



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO

**RELATÓRIO DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PROJETO
DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ENTRE UFCG E
POSITIVO INFORMÁTICA**

Campina Grande, Paraíba
Março de 2014

THAMILES RODRIGUES DE MELO

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PROJETO
DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ENTRE UFCG E
POSITIVO INFORMÁTICA

*Relatório de Estágio Integrado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Informação

Orientador:

Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Março de 2014

THAMILES RODRIGUES DE MELO

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PROJETO
DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA ENTRE UFCG E
POSITIVO INFORMÁTICA

Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento da Informação

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Jaidilson Jó da Silva, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha existência, por me proteger ao longo da minha caminhada e por me fortalecer na fé, para que eu pudesse superar todas as dificuldades encontradas ao longo dessa árdua jornada.

Aos meus pais, Edmundo e Maria, e a minha irmã, Thamara, que estiveram ao meu lado em todos os momentos, fazendo dos meus objetivos a sua própria luta.

Ao Prof. Jaidilson, pela orientação nas atividades desenvolvidas durante o período de estágio.

Ao Prof. Saulo, pela atenção e presteza ao longo da graduação, especialmente pela supervisão durante o período de estágio. Além disso, pela oportunidade de trabalhar no Projeto de Cooperação Técnico-Científica UFCG e Positivo Informática, proporcionando-me engrandecimento profissional.

Aos membros do projeto, especialmente aos amigos Arthur Vidal e Breno Neves, pela ajuda dada na realização das atividades propostas.

Aos amigos Simões Toledo, Tony Cavalcanti e Danilo Lima, pela paciência e grande colaboração na montagem da plataforma experimental.

E a todos os meus familiares, mestres e demais amigos que participaram dessa trajetória, colaborando para concretização desta etapa em minha vida.

*“Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver, apesar de todos os desafios e períodos de crise.
Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e se tornar um autor da própria história.”*

(Fernando Pessoa)

RESUMO

O gerenciamento de energia de dispositivos móveis e de redes corporativas vem crescendo significativamente, com a busca de soluções que atendam as necessidades do mercado. O Projeto de Cooperação Técnico-Científica entre UFCG e Positivo Informática propõe o desenvolvimento de soluções de *software* que permitam uma melhor administração dos recursos computacionais do ponto de vista da eficiência energética. Dessa forma, neste Relatório de Estágio Integrado tem-se por objetivo descrever as atividades realizadas no Projeto de Cooperação Técnico-Científica entre UFCG e Positivo Informática durante o período de Outubro/2013 a Fevereiro/2014. O monitoramento de potência de *smartphones*, *notebooks/netbooks* e *desktops* como a identificação de modelos de potência para *desktops* foram realizados. Dentre as atividades propostas, a montagem de uma plataforma experimental para medição de potência de *notebooks/netbooks* e *smartphones* trouxe maior contribuição ao projeto. Por fim, a realização do estágio proporcionou a experiência do trabalho em grupo, agregando novos conhecimentos e colaborando na execução das tarefas do projeto.

Palavras-chave: Gerenciamento Dinâmico de Energia, Dispositivos Móveis, Redes Corporativas, Monitoramento de Potência, Identificação de Modelos.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	6
2	Gerenciamento Dinâmico de Energia Para Dispositivos Móveis e Redes Corporativas	7
2.1	Conceitos básicos.....	8
2.2	Monitoramento de Potência	9
2.3	Modelo de Potência.....	11
3	Lista de Atividades Desenvolvidas.....	13
4	Monitoramento de Potência para <i>Notebooks/ Netbooks e Smartphones</i>	14
4.1	Sistema de Medição Utilizado	14
4.2	Plataforma Experimental Proposta.....	17
4.3	Sincronização dos Dados Obtidos no <i>Components Logger</i> e no <i>LabVIEW</i>	24
5	Monitoramento de Potência para <i>Desktops</i>	32
5.1	Sistema de Medição Utilizado	32
5.2	Monitoramento de Potência por 24h.....	34
6	Identificação de Modelos de Potência Para <i>Desktops</i>	36
6.1	Testes para Construção dos Modelos.....	36
6.2	Análise dos Dados via MATLAB	38
6.2.1	Modelo de Potência	38
6.2.2	Modelo de Constantes	39
7	Resultados Obtidos.....	41
8	Considerações Finais	54
	Bibliografia.....	55

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 Consumo de potência típico de um celular durante a realização de algumas operações.....	7
Figura 2.2. Medição de corrente via resistor <i>shunt</i>	10
Figura 2.3. Medição de corrente na configuração <i>Low-Side</i>	10
Figura 2.4. Medição de corrente na configuração <i>High-Side</i>	11
Figura 4.1 Fotografia do resistor <i>shunt</i> utilizado no aparato experimental em estudo.....	14
Figura 4.2. Diagrama do aparato experimental utilizado na medição para <i>notebooks/netbooks</i>	15
Figura 4.3. Diagrama do aparato experimental utilizado na medição para <i>smartphones</i>	15
Figura 4.4. Painel frontal da IHM utilizada no monitoramento da potência consumida.....	16
Figura 4.5. Inserção de dois multímetros no sistema de medição utilizado para <i>notebooks/netbooks</i> , de forma a verificar a corrente medida.....	17
Figura 4.6. Fotografia dos resistores de potência: a) 30 Ω 50 W ; b) 150 Ω 30 W, utilizados para simular as cargas em estudo.....	18
Figura 4.7. Diagrama elétrico do primeiro circuito proposto de medição para <i>notebooks/netbooks</i>	19
Figura 4.8. a) Diagrama elétrico do sensor ACS712; b) Fotografia do sensor ACS712.....	20
Figura 4.9. Curva Tensão de Saída <i>versus</i> Corrente medida do sensor ACS712.....	21
Figura 4.10. Curva característica Tempo de subida <i>versus</i> Capacitor do Filtro no sensor.....	21
Figura 4.11. FFT do sinal de corrente medido pelo aparato experimental utilizado até então.....	23
Figura 4.12. Diagrama elétrico do circuito elétrico proposto para monitoramento da potência consumida pelos dispositivos móveis em estudo.....	24
Figura. 4.13 Tela do <i>software Components Logger</i> configurado para coleta dos dados.....	25
Figura 4.14. Diagrama de blocos final da nova IHM proposta para o monitoramento da potência consumida por dispositivos móveis (<i>notebook/netbook</i> e <i>smartphone</i>) - quadros (a), (b) e (c).....	28
Figura 4.14. Diagrama de blocos final da nova IHM proposta para o monitoramento da potência consumida por dispositivos móveis (<i>notebook/netbook</i> e <i>smartphone</i>) - quadros (d) e (e).....	29
Figura 5.1. Composição do instrumento <i>Watts Up?. NET</i> , do fabricante <i>Watts Up Meters</i>	32
Figura 5.2. Saídas principais do <i>Watts Up?. NET</i> para conexão entre a fonte de alimentação e a carga.....	33
Figura 5.3. Sistema de medição completo usado na medição de potência para <i>desktops</i>	33
Figura 5.4. Tela principal do <i>software Logger Pro</i> durante a realização de medições de potência para <i>desktops</i>	34
Figura 7.1. Montagem em <i>protoboard</i> do circuito proposto com amplificador de instrumentação, para medição de potência em <i>notebooks/netbooks</i>	41
Figura 7.2. Montagem em <i>protoboard</i> para monitoramento de potência em <i>netbook/notebooks</i> (configuração <i>high-side</i>), utilizando resistor de potência como carga.....	42
Figura 7.3. Montagem em <i>protoboard</i> do circuito proposto com sensor de efeito <i>Hall</i> , para medição de potência em <i>notebooks/netbooks</i> e <i>smartphones</i>	42

Figura 7.4. Monitoramento de potência consumida por um <i>notebook</i> , utilizando a montagem em <i>protoboard</i> com sensor de efeito <i>Hall</i> e a nova IHM em fase de testes.....	43
Figura 7.5. Fotografia da plataforma experimental montada para medição de potência de <i>notebook/netbook</i> e <i>smartphone</i>	44
Figura 7.6. Verificação do funcionamento da chave <i>on-off</i> via IHM para alimentação das cargas: a) 19 V aplicado na saída para <i>notebook/netbook</i> ; b) 5 V aplicado na saída para <i>smartphone</i>	44
Figura 7.7. Monitoramento da potência consumida pelo <i>notebook</i> Positivo Premium: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.....	45
Figura 7.8. Monitoramento da potência consumida pelo <i>netbook</i> Positivo MOBO: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.....	46
Figura 7.9. Monitoramento da potência consumida pelo <i>smartphone</i> Positivo YPY: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.....	47
Figura 7.10. Painel frontal da nova IHM implementada via LabVIEW, monitorando o <i>netbook</i> Positivo MOBO.....	48
Figura 7.11. Potência <i>versus</i> Tempo e Componentes <i>versus</i> Tempo, com o gerenciamento de energia via <i>Windows</i>	49
Figura 7.12. Potência <i>versus</i> Tempo e Componentes <i>versus</i> Tempo com aplicação da política do Bateria Positivo.....	49
Figura 7.13. Monitoramento de potência em <i>desktops</i> por 24h, sem e com atuação do Bateria-RC.....	50
Figura 7.14. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2A.....	52
Figura 7.15. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2E.....	52
Figura 7.16. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2O.....	53
Figura 7.17. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2I.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Simulação das cargas (<i>notebook/netbook</i>) para construção da plataforma experimental.....	18
Tabela 4.2. Quadro com características elétricas do sensor de corrente.....	22
Tabela 6.1. Especificações presente nos gabinetes dos computadores em teste.....	40
Tabela 7.1. Potência média consumida nos modos ocioso e suspenso.....	50
Tabela 7.2 Parâmetros do Modelo de Potência e Modelo de Constantes.....	51
Tabela 7.3. Erros obtidos na estimativa de potência em ambos os modelos.....	51

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de economizar energia está presente em quase todos os sistemas computacionais. Para dispositivos alimentados por bateria (*notebooks*, *smartphones*, etc.) existe uma diferença crescente entre o desempenho requerido pelo sistema eletrônico e a densidade de energia da bateria (SHEARER, 2008). Assim, a indústria de dispositivos móveis tem realizado esforços para estender a autonomia da bateria, usando eficientemente a energia disponível e atendendo as demandas do usuário.

A partir deste contexto, foi criado um projeto de cooperação técnico-científica entre a empresa Positivo Informática e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), com apoio da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba (PaqTc-PB), para propor soluções que possam suprir tal necessidade.

Neste projeto, tem-se como objetivo desenvolver sistemas de *software* para Gerenciamento Dinâmico de Energia (GDE) para utilização em *smartphones*, *netbooks* e *notebooks*, como também em *desktops*. Além disso, o mesmo é composto por alunos de graduação e pós-graduação dos cursos de Ciências da Computação e Engenharia Elétrica, bem como docentes de ambos os cursos.

