🔊
332	00:02:06	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
329	00:01:54	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
352	00:01:50	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
325	00:01:41	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
356	00:01:39	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊
324	00:01:38	Início do sistema	Retornar ao Normal desabilitado	✓ 🔊

**Figura 17: Histórico dos eventos do sistema.**  
**Fonte: Autoria própria.**

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos a partir do sistema embarcado desenvolvido para monitoramento das interrupções no fornecimento de energia elétrica.

O objetivo de realizar o monitoramento das interrupções no fornecimento de energia elétrica foi alcançado. Inicialmente buscou-se monitorar a tensão elétrica para verificar a instabilidade e as interrupções no fornecimento de energia elétrica. Logo, implementou-se um circuito para monitorar também a corrente elétrica, onde foram realizados testes com equipamentos domésticos. Observou-se a variação na leitura do sensor de corrente elétrica ao serem utilizados equipamentos com fonte de alimentação chaveada, nos quais não é possível extrair dados precisos.

Desenvolveu-se o circuito de tensão para a realização de testes em diversos equipamentos. O resultado das leituras foi satisfatório, onde a variação da leitura medida pelo sensor em relação à leitura do voltímetro foi mínima, conforme a figura 11. Os resultados obtidos através das leituras realizadas podem ser visualizados em gráficos, demonstrados nas figuras 18 e 19.



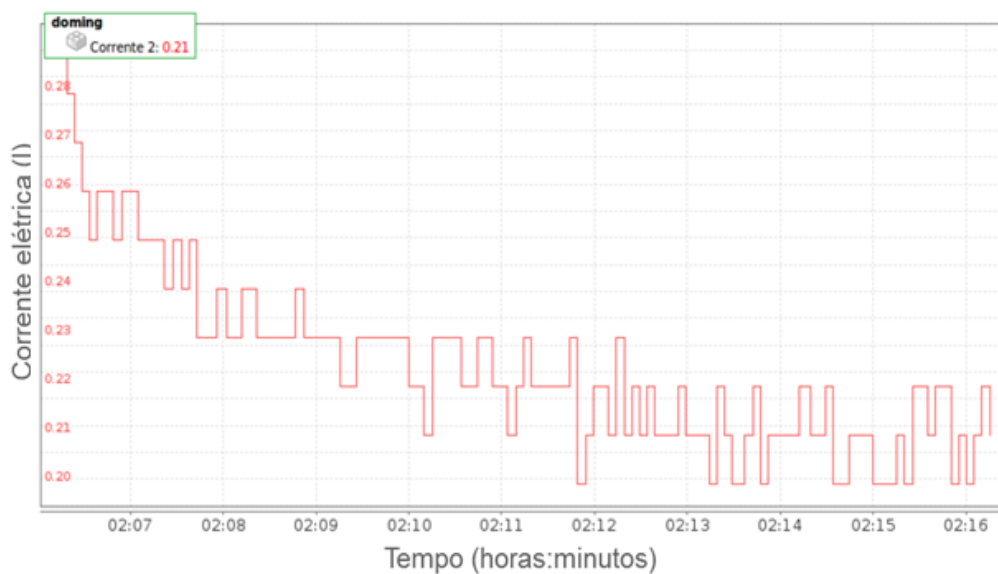


Figura 18: Gráfico da leitura da corrente elétrica em um intervalo de tempo de 10 minutos.  
Fonte: Autoria própria.