Dentre as soluções possíveis, desenvolveu-se um *software* para gerenciamento de energia para utilização em *netbooks*, *notebooks* e *desktops*, denominado como **Positivo Bateria**. E com base na experiência adquirida na implementação deste, deu-se início ao desenvolvimento do Positivo GDE Redes Corporativas, ou simplesmente **Bateria-RC**, outra solução de *software* voltada para uma melhor administração dos recursos de uma rede corporativa do ponto de vista da eficiência energética (LUIZ *et al*, 2014).

Sendo assim, neste relatório são descritas as atividades desempenhadas durante o estágio integrado realizado no projeto de cooperação técnico-científica entre a empresa Positivo Informática e a UFCG, no Laboratório de Sistemas Embarcados e Computação Pervasiva (*Embedded*), no período de Outubro/2013 a Fevereiro/2014.

Tais atividades foram desenvolvidas com o intuito de aprimorar os sistemas de monitoramento de potência de *smartphones*, *netbooks* e *notebooks*, tanto no aspecto de *hardware* como de *software*, além de monitorar a potência consumida por *desktops* e colaborar na identificação de modelos de potência para os mesmos.

2 GERENCIAMENTO DINÂMICO DE ENERGIA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS E REDES CORPORATIVAS

De modo geral, toda tecnologia alimentada por bateria tem um potência específica requerida, que promove impacto na vida útil da bateria. Dispositivos móveis que demandam alta velocidade de dados, como *notebooks*, *tablets* e *smartphones*, por exemplo, requerem alto consumo de potência devido a inclusão de recursos, tais como interfaces de rede, câmera com *flash*, telas de alta resolução e aplicativos instalados de fábrica; resultando assim, na redução da vida útil da bateria (SHEARER, 2008).

Neste caso, o monitoramento e a modelagem da potência consumida por estes dispositivos são elementos-chave para o desenvolvimento de soluções no contexto de gerenciamento de energia.

Na Fig. 2.1 é ilustrado o consumo de potência típico de um celular durante a realização de algumas operações, como:

1. Ligando o dispositivo - Ligando a iluminação de fundo no teclado e na tela LCD - Busca de rede - Tela de "Bem-Vindo";
2. Desligando a iluminação de fundo do teclado - Tela LCD apagada;
3. *Display* ativo, mas a iluminação de fundo do teclado não ativo.
4. Visor de tela em branco;
5. Fechando o *flip* - Iluminação de fundo do *display* externo ligado.

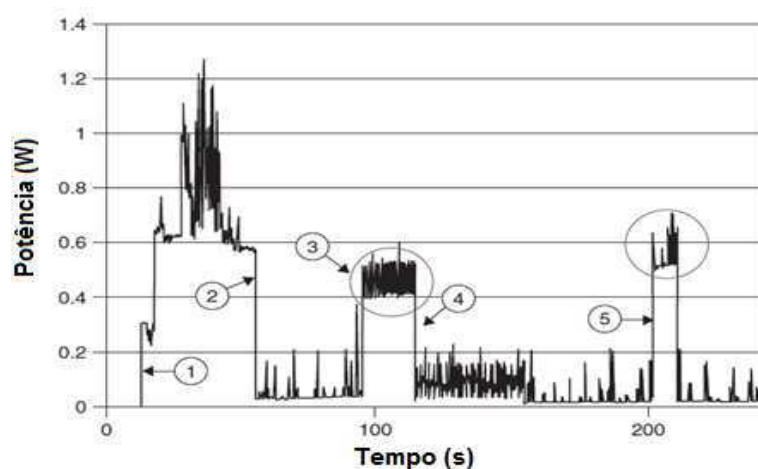


Figura 2.1. Consumo de potência típico de um celular durante a realização de algumas operações (SHEARER, 2008).

Conforme a Fig. 2.1, pode-se notar que a potência consumida pelo celular depende tanto do estado de energia do sistema quanto da *carga de trabalho*, i.e., das operações realizadas sobre o mesmo (como por exemplo, a realização de uma ligação telefônica).

Os conceitos básicos e a descrição sobre monitoramento e modelos de potência serão abordados nas subseções a seguir.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Em gerenciamento de energia, potência e energia são definidos em termos do trabalho realizado pelo dispositivo móvel. Logo:

$$Potência = \frac{Trabalho\ desempenhado\ pelo\ dispositivo\ móvel}{Tempo} [W] \quad (2.1)$$

$$Energia = Potência \cdot Tempo [J] \quad (2.2)$$

A potência consumida pode ser dividida em dois tipos: *potência estática* e *potência dinâmica* ou *ativa*. A potência estática é proveniente das fontes de corrente DC, presentes nos circuitos de referência e circuitos analógicos do dispositivo. Já a potência ativa é gerada a partir da atividade de comutação nos circuitos do dispositivo. Matematicamente, tem-se que a potência média consumida é expressa na forma (SHEARER, 2008):

$$P (\text{consumida}) = P (\text{dinâmica}) + P(\text{estática})$$

$$P (\text{consumida}) = [P (\text{chaveamento capacitivo}) + P(\text{corrente de curto-circuito})] + P(\text{estática}) \quad (2.3)$$

$$P (\text{chaveamento capacitivo}) = \alpha CV^2 f \cong \alpha C f^3 \quad (2.4),$$

onde: α é o fator que representa a atividade de chaveamento, C é a capacitância, V é a tensão da fonte de alimentação e f é a frequência de chaveamento.

É importante enfatizar que tendo-se uma potência estática significativa, a eficiência energética do sistema computacional é menor, uma vez que essa potência constante é consumida durante todo o período de funcionamento ativo do sistema.

Já quando tem-se a potência e a energia em termos do trabalho realizado por uma rede de computadores de uma empresa, analisando-se o valor da tarifa local de energia, relatórios de custos e relatórios por computador cliente ao servidor, então pode-se dizer que o gerenciamento de energia está aplicado a uma *rede corporativa*.

Uma rede corporativa pode ser composta por uma variedade de sistemas computacionais, tais como *desktops*, *notebooks*, *netbooks*, *tablets*, *IP Phones*, *WAP's* e *câmeras de monitoramento*. Assim, o suporte de um *software* ao gerenciamento de energia da rede corporativa depende dos recursos de gerenciamento de energia disponíveis para cada dispositivo (LUIZ *et al*, 2014).

Uma característica importante dos *softwares* de gerenciamento de energia de redes corporativas é o controle de máquinas clientes por meio de um servidor, com o objetivo de alterar o estado de energia de cada máquina por meio de comandos para suspensão (*standby*), desligamento, hibernação, ou religamento (*Wake-on-LAN*, que significa religar via rede uma máquina que estava em suspensão, sem a necessidade de que um usuário a religue manualmente) (LUIZ *et al*, 2014).

Dessa forma, torna-se possível a aplicação de uma *política* na rede, que é o agendamento de ações a serem tomadas em determinados períodos para uma maior eficiência energética da rede corporativa.

2.2 MONITORAMENTO DE POTÊNCIA

De modo geral, a potência consumida por um sistema computacional pode ser medida diretamente, adquirindo continuamente os valores assumidos por esta grandeza por meio de um instrumento robusto, ou manualmente, por meio de sensores introduzidos no sistema em teste. Em último caso, pode-se medir separadamente a tensão (U) (ou trata-lo como um valor conhecido, por exemplo, um valor nominal) e a corrente (I), demandada pelo sistema, e depois multiplicar os valores adquiridos via software para avaliar a potência consumida (P) (PALLIPADI e STARIKOVSKIY, 2006), de acordo com a Equação (2.5).

$$P = U \cdot I \quad (2.5).$$

A medição da tensão é realizada de maneira muito simples com o uso de um voltímetro sobre a carga. Entretanto, quando trata-se de medição de corrente, há dois tipos de configurações: *low-side* e *high-side*. Em ambas configurações, a corrente pode ser monitorada medindo-se a tensão gerada nos terminais do resistor sensível à corrente que flui, também conhecido como resistor *shunt*, conforme observado na Fig. 2.2 (TEXAS INSTRUMENTS, 2012). Como este nível de tensão é muito baixo, então recomenda-se utilizar um amplificador operacional conectado entre os terminais do resistor *shunt* para medir tal tensão.

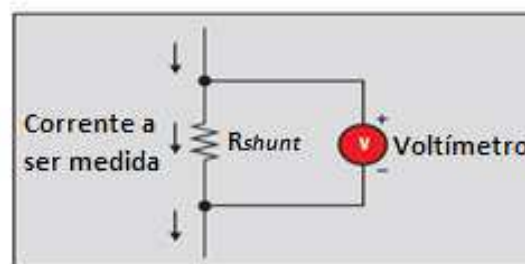


Figura 2.2. Medição de corrente via resistor *shunt*.

Na configuração *low-side*, o resistor *shunt* é conectado após a carga, estando em série com o GND (Fig. 2.3). Este tipo de configuração é recomendada quando o sistema de medição possa tolerar perturbações no caminho para o terra. Apesar de ser simples e barata, esta configuração apresenta uma resistência indesejável no caminho da carga para o terra; não permite detectar condições de falha no circuito e exige precisão externa dos demais componentes do circuito para alcançar e manter alta acurácia (TEXAS INSTRUMENTS, 2012).

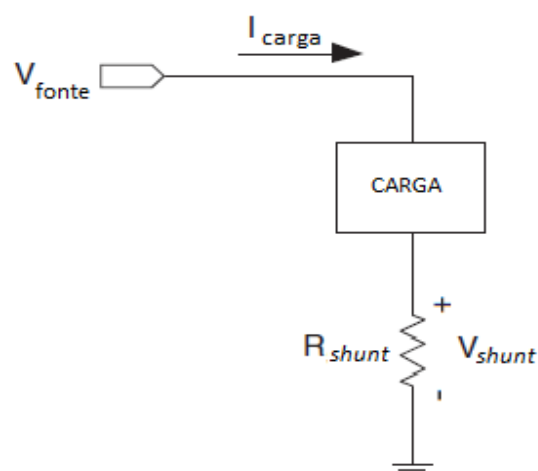


Figura 2.3. Medição de corrente na configuração *Low-Side*.

Já na configuração *high-side*, tal resistor é conectado entre a fonte de alimentação e a carga (Fig. 2.4). Esta configuração é recomendada quando o sistema não puder tolerar perturbações no caminho para o terra e precisar identificar a ocorrência de curtos-circuitos. Apesar de garantir boa imunidade ao ruído, esta configuração dificulta o uso de amplificadores operacionais padrão, pois as resistências devem ser combinadas para obter um índice de rejeição de modo comum aceitável, em torno de 100 dB. Além disso, devem suportar uma tensão de modo comum muito alta (TEXAS INSTRUMENTS, 2012).

Por esses motivos, em aplicações de gerenciamento de energia, carregamento da bateria ou outra situação que deva medir ou controlar com precisão a corrente, a utilização de circuitos dedicados nesta configuração é aconselhada, como CIs para medir a tensão sobre o resistor *shunt* ou a substituição por sensores de corrente, pois foram projetados para suportar tensões de modo comum elevadas e com um alto CMRR (*Common-Mode Rejection Ratio*), maior que 140 dB (MAXIM INTEGRATED, 2001).

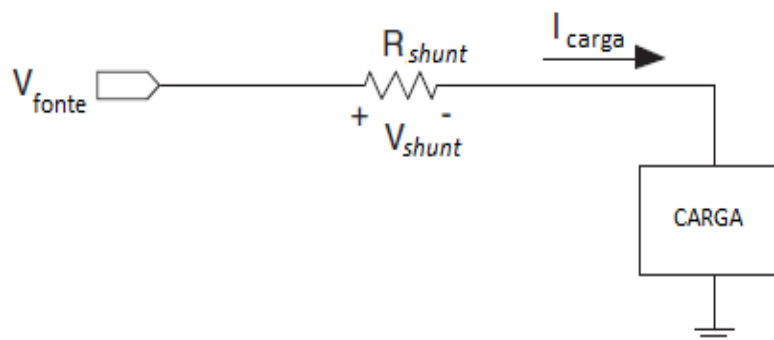


Figura 2.4. Medição de corrente na configuração *High-Side*.

2.3 MODELO DE POTÊNCIA

A estimativa e utilização de modelos de consumo de energia de processadores são importantes para otimização do tempo de vida da bateria e gerenciamento de energia em sistemas alimentados pela mesma.

Dentre os modelos existentes, neste relatório é abordada a estimação do modelo por meio do *método dos mínimos quadrados linear*. Segundo (NEVES *et al*, 2013), a potência consumida estimada é calculada da forma:

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^P y_i + Y_0 = \sum_{i=1}^P c_i (s_i, \mu_i) + Y_0 \quad (2.6),$$

onde: \hat{y} é a potência consumida estimada, $\sum_{i=1}^P y_i$ é a potência dinâmica, que é função do estado de energia s_i e utilização μ_i dos P dispositivos constituintes do sistema computacional (por exemplo, processador, HD, Wi-fi, etc.), e Y_0 é a potência estática.

Representando o componente de potência $c_i(s_i, \mu_i)$ pelo produto $b_i u_i$, onde b_i é o parâmetro do modelo e u_i é a entrada do modelo, logo

$$\hat{y} = \sum_{i=1}^P b_i u_i + Y_0 \quad (2.7),$$

que expresso da forma matricial, sendo realizado $m \in \mathbb{N}$ experimentos para identificação de dados, tem-se:

$$\begin{bmatrix} \hat{y}_1 \\ \vdots \\ \hat{y}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{11} & \dots & u_{1P} & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ u_{m1} & \dots & u_{mP} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_P \\ Y_0 \end{bmatrix} \quad \therefore \hat{Y} = C\theta \quad (2.8).$$

Assim, o objetivo na estimação do modelo de potência pelo método é encontrar os parâmetros do vetor θ que minimizar a norma ao quadrado da potência estimada \hat{Y} e a potência medida Y , de forma que cada elemento do vetor estimado seja não-negativo. Ou seja,

$$\min_{\theta} \|C\theta - Y\|_2^2, \text{ desde que } \theta \geq 0 \quad (2.9).$$

3 LISTA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao longo do período de estágio, foram propostas atividades associadas as linhas de atuação existentes ou em desenvolvimento no projeto, que são:

- Linha de atuação 1: GDE para Windows 7
 - ✓ Plataforma alvo: *Notebooks, Netbooks e Desktops*
- Linha de atuação 2: GDE para redes corporativas
 - ✓ Plataforma alvo: Servidores, *Notebooks, Netbooks e Desktops* conectados numa rede corporativa
- Linha de atuação 3: GDE para Windows 8
 - ✓ Plataforma alvo: *Notebooks e Netbooks*
- Linha de atuação 4: GDE para *Android*
 - ✓ Plataforma alvo: *Smartphones e Tablets*

Dessa forma, realizou-se basicamente três atividades no período de Out/2013 a Fev/2014, que foram:

- Monitoramento da Potência para *Notebooks/Netbooks e Smartphones*;
- Monitoramento da Potência para *Desktops*;
- Identificação de Modelos de Potência para *Desktops*.

Nos capítulos que seguem, será abordada com mais detalhes a execução de tais atividades.

4 MONITORAMENTO DE POTÊNCIA PARA *NOTEBOOKS/ NETBOOKS E SMARTPHONES*

O monitoramento da potência consumida por *notebooks/netbooks* e *smartphones* neste estudo é feito através de medições da **tensão** e da **corrente** demandadas pelos mesmos em pleno funcionamento. Entretanto, dependendo do tipo de dispositivo monitorado, o aparato experimental usado é distinto.

As características de cada aparato utilizado e as melhorias feitas são descritas nas subseções a seguir.

4.1 SISTEMA DE MEDIÇÃO UTILIZADO

O aparato experimental usado até então na medição para *notebooks/netbooks* é composto por um circuito eletrônico, no qual são feitas as medições das grandezas de interesse, i.e., a tensão de alimentação fornecida pelo carregador e corrente demandada pelo dispositivo; e por um módulo de aquisição de dados DAQ NI USB-6210 conectado a um outro computador executando uma *interface* homem-máquina (IHM), desenvolvida no *software* LabVIEW, para visualização e armazenamento dos dados.

No circuito, a corrente i é obtida dividindo-se a tensão v_{shunt} medida sobre um resistor *shunt* pelo valor nominal deste tipo de resistor, que é, neste caso, igual a $0,01 \Omega$ (Fig. 4.1). Já a tensão v é obtida medindo-se a tensão de saída v_2 sobre um divisor resistivo, (com $R_1 = 10,055 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 9,945 \text{ k}\Omega$), devido o valor nominal da fonte de alimentação de 19 V ser maior que a máxima tensão suportada na entrada analógica do módulo de aquisição de dados, igual a 10 V .



Figura 4.1 Fotografia do resistor *shunt* utilizado no aparato experimental em estudo.

Analogamente, o aparato experimental usado até então na medição para *smartphones* apresenta um circuito eletrônico e um outro módulo NI USB-6210 conectado a um computador executando uma IHM via LabVIEW. A corrente i medida também é obtida da mesma forma, enquanto que a tensão v é obtida diretamente, medindo-se a tensão de alimentação v_{fonte} da fonte projetada, com valor igual a 4,3 V.

Em ambos os aparatos, os valores de v_{shunt} e v_2 (ou v_{fonte}) são enviados ao DAQ e convertidos na IHM em i e v , respectivamente, de forma que a potência consumida p é calculada conforme a Equação (2.5). É importante lembrar que, devido a queda de tensão sobre o resistor *shunt* ser muito pequena, em torno de dezenas de mV, considera-se a potência dissipada pelo *shunt* desprezível, de forma que $v_{fonte} \cong v_{carga}$.

O diagrama completo do aparato experimental utilizado para cada tipo de medição bem como o painel frontal da IHM utilizada podem ser observados nas Figs. 4.2, 4.3 e 4.4.

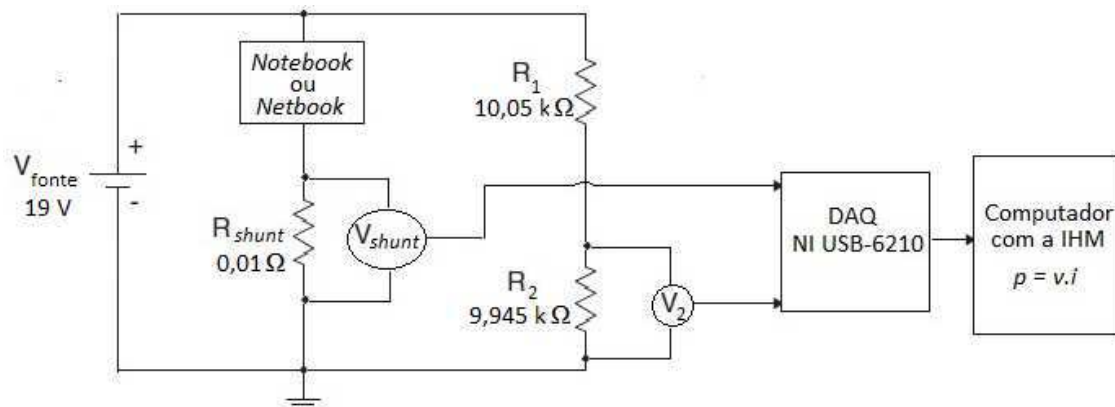


Figura 4.2. Diagrama do aparato experimental utilizado na medição para *notebooks/netbooks*.

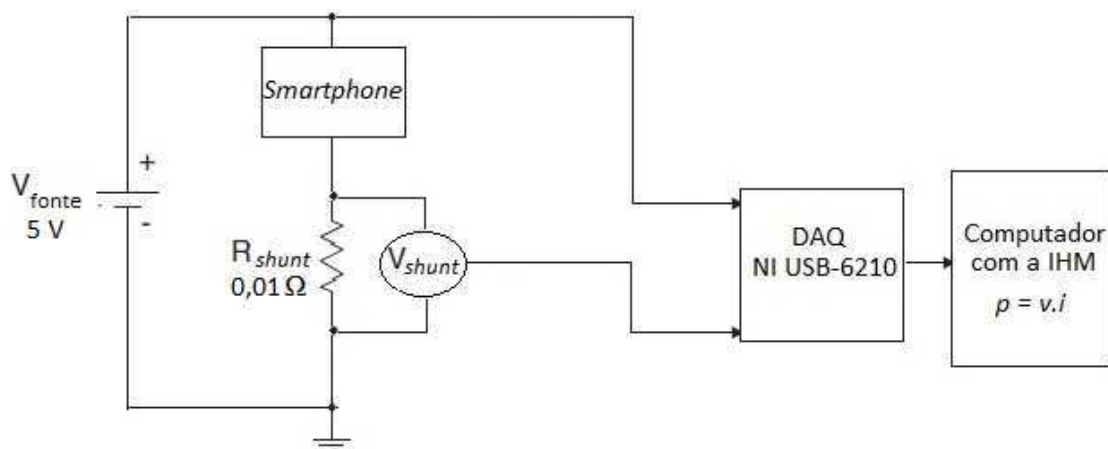


Figura 4.3. Diagrama do aparato experimental utilizado na medição para *smartphones*.