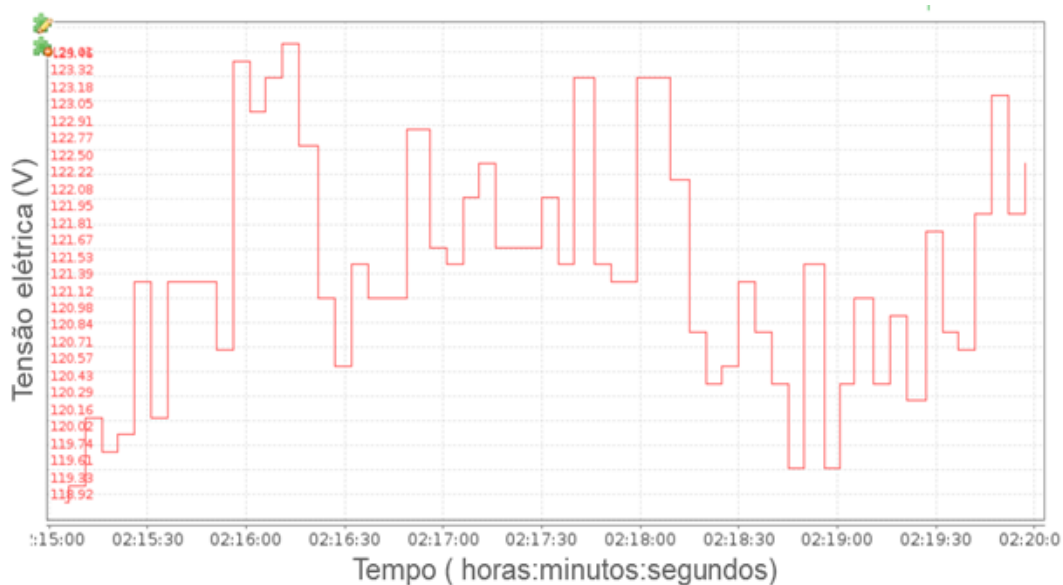


Figura 19: Gráfico da leitura da tensão elétrica em um intervalo de tempo de 5 minutos.  
Fonte: Autoria própria.

Os gráficos gerados a partir das leituras da tensão e corrente elétrica podem ser configurados em qualquer intervalo de tempo desejado.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou um sistema embarcado capaz de realizar o monitoramento das interrupções de energia elétrica através da leitura dos valores de corrente e tensão elétrica.

Para o sistema, foi desenvolvido uma programação capaz de converter os dados de leitura do sensor de corrente e tensão elétrica e exibir os resultados em um supervisório. O sistema permite que os valores obtidos possam ser gravados, a fim de monitoramento, em históricos. Além disso, o sistema proposto é capaz de exibir o espectro obtido em uma interface gráfica.

No sistema desenvolvido, a exibição dos valores de corrente e tensão elétrica lidos em tempo real é realizada a partir de um supervisório que pode ser acessado remotamente utilizando a rede *Ethernet*. Esse sistema se comunica com o sistema em C desenvolvido na arquitetura ARM embarcada no pcDuino. É importante mencionar que essa possibilidade de monitoramento via *WEB* é um diferencial nesse trabalho.

Conclui-se que o objetivo de realizar o monitoramento de interrupções de energia elétrica remotamente foi alcançado. Porém, os valores da medição da corrente elétrica podem variar de acordo com o tipo de equipamento a ser medido.

### 5.1 TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados expostos, sugere-se como trabalhos futuros a adequação do sistema para monitoramento de interrupções no fornecimento de energia elétrica a ser utilizado em sistemas de automação de medição elétrica e verificação de falhas.. Para isso, são necessários:

- 1) Adaptar o sensor de corrente com os equipamentos para que não haja variação nos valores medidos.
- 2) Aprimorar o circuito de retificação de energia elétrica.
- 3) Adaptar o sistema de monitoramento para versões mais recentes do *hardware* pcDuino ou sistemas embarcados compatíveis com o supervisório utilizado.

## REFERÊNCIAS

ALBADÓ, Ricardo. **Qualidade na Energia Elétrica**. São Paulo: Artiber Editora Ltda., 2001.

ALDADÓ, Ricardo Lopez. **Sistemas de redes para controle e automação**. Rio de Janeiro: Book Express, 2000.

ANUNCIACÃO, Heverton S. **Linux para redes brasileiras**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1997.

CAY, HORSTMANN. **Conceitos de computação com o essencial de C++**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

DANESH, Arman. **Dominando o Linux: a bíblia**. São Paulo: Makron Brooks do Brasil Editora Ltda., 1999.

DORNAN, Andy. **Wireless Communication: o guia essencial de comunicação sem fio**. Rio de Janeiro: Campos Ltda., 2001.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de dados e redes de computadores**. São Paulo: Bookman, 2006.

FURBER, S. **ARM System-on-Chip Architecture**. 2. ed. Addison-Wesley, 2000.