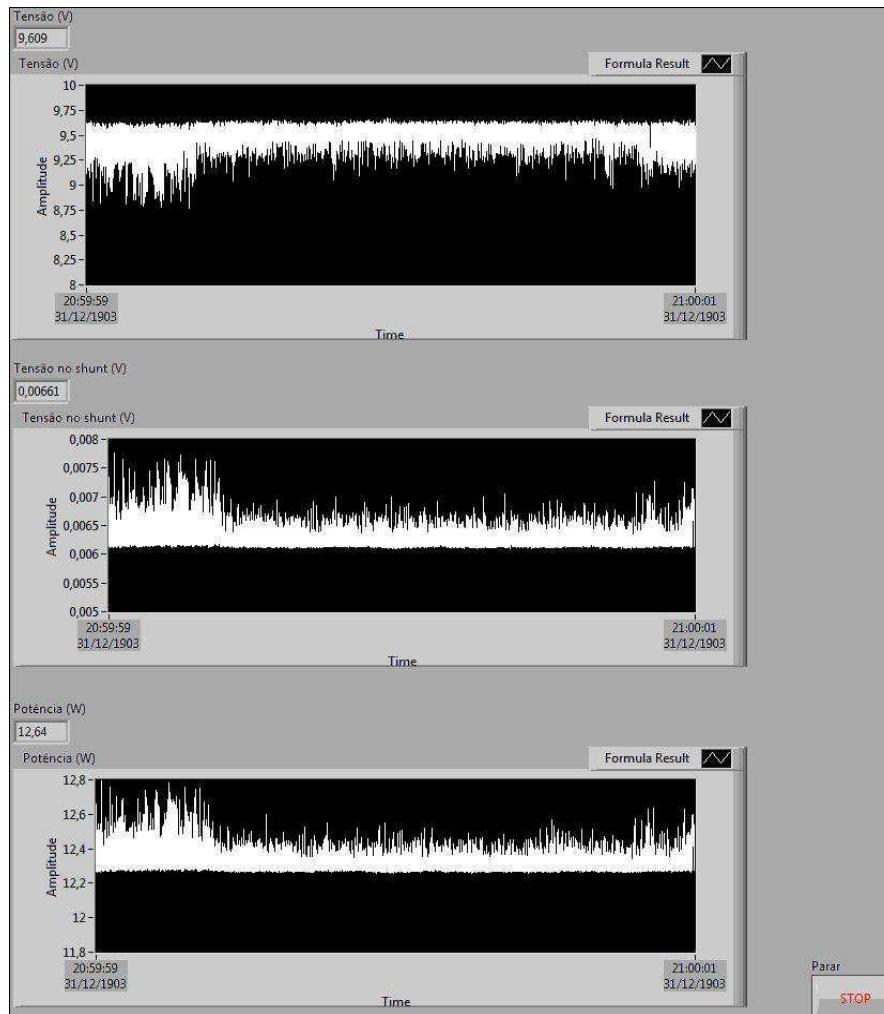


Figura 4.4. Painel frontal da IHM utilizada no monitoramento da potência consumida.

Entretanto, há alguns problemas associados à utilização destes aparatos. São eles:

- Necessidade recorrente de calibração da medição no *shunt*, com a presença de alguns valores não confiáveis ao longo do monitoramento via IHM;
- Em ambos os aparatos, o tipo de configuração adotado para medição de corrente é o *low-side*, no qual é bastante susceptível a interferência do ruído nas medições;
- Dificuldade na portabilidade e no armazenamento do aparato experimental, uma vez que, em todo monitoramento a ser feito, é preciso conectar as saídas do circuito com as entradas do módulo de aquisição, como também desconectar as mesmas para guardá-los;

- Custo associado a utilização de dois circuitos e dois DAQs NI USB 62-10, que apresentam a mesma finalidade neste estudo, i.e., monitorar corrente e tensão.

Com isso, ficou evidente a necessidade de projetar e montar uma plataforma experimental em que pudesse ser feito ambos os tipos de medição.

4.2 PLATAFORMA EXPERIMENTAL PROPOSTA

Diante dos problemas anteriormente descritos, foi projetada e montada uma plataforma unificada de medições de tensão e corrente, na configuração *high-side*, para monitoramento da potência consumida por *notebooks/netbooks* e *smartphones* do fabricante Positivo Informática.

Primeiramente, para se ter conhecimento do valor real da corrente medida via *shunt*, foram inseridos dois multímetros no sistema de medição utilizado para *notebooks/netbooks*, sendo um no modo amperímetro e o outro, no modo voltímetro, para medir a tensão sobre tal resistor, conforme ilustrado na Fig. 4.5.



Figura 4.5. Inserção de dois multímetros no sistema de medição utilizado para *notebooks/netbooks*, de forma a verificar a corrente medida.

A partir de tais medições, pode-se prever as correntes demandadas por *notebooks/netbooks*, desde do modo ligado, executando aplicativos, até o modo desligado. Com isso, foi possível simular cargas, através de resistores de potência –

30 Ω 15 W (Fig. 4.6a) e 150 Ω 30 W (Fig. 4.6b) – que drenassem os mesmos níveis de corrente observados, conforme a Tabela 4.1.



Figura 4.6. Fotografia dos resistores de potência: a) 30 Ω 50 W ; b) 150 Ω 30 W, utilizados para simular as cargas em estudo.

Tabela 4.1. Simulação das cargas (notebook/netbook) para construção da plataforma experimental.

Modo de Operação	Corrente máx (A)	Resistência equivalente a carga (notebook/netbook) (Ω)	Associação dos resistores de potência (Ω)
Ligando/Desligando	$\sim 1,5$	13	30//30//150 $\cong 13,6$
Executando aplicativos	$\sim 0,7$	27	30
Hibernando	$\sim 0,4$	47	150//150//150 $\cong 50$

Além disso, como a tensão no *shunt* é muito pequena e bem susceptível ao ruído, então teve-se a ideia de inserir um amplificador de instrumentação AD623 no projeto do novo circuito.

O primeiro circuito proposto alterava apenas o sistema de medição para *notebooks/netbooks*. Neste circuito, o divisor resistivo permanecia conectado à fonte de alimentação de 19 V para medição de tensão, enquanto que para medição de corrente, constituía-se por esta mesma fonte, uma carga R_{load} (no caso, um *notebook* ou um *netbook*) e um resistor do tipo *shunt* de 0,01 Ω , conectado entre a fonte e a carga.

Dos terminais do *shunt*, deriva-se dois divisores resistivos, com $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 9,51 \text{ k}\Omega$, que eram conectados as entradas positiva e negativa do amplificador de instrumentação. Esses divisores permitiam que a saída V_{out} do amplificador não fosse saturada, quando o produto entre a diferença da tensão de entrada $\Delta V = (V_2 - V_1)$ e o ganho projetado da forma

$$G = \frac{V_{out_m\acute{a}x}}{\Delta V_{m\acute{a}x}} = \frac{4,5V}{15mV} = 300 \quad (4.2),$$

alcançasse um valor maior que $V_{out_m\acute{a}x}$.

Para definir esse valor de G no circuito, aplicou-se na fórmula de ganho do AD623 (ANALOG DEVICES, 2008):

$$G = 1 + \frac{100k}{R_G} \quad (4.3),$$

onde obteve-se o resistor de ajuste de ganho R_G aproximadamente igual a 330 Ω .

Por fim, na saída do amplificador conectava-se um *buffer* seguido de um resistor R_{out} de valor igual a 22,7 Ω (carga mínima possível na saída do *buffer* sem alterar o ganho), para que pudesse ser feita uma equivalência da corrente I_{out} com o valor da corrente I_{shunt} medida.

O diagrama elétrico de tal circuito pode ser observado na Fig. 4.7.

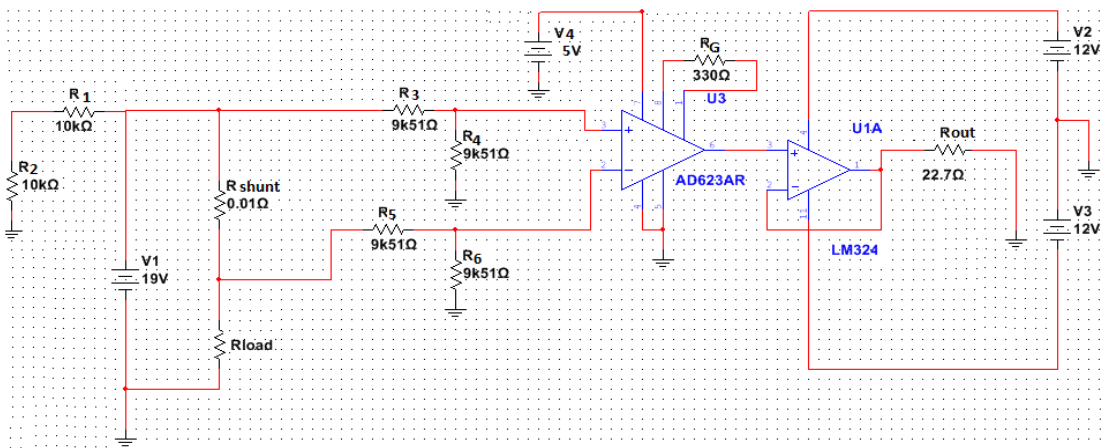


Figura 4.7. Diagrama elétrico do primeiro circuito proposto de medição para *notebooks/netbooks*.

Matematicamente tem-se que:

$$V_{out} = G(V_2 - V_1) = G \frac{R_{shunt} I_{shunt}}{2}$$

$$\Rightarrow R_{out} I_{out} = G \frac{R_{shunt} I_{shunt}}{2}$$

$$\Rightarrow I_{shunt} = \frac{2R_{out} I_{out}}{GR_{shunt}} \therefore I_{shunt} = KI_{out} \quad (4.4),$$

onde: K é o fator que determina a equivalência entre a corrente I_{out} com o valor da corrente I_{shunt} medida.

Logo, para $R_{out} = 22,7 \Omega$, tem-se $K \cong 15$.

Entretanto, devido aos problemas encontrados que dificultavam o bom funcionamento deste circuito (vide Cap. 7 - Resultados Obtidos), foi proposto um

segundo circuito, expandindo-o para medição de tensão e de corrente consumida por *smartphones*.

Neste novo circuito, manteve-se mais uma vez o divisor resistivo para medição da tensão fornecida pela fonte, substituindo-se o *shunt* por um CI dedicado, que foi o CI ACS712, sensor de corrente por efeito *Hall* para medição na faixa de $\pm 5\text{A}$, do fabricante Allegro.

O sensor ACS712 é utilizado para medir a corrente elétrica alternada ou contínua de circuitos industriais, comerciais e sistemas de comunicação. A corrente elétrica aplicada gera um campo magnético que o circuito *Hall* converte em uma tensão proporcional. A saída do dispositivo possui uma variação de tensão positiva quando uma corrente crescente flui dos pinos 1 e 2 para os pinos 3 e 4, que correspondem aos pinos de entrada e saída da corrente de amostragem, conforme o diagrama representado na Fig. 4.8a. Uma fotografia do sensor em estudo pode ser observada na Fig. 4.8b.

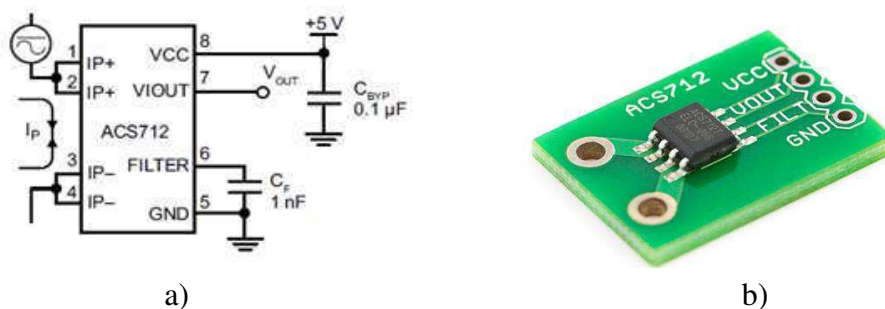


Figura 4.8. a) Diagrama elétrico do sensor ACS712; b) Fotografia do sensor ACS712 (ALLEGRO, 2010).

A resistência interna do caminho percorrido pela corrente é igual a 1,2 $\text{m}\Omega$, fornecendo uma baixa potência. Os terminais de condução de corrente são isolados eletricamente dos pinos 5 a 8. Isto permite que o ACS712 seja usado em aplicações que necessitam de isolamento elétrico sem o uso de optoacopladores ou outras técnicas de isolamento (ALLEGRO, 2010).

A curva característica Tensão de Saída *versus* Corrente Medida pelo sensor pode ser observada na Fig. 4.9, admitindo-se que 0 A corresponde a uma tensão de saída de 2,5 V.

Devido a técnica de fabricação utilizada, a tensão de saída do *Hall* é insensível aos efeitos de temperatura e stress mecânico (ALLEGRO, 2010). Além disso, o uso de um filtro passa baixa no pino 6, filtra o sinal induzido magneticamente pelo efeito *Hall*.

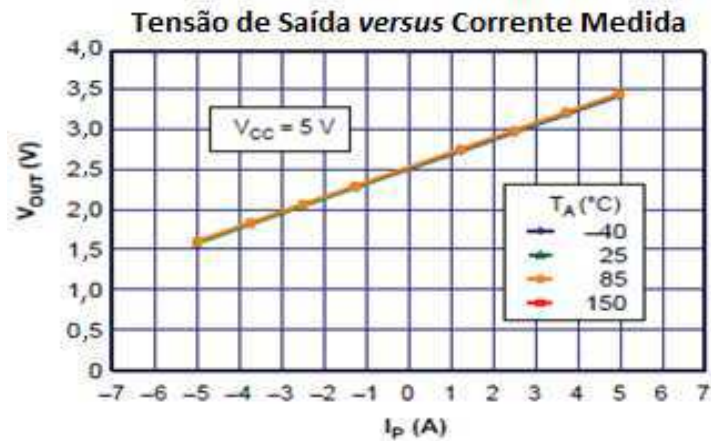


Figura 4.9. Curva Tensão de Saída versus Corrente medida do sensor ACS712 (ALLEGRO, 2010).

Tal filtro tem seu valor de capacitância escolhido associado à frequência de corte, que por sua vez, tem relação com o tempo de subida da resposta ao degrau do sensor. Logo,

$$f(-3 \text{ dB}) = 0,35 / t_r \quad (4.5),$$

onde: $f(-3 \text{ dB})$ é a frequência de corte do filtro passa baixa e t_r é o tempo de subida.

Na Fig. 4.10 pode ser observada a curva característica Tempo de subida *versus* Capacitor do Filtro, bem como a listagem de alguns valores típicos ao lado.

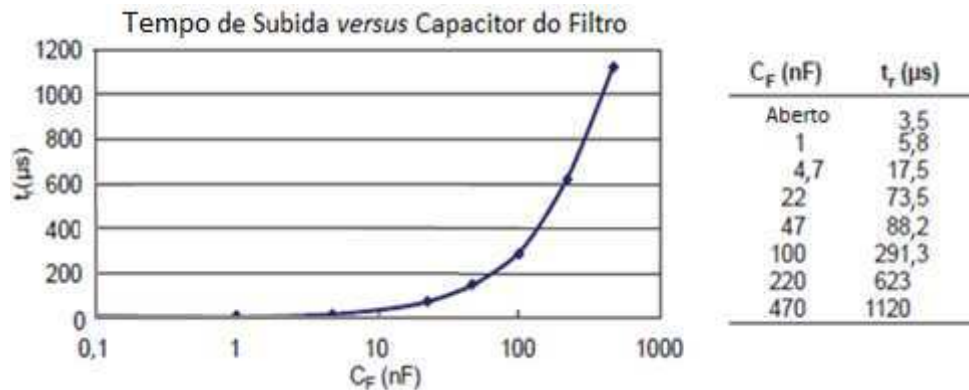


Figura 4.10. Curva característica Tempo de subida *versus* Capacitor do Filtro no sensor (ALLEGRO, 2010).

Já na Tabela 4.2 reúne-se as principais características elétricas do sensor, segundo o fabricante.

Tabela 4.2. Quadro com características elétricas do sensor de corrente (ALLEGRO, 2010).

Características	Símbolo	Condição de Teste	Mín	Típico	Máx	Unid.
Tensão de Alimentação	V_{cc}		4,5	5	5,5	V
Corrente de Alimentação	I_{cc}	$V_{cc} = 5$ V (saída aberta)	-	10	13	mA
Carga Capacitiva de Saída	C_{LOAD}	V_{OUT} para GND	-	-	10	nF
Carga Resistiva de Saída	R_{LOAD}	V_{OUT} para GND	4,7	-	-	k Ω
Resistência de Condução Primária	$R_{primário}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	-	1,2	-	m Ω
Tempo de Subida	t_r	$I_p = I_p(\text{máx})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ e $C_{OUT} = \text{aberto}$	-	5	-	μs

Sendo assim, a plataforma experimental proposta terá um circuito elétrico robusto, de forma que o usuário se preocupe apenas em conectar a fonte na entrada respectiva e a carga em estudo na saída, abstraindo-o da necessidade de um maior entendimento de *hardware* para realizar o monitoramento de interesse.

O novo circuito elétrico irá apresenta duas entradas para fonte de alimentação, sendo cada uma delas específica para alimentar a carga em estudo, i.e., 19 V para *Notebooks/Netbooks* e 5 V para *Smartphone*. Além disso, cada entrada possui dois tipos de conectores: um conector P4 fêmea, típico para encaixe de fontes para *notebooks/netbooks* e em fontes portáteis de 5 V; e um borne de dois pinos, caso as fontes disponíveis no momento da medição não apresentem esse tipo de conector.

Para habilitar o tipo de monitoramento, o circuito terá uma chave *on-off* do tipo ponte H com 3 estados (sendo o intermediário referente ao estado inativo), para aplicar a tensão de alimentação requerida pela carga e ativar o LED respectivo a esta tensão, de forma simultânea.

Uma vez alterada a posição da chave, a tensão fornecida pela fonte ao ser aplicada na carga conectada irá gerar uma corrente que flui pelos pinos 1, 2 e 3, 4 do sensor ACS 712. Tal sensor será alimentado por uma fonte independente de 5 V, com um capacitor de 100 nF conectado em paralelo no pino 8 deste. Como o sensor

encontra-se entre a fonte e a carga, então compõe a configuração *high-side* para medição de corrente.

A corrente medida será correspondente ao nível de tensão medido sobre um resistor de $9,51 \text{ k}\Omega$ conectado no pino 7 de saída do sensor. A escolha desse valor de resistência está associada à garantia do nível de tensão mínima para uma medição de corrente confiável, no caso, $2,5 \text{ V}$.

Quanto à escolha da capacitância do filtro do sensor, levantou-se a FFT (*Fast Fourier Transform*) do sinal de corrente medido pelo aparato experimental anterior (Fig. 4.11), e observou-se que as componentes de frequências relevantes do sinal encontram-se nas frequências mais baixas (menor que 5 Hz). Com isso, o sensor terá conectado no pino 6 um capacitor de 220 nF , que garantiu a menor frequência de corte para o valor de capacitância encontrada, no caso, $f = 561 \text{ Hz}$ (vide listagem na Fig. 4.10).

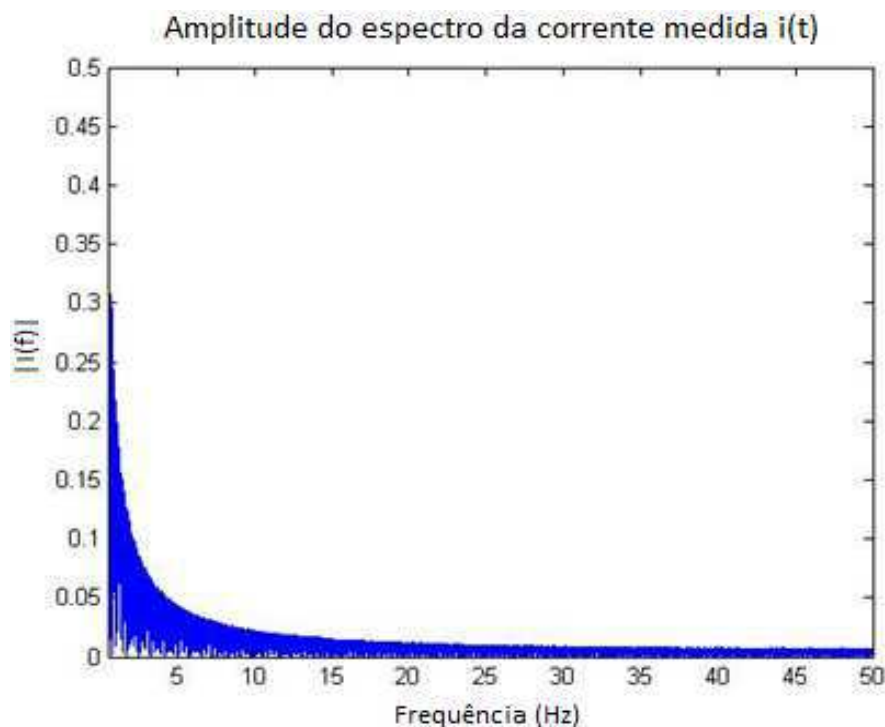


Figura 4.11. FFT do sinal de corrente medido pelo aparato experimental utilizado até então.

Para aquisição dos sinais via DAQ, o circuito terá um borne de quatro pinos, sendo um para a tensão proporcional à corrente medida pelo sensor ACS712 (V_{Corrente}); outro para a tensão medida no divisor resistivo $10 \text{ k}\Omega$, referente à metade da tensão de alimentação do *Notebook/Netbook* (V_{Notebook}); outro para tensão medida na fonte de alimentação do *Smartphone* (V_{Celular}) e outro para o terra (GND).

diretamente do sistema operacional. Como exemplo, tem-se o uso dos núcleos da CPU, da memória RAM, o brilho da tela LCD, o *status* da rede *Wi-fi*, taxa de *download/upload*, etc.

Na Fig. 4.13 pode ser observada a tela do *software Components Logger* configurado para coleta dos dados de interesse em uma medição.