HAYKIN, Simon. **Sistemas Modernos de Comunicações Wireless**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

POMILIO, J.A.; DECKMANN, S.M. "Efeito Flicker produzido pela Modulação Harmônica". SBQEE'97 - Seminário Brasileiro de Qualidade da Energia Elétrica, Nov. 1997, São Lourenço, MG.

LALOND, David E. **Princípios de dispositivos e circuitos eletrônicos**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1999.

LIMA, Almir Júnior. **Telecomunicações Modernas**. Rio de Janeiro: Book Express Ltda., 2001.

MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica: Volume 1**. Porto Alegre: AMG, 2007.

MONK, Simon. **30 Programando o Raspberry Pi** Primeiros Passos com Python / Simon Monk; tradução: Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec, 2013.

MONK, Simon. **Programação com Arduino**: começando com Sketches / Simon Monk; tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MURDOCA, Miles J. **Introdução à arquitetura de computadores**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

NATALE, Ferdinando. **Automação Industrial**. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2009.

NORTON, Peter. **Guia Completo do Linux**. São Paulo: Berkeley Brasil, 2000.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1998.

PARANHOS FILHO, Moacyr. **Gestão da produção industrial**. Curitiba: Ibpex, 2007.

RAPPAPORT, Theodore S. **Comunicações sem fio: princípios e práticas**. São Paulo: Pearson Education do Brasil Ltda., 2009.

RASHID, Muhammad H. **Eletrônica de Potência: Circuitos, dispositivos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1999.

RICHARDSON, Matt. **Primeiros passos com o Raspberry Pi** / Matt:Richardson, Shawn Wallace; tradução: Patricia Tieme Maeda. São Paulo: Novatec, 2013.

RUBINI, Alessandro. **Linux Device Drivers**. São Paulo: Market Books, 1999.

SEBESTA, Robert W. **Conceitos de linguagens de programação**. 9. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

STOUT, Melville B. **Curso Básico de Medidas Elétricas**. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1974.

THOMAZINI, Daniel. **Sensores Industriais: fundamentos e aplicações**. 7. Ed. Rev. E atual. São Paulo: Érica, 2010.

TORREIRA, Raul Peragallo. **Instrumentos de Medição Elétrica**. São Paulo: Hemus Editora Ltda, 1990.

UPTON, Eben. **Raspberry pi: manual do usuário** / Eben Upton, Gareth Halfacree; tradução: Celso Roberto Paschoa. São Paulo: Novatec, 2013.

CARVALHO, RODRIGO PINHEIRO. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008859>. Acesso em 28 ago. 2014.

CAVALHEIRO, GUSTAVO DE OLIVEIRA. Disponível em: [http://portal.fei.edu.br/pt-BR/pesquisas\\_projetos/programas\\_de\\_iniciacao/Documents/Desenvolvimento%20de%20Sensor%20El%C3%A9trico%20para%20Monitoramento%20Remoto%20de%20Tempestades%20Atmosf%C3%A9ricas.pdf](http://portal.fei.edu.br/pt-BR/pesquisas_projetos/programas_de_iniciacao/Documents/Desenvolvimento%20de%20Sensor%20El%C3%A9trico%20para%20Monitoramento%20Remoto%20de%20Tempestades%20Atmosf%C3%A9ricas.pdf). Acesso em 28 ago. 2014.

DA SILVA, MARCELO ROSENO. Disponível em: [http://rumouniversidade.seduc.ce.gov.br/?option=com\\_community&view=profile&task=viewDoc&docid=2550](http://rumouniversidade.seduc.ce.gov.br/?option=com_community&view=profile&task=viewDoc&docid=2550). Acesso em 28 ago. 2014.

DOS SANTOS, LOURIVAL ALVES. Disponível em: <http://www.aer.ita.br/conteudo/um-sistema-para-monitoramento-e-acionamento-remotos-suprimento-energia-el-trica-foguetes-so>. Acesso em 28 ago. 2014.

MARCELY, MONICA. Disponível em: <http://prezi.com/qvprnz-lntv/sensores-de-tensao-corrente-e-potencia/>. Acesso em 28 ago. 2014.

SILVA, JOÃO MANOEL GOMES DA. Disponível em: <http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node15.html>. Acesso em 28 ago. 2014.

STEFFENS, CÉSAR A. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20061/Cesar/SENSORES-Definicao.html>. Acesso em 28 ago. 2014.