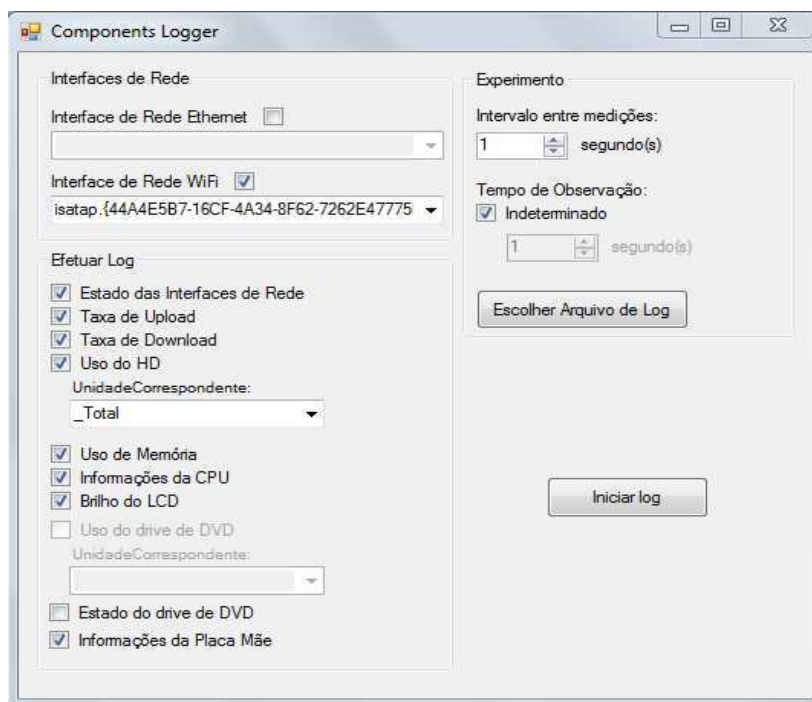


Figura. 4.13 Tela do *software Components Logger* configurado para coleta dos dados.

Esse sincronismo facilitaria a compreensão de como o uso destes dispositivos consegue influenciar na demanda de corrente, e por sua vez, na potência consumida pelo *notebook/netbook*, no caso.

Com base nessas deficiências e na construção da plataforma experimental descrita na subseção anterior, foi proposta uma nova IHM que atendesse ambas as situações.

Basicamente, uma IHM implementada no *software LabVIEW* é constituída por um painel frontal, onde encontram-se os gráficos, LEDs, botões, controles e indicadores numéricos que disponibilizam a informação para o operador; e por um diagrama de blocos, no qual é feito o processamento dos dados por meio da conexão de um conjunto de blocos funcionais (NATIONAL INSTRUMENTS, 2013).

Dessa forma, o diagrama de blocos da nova IHM apresenta um laço *While*, que tem como condição de parada o acionamento do botão PARAR. Caso isso não ocorra, a continuidade no processo de leitura é garantida.

O acesso aos níveis de tensão e ao sinal de referência coletados do circuito elétrico projetado é feito através do bloco *DAQ Assistant*, que é configurado internamente para fazer aquisição das entradas analógicas habilitadas no DAQ NI USB-6210, no caso *V_Corrente* (AI 9), *V_Notebook* (AI 3), *V_Celular* (AI 2) e GND (AI GND). Na saída deste bloco, os níveis mensurados são convertidos em um único *array* de dados, do tipo *double*, pelo bloco *Convert from Dynamic Data*; e retomados individualmente pelo bloco *Index Array*, conforme o elemento que representa no *array* de dados. Tais níveis são visualizados por meio de indicadores numéricos do mesmo tipo, sendo previamente retirado o *offset* de 0,1 V presente em *V_Corrente* devido à tensão de alimentação utilizada no sensor ser maior que o valor típico, chegando até 5,22 V (Fig. 4.14, quadro (a)).

Antes de serem visualizadas no painel frontal, tanto a tensão demandada como a corrente demandada precisam ser tratadas (Fig. 4.14, quadro (b)). Dependendo do dispositivo móvel em monitoramento, a tensão demandada provém de entradas analógicas distintas. Como a tensão de alimentação do *smartphone* é aplicada diretamente em uma dessas entradas, logo foi criada um estrutura *Case*, que tem como condição de entrada verificar se *V_Celular* é menor ou igual a 5 V: se sim, então a fonte de alimentação para o *smartphone* não está conectada no circuito, estando por sua vez, a fonte de 19 V habilitada para monitorar *notebook/netbook*; caso contrário, a fonte para *smartphone* que estará habilitada para monitorá-lo.

Quando a fonte de 19 V está habilitada, é recuperada este valor de tensão multiplicando *V_Notebook* por um fator igual a 1,989, proveniente do divisor resistivo de 10 k Ω . Já quando a fonte de 5 V está habilitada, é subtraída de *V_Celular* a queda de tensão sobre o diodo IN5400 3A conectado em série com o *smartphone*, assumindo neste caso aproximadamente 0,7 V em pleno funcionamento.

Além disso, na saída deste *Case* há um conjunto de LEDs que permite sinalizar, junto ao circuito projetado, a aplicação da tensão da fonte na carga em estudo. Ou seja, se *V_Notebook* é maior do que 9,3 V quando a condição da estrutura *Case* for *TRUE*, então um LED verde é aceso para indicar que 19 V está sendo aplicado nos *notebooks* ou *netbooks* em teste; já se *V_Notebook* é maior do que 2,4 V quando a condição da estrutura *Case* for *FALSE*, então um LED amarelo é aceso para indicar que 5 V está sendo aplicado no *smartphone* em teste.

No caso da corrente demandada, a mesma é obtida por meio de uma função afim que caracteriza o sensor ACS712, conforme a Equação (4.6). A função inversa é aplicada no bloco *Formula* para resultar em valor de corrente.

$$V_Corrente = 0,2I + 2,5 \quad (4.6),$$

onde: *V_Corrente* é tensão medida na saída do sensor e *I* é a corrente medida indiretamente.

Devido a necessidade vigente na realização dos testes de monitoramento, foi acrescentado ao diagrama de blocos uma subVI pronta que funciona como cronômetro durante a execução da IHM (Fig. 4.14, quadro (c)).

Após o tratamento dos dados, a potência consumida é calculada através do produto entre a tensão demandada e corrente demandada, estando as mesmas disponibilizadas continuamente em indicadores numéricos em destaque no painel frontal. Já para visualização das tensões referentes à fonte de alimentação e à saída do sensor no tempo de medição, são utilizados gráficos que, por meio do bloco *Build Waveform*, exibem o *array* de medidas de tensão sincronizadas com a data e a hora da medição, i.e., o *timestamp* do sistema operacional, proveniente do bloco *Get Current Time* (Fig. 4.14, quadro (d)).

Por fim, para armazenamento das informações de interesse em um arquivo .txt, as medições obtidas via IHM e o *timestamp* são convertidos em dados do tipo *string*, por meio dos blocos *Number to Fractional String* e *Formate Date/Time String*, respectivamente. Tais *strings* são concatenadas em um *array*, que é gerado em forma de tabela e escrito no arquivo criado ou substituído continuamente a cada iteração do laço *While* (Fig. 4.14, quadro (e)).

O diagrama de blocos completo pode ser observado na Fig. 4.14.

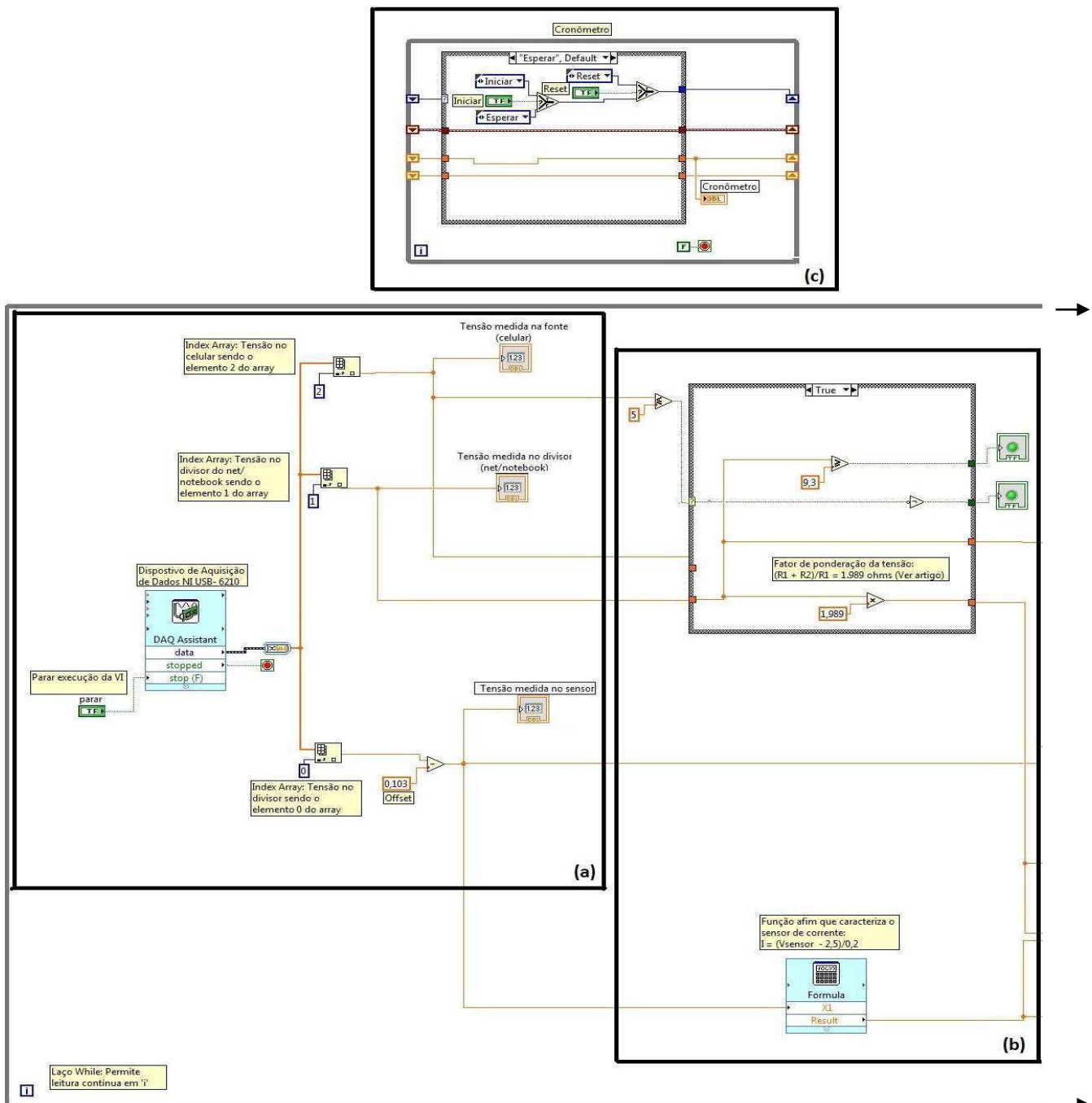


Figura 4.14. Diagrama de blocos final da nova IHM proposta para o monitoramento da potência consumida por dispositivos móveis (*notebook/notebook* e *smartphone*) – quadros (a), (b) e (c).

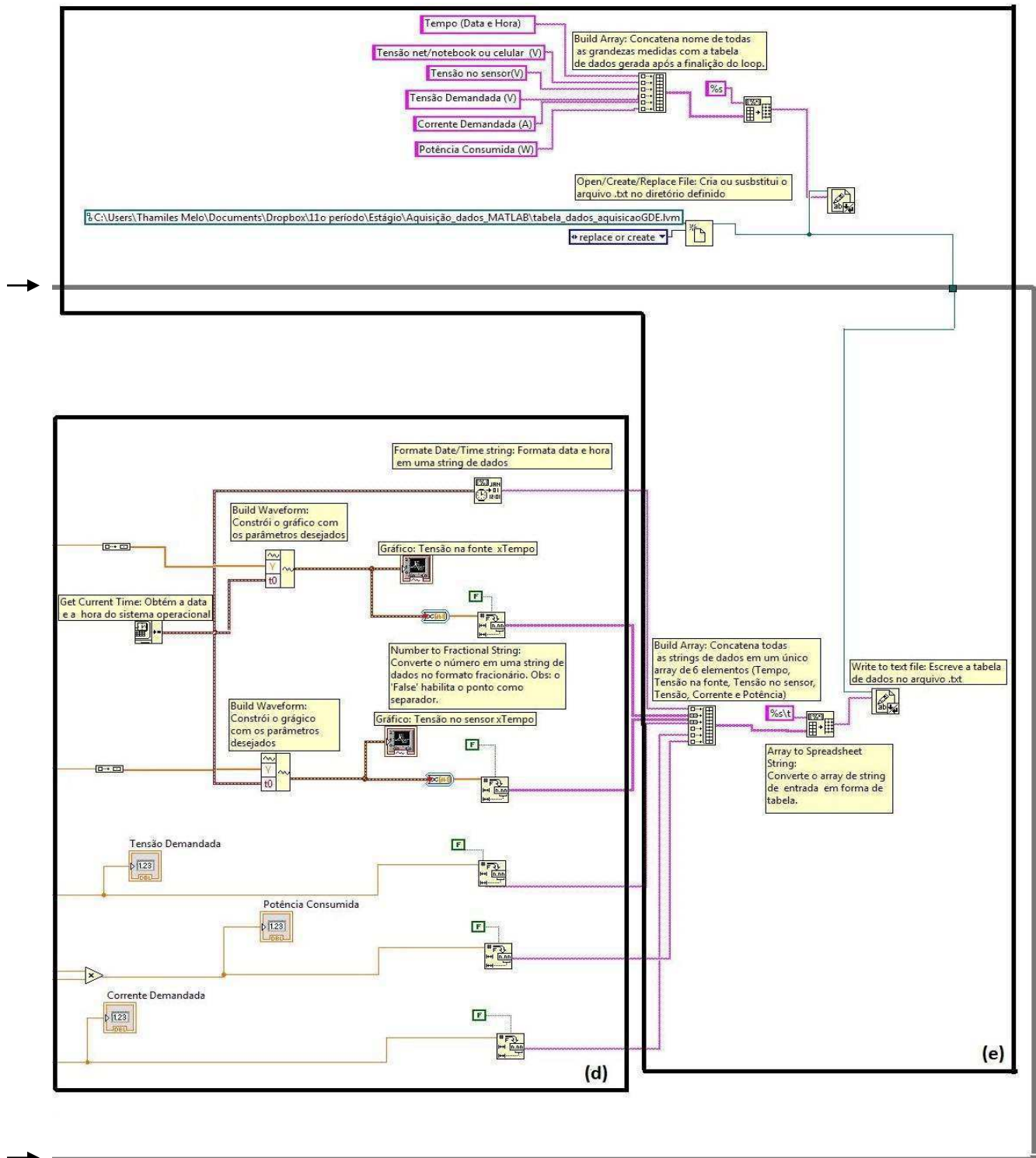


Figura 4.14. Diagrama de blocos final da nova IHM proposta para o monitoramento da potência consumida por dispositivos móveis (*notebook/netbook* e *smartphone*) – quadros (d) e (e).

Uma vez definida a nova IHM, deu-se início a implementação de uma rotina no MATLAB, que realizasse a sincronia dos dados do LabVIEW com os dados do *Components Logger*. Entretanto, como é listada uma série de estados de funcionamento dos dispositivos constituintes do sistema computacional, então teve-se que direcionar a implementação da rotina para um estudo de caso, que foi a comparação do desempenho do processador com o uso da política de gerenciamento de energia realizada pelo *Windows* e com a política do Positivo Bateria.

Dessa forma, foram gerados quatro arquivos *.txt*, sendo um par destes com aplicação da política do *Windows* (um referente aos dados do LabVIEW e outro aos dados do *Components Logger*), e o outro par, dos mesmos *softwares*, porém com a política Positivo Bateria.

Um par desses arquivos são carregados no MATLAB por meio da função *importdata* que gera duas *structs*. Cada *struct* separa os dados do arquivo como um conjunto de vetores do tipo *double*, que são as medições das grandezas físicas **tensão**, **corrente** e **potência** no LabVIEW, e os estados de funcionamento dos dispositivos no *Components Logger*; e um outro vetor do tipo *cell*, no qual armazena as linhas de comentários no arquivo e outros tipos de dados, no caso em estudo, os dados de **data** e **hora** convertidos para o tipo *char*, para que a formatação não fosse perdida.

Os estados de funcionamento em análise neste estudo de caso foram:

- Carga da CPU, usada em cada núcleo (no caso do *notebook* utilizado, Núcleo 1 e Núcleo 2) e a total;
- Temperatura da CPU, de cada núcleo (no caso do *notebook* utilizado, Núcleo 1 e Núcleo 2) e a *package*;
- *Clock* da CPU, de cada núcleo (no caso do *notebook* utilizado, Núcleo 1 e Núcleo 2) e aquela respectiva à velocidade do barramento;
- Potência consumida pela CPU, pelos núcleos, *package* e gráficos.

Como ambos os arquivos apresentam dados referentes ao tempo de medição, no formato *timestamp* (*dd/mm/yyyy HH:MM:SS* ou *dd-mm-yyyy HH:MM:SS*), então foi necessário recorrer a funções específicas no MATLAB para processamento adequado desses dados, principalmente na construção dos gráficos **grandeza física x tempo** ou **estado de funcionamento dos dispositivos x tempo**. As funções utilizadas foram o *datenum*, que converte a data e a hora em um número serial; o *datestr*, que converte a data e a hora em uma *string*, e o *datetick2*, um aperfeiçoamento da função *datetick* que,

além de formatar a data e a hora no eixo desejado para gerar o gráfico, permite atualizar automaticamente o eixo quando aplicado ou retirado *zoom* em *subplots*.

Em relação ao LabVIEW, como a taxa de amostragem utilizada é de 100 amostras por segundo, então é possível admitir um valor médio de tensão, corrente e potência medida a cada segundo amostrado. Dessa forma, a partir da comparação do segundo anterior com o segundo atual de cada *strings* de tempo por meio da função do MATLAB *strcmp*, pode-se gerar um novo *array* de tempo, com cada segundo registrado uma única vez, e agrupar os dados a cada 100 medidas, fazendo-se a média de cada grupo.

Assim, a sincronia dos dados coletados é estabelecida chamando-se novamente a função *strcmp* para comparar o novo *array* de tempo da medição via LabVIEW com o *array* de tempo do *Components Logger*, descobrindo-se o intervalo de medição que é comum em ambos os *softwares*. Com isso, declara-se novos *arrays* para alocar as grandezas físicas e os estados de funcionamento dos dispositivos nesse intervalo de medição, e gerar gráficos com *subplots*, que permitam visualizar o instante em que o uso de um determinado dispositivo do sistema computacional influencia na potência demandada, tanto no arquivo de gerenciamento via *Windows* como naquele com a política do Positivo Bateria.

5 MONITORAMENTO DE POTÊNCIA PARA *DESKTOPS*

Em relação aos *desktops*, o monitoramento da potência consumida é feito diretamente. Ou seja, pode-se obter medições da **potência** graças à utilização de um aparato experimental mais robusto.

Nas subseções a seguir, descreve-se sobre tal aparato e sua aplicação em uma das atividades desenvolvidas no estágio.

5.1 SISTEMA DE MEDIÇÃO UTILIZADO

O aparato experimental utilizado na medição para *desktops* é bem diferente dos usados nos dispositivos móveis em estudo. Neste caso, a medição de potência é feita através de um instrumento específico denominado *Watts Up?. NET*, do fabricante *Watts Up? Meters*.

Este instrumento é composto por um cabo USB (Fig. 5.1, elemento (1)), onde são transferidas as informações coletadas para o *notebook* de monitoramento; um equipamento medidor (Fig. 5.1, elemento (2)), que detecta a potência consumida; e um outro cabo com terminal trifásico (Fig. 5.1, elemento (3)), para conectar no equipamento alvo (no caso, o *desktop*) (NEGREIROS, 2013).



Figura 5.1. Composição do instrumento *Watts Up?. NET*, do fabricante *Watts Up Meters*.

Como o equipamento medidor é conectado entre a fonte de alimentação e a carga (no caso, entre a tensão 110/220 V AC fornecida pela rede elétrica e o gabinete de um computador *desktop*), então o *Watts Up?. NET* apresenta duas saídas principais, sendo a saída superior para ligar o cabo com terminal trifásico ao gabinete do computador (Fig. 5.2, elemento (1)), e a traseira, para conectar o equipamento medidor com a rede elétrica (Fig. 5.2, elemento (2)) (NEGREIROS, 2013).



Figura 5.2. Saídas principais do *Watts Up?. NET* para conexão entre a fonte de alimentação e a carga.

Realizada tais conexões, o sistema de medição montado pode ser observado na Fig. 5.3, contendo o computador *desktop*, o computador de monitoramento via *Logger Pro* e o instrumento *Watts Up?. NET*.



Figura 5.3. Sistema de medição completo usado na medição de potência para *desktops*.

Os dados adquiridos via cabo USB são visualizados e armazenados por meio do *software Logger Pro*, do fabricante *Vernier Software & Technology*. O *Logger Pro* é um *software* versátil e poderoso no que se refere à coleta e análise de dados para computadores com sistema operacional *Windows* e *Mac*.

Dentre suas principais características, destacam-se a capacidade de (*VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY LLC, 2014*):

- Coletar dados de uma variedade de fontes, incluindo espectrômetros, GPS, etc.
- Desenhar previsões sobre gráficos anteriores à coleta de dados;
- Realizar análise estatística dos dados, incluindo integrais, tangentes, curvas e muito mais;
- Exportar gráficos, tabelas e texto, conforme necessário em várias páginas para descrever o resultado experimental;
- Usar uma variedade de modos de coleta de dados, desde de dados em tempo real até contagem de radiação, entre outros.

Na Fig. 5.4 é ilustrada a tela principal do *software Logger Pro* durante a realização de medições de potência para *desktops*.

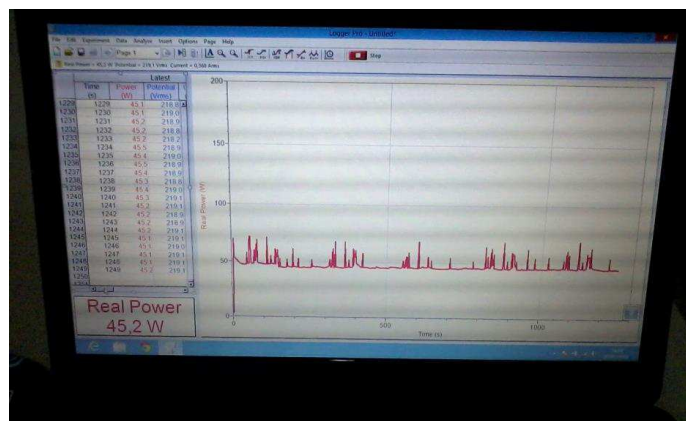


Figura 5.4. Tela principal do *software Logger Pro* durante a realização de medições de potência para *desktops*.

5.2 MONITORAMENTO DE POTÊNCIA POR 24H

Para se ter uma rápida estimativa da potência consumida por *desktops* pertencentes a uma rede corporativa no decorrer de 1 dia, os testes realizados até então no projeto duravam em torno de 24 minutos, de forma que cada 1 minuto correspondia a 1 hora.

Entretanto, com os avanços no desenvolvimento do Bateria-RC, *software* de gerenciamento de energia para redes corporativas da Positivo Informática, percebeu-se a necessidade de realizar um teste mais extenso, que contemplasse as 24 horas do dia. A partir deste teste, podia-se ter conhecimento dos ganhos obtidos, do ponto de vista energético, com a aplicação de políticas via servidor nos computadores em estudo, bem como verificar se um teste com duração de 24 min podia fazer uma boa estimativa da potência consumida por 24h.

Dessa forma, foi medida simultaneamente a potência consumida por dois computadores com as mesmas especificações de gabinete, estando um sem gerenciamento de energia e outro com gerenciamento via Bateria-RC.

Ao longo do teste, foram aplicadas cargas de trabalho típicas em um escritório, como:

- Abrir a página da *Web* (no caso, o *Google Chrome*);
- Fazer *login* no *e-mail* e escrever uma mensagem para alguém;
- Abrir o aplicativo *Excel* e realizar tarefas no mesmo;
- Abrir o aplicativo *Office* e realizar tarefas no mesmo.

Para evitar que tais cargas de trabalho fossem repetidas manualmente, elaborou-se um *script* em *loop*, que pudesse ser executado continuamente até o término do teste.

Assim, os computadores funcionaram da seguinte forma no decorrer do teste:

- Computador sem gerenciamento de energia (sem Bateria-RC)

Ligado o tempo todo

8:00h às 12:00h → *script* em *loop*

14:00h às 18:00h → *script* em *loop*

- Computador com gerenciamento de energia (com Bateria-RC)

8:00h → liga manualmente

8:00h às 12:00h → *script* em *loop*

12:00h → aplica o comando do servidor para suspender o computador

12:00h às 14:00h → computador suspenso

14:00h → liga manualmente

14:00h às 18:00h → *script* em *loop*

18:00h → aplica o comando do servidor para suspender o computador

18:00h às 8:00h → computador suspenso.

6 IDENTIFICAÇÃO DE MODELOS DE POTÊNCIA PARA *DESKTOPS*

A estimativa da potência consumida pelos sistemas computacionais também pode ser feita com base em um **modelo** obtido, sem necessariamente recorrer a uma medição a todo momento para se ter conhecimento de tal valor.

Até então, os modelos de potência construídos para *notebooks* já apresentavam um bom comportamento comparado com o que era de fato medido. Entretanto, no caso dos *desktops*, algumas propostas de modelos existiam, com parâmetros obtidos via *Components Logger*, porém não traziam respostas tão satisfatórias, com erros em torno de 7%.

Com isso, viu-se a necessidade de levantar uma nova combinação de parâmetros mensuráveis e de caráter generalizado, que reduzisse o erro para um valor menor do que este. Além disso, a partir de um modelo de potência definido, pudesse ser obtido um outro modelo, conhecido no projeto como *modelo de constantes*, que estimasse a potência consumida por um determinado computador *desktop* por meio das especificações do gabinete, como frequência máxima de operação do processador, tamanho do HD, memória RAM instalada, etc.

6.1 TESTES PARA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS

No caso em estudo, o modelo de potência para *desktops* é construído a partir de um conjunto de testes, sendo uma parte deles com um roteiro específico para identificação dos parâmetros e, a outra, com um outro roteiro para validação do modelo obtido. Ambos os tipos de testes fazem aquisição dos dados pelos *softwares Logger Pro* e *Components Logger*.

O teste de identificação, com duração de 30 min, caracteriza-se pela medição da potência consumida conforme a alteração dos estados de funcionamento do computador. Dessa maneira, as alterações foram feitas, contemplando desde os valores mínimos

possíveis até os máximos permitidos, para os seguintes dispositivos do sistema computacional:

- 00:00 – 03:00: Ocioso
- 03:00 – 09:20: Aplicação de carga de trabalho (de 15% a 95%, cada 40 segundos) pelo *software StressCPU*;
- 09:20 – 16:20: Uso da memória RAM (de 1,00 GB a 1,90 GB, cada 40 segundos) pelo *software Memalloc*, com dispositivo *Wi-fi* desativado, para não interferir na potência medida;
- 16:20 – 22:20: Frequência de Operação do Processador (de 45% a 100%, cada 40 segundos) pela política de gerenciamento de energia do *Windows*, também com dispositivo *Wi-fi* desativado;
- 22:20 – 23:40: Restauração da configuração original da política do *Windows*, ativação do dispositivo *Wi-fi* e *download* de um arquivo;
- 23:40 – 29:00: Taxa de transmissão do *download* de um arquivo (de 300 kbps a 2400 kbps, cada 40 segundos) pelo *software Free Download Manager*.
- 29:00 – 30:00: Finalização do teste, com dispositivo *Wi-fi* desligado e aplicativos encerrados.

Já o teste de validação (neste caso, também conhecido como *teste de uso livre*), com duração de 20 min, caracteriza-se pela aplicação de diferentes cargas de trabalho para verificar se o modelo se adéqua a situações diversas. Assim, as cargas de trabalho foram aplicadas da seguinte maneira:

- 00:00 – 02:30: Ocioso.
- 02:30 – 05:00: Abertura de uma página de *e-mail*.
- 05:00 – 07:30: Abertura de um arquivo *.pdf*.
- 07:30 – 10:00: Abertura de um arquivo novo no *Power Point* e encerramento do *.pdf*.
- 10:00 – 12:30: Abertura de um arquivo novo no *Word* e encerramento do *Power Point*.
- 12:30 – 15:00: Abertura de um arquivo novo no *Excel*.
- 15:00 – 17:30: Abertura da página *Youtube* e encerramento do *Excel* e do *Word*.

- 17:30 – 20:00: Finalização do teste, com o encerramento das janelas em uso.

Tendo-se conhecimento de cada roteiro, foram realizados testes de identificação e validação em quatro computadores disponíveis no projeto, com diferentes especificações de gabinete, denominados PC-2A, PC-2E, PC-2O e PC-2I, melhor descritos na subseção 6.2.2.

6.2 ANÁLISE DOS DADOS VIA MATLAB

Realizado ambos os testes, foi feito o processamento dos dados coletados a partir de duas rotinas implementadas no MATLAB, sendo uma referente à construção do modelo de potência e a outra, ao modelo de constantes.

6.2.1 MODELO DE POTÊNCIA

Na rotina de obtenção do modelo de potência, são coletadas de vinte e cinco a quarenta variáveis referentes aos estados de funcionamento do computador via *Components Logger*, e três variáveis relacionadas à potência medida via *Logger Pro*. São elas:

- Variáveis do *Components Logger*:
 - ✓ *CPU_Load_CPUCore#1*, *CPU_Load_CPUCore#2* e *CPU_Load_CPUCoreTotal*
 - ✓ *CPU_Temperature_CPUCore#1* e *CPU_Temperature_CPUCore#2*
 - ✓ *CPU_Clock_CPUCore#1* e *CPU_Clock_CPUCore#2*
 - ✓ *CPU_Clock_BusSpeed*
 - ✓ *HD_IO_Bytes/sec*
 - ✓ *RAM_Load_Memory*, *RAM_Data_UsedMemory* e *RAM_Data_AvailableMemory*
 - ✓ *WirelessDownload_B/s*, *WirelessUpload_B/s* e *WirelessStatus*
 - ✓ *Mainboard_Voltage_CPUCore*, *Mainboard_Voltage_Voltage#2*, *Mainboard_Voltage_AVCC*, *Mainboard_Voltage_3VCC*, *Mainboard_Voltage_Voltage#5*, *Mainboard_Voltage_Voltage#6*, *Mainboard_Voltage_Voltage#7* e *Mainboard_Voltage_3VSB*

- ✓ *Mainboard_Temperature_Auxiliary* e *Mainboard_Temperature_System*
- ✓ *Mainboard_Fan_CPUFan*
- Variáveis do *Logger Pro*:
 - ✓ Potência *eficaz*
 - ✓ Tensão de alimentação RMS
 - ✓ Corrente RMS

Os dados obtidos para cada variável dessa são carregados através da função *load*, estando armazenado no arquivo .txt apenas a informação numérica coletada. Após a sincronização dos dados do teste de identificação obtidos via *Logger Pro* e via *Components Logger*, calcula-se a **correlação** entre cada dispositivo em funcionamento no sistema computacional e a potência consumida, por meio da função *corr* pertencente ao *Statistics Toolbox* do MATLAB. Assim, os dispositivos em funcionamento que apresentam uma correlação com índice maior que 0,5, então contribuem significativamente na potência medida, sendo as variáveis escolhidas para o modelo a ser construído.

Por meio da função *lsqlin*, pertencente ao *Optimization Toolbox*, obtém-se as constantes do modelo de potência com base no método dos mínimos quadrados linear, no qual o *array* com os estados de funcionamento dos dispositivos no computador *desktop* e a potência consumida são os argumentos da função.

Com os dados do teste de validação, calcula-se a potência estimada através do produto entre as variáveis do modelo e as constantes obtidas. Além disso, calcula-se os erros absoluto e absoluto médio em termos percentuais da potência estimada com relação à potência medida neste teste.

6.2.2 MODELO DE CONSTANTES

Já na rotina para obtenção do modelo de constantes, são utilizadas as especificações dos computadores em teste, conforme a Tabela 6.1.

Com isso, aplica-se novamente a função *lsqlin* para obter um conjunto de parâmetros, que multiplicado pelos valores das especificações, resultem nas constantes do modelo de constantes. Tais especificações e as constantes do modelo de potência anteriormente definido são os argumentos desta função.

Tabela 6.1. Especificações presente nos gabinetes dos computadores em teste.

Especificações dos Computadores										
Nome	Processador	Parâmetros								
		Número de Cores	Frequência máx (GHz)	Frequência boost (GHz)	Tensão nominal (Volt)	Memória RAM Instalada (GB)	Memória RAM Software (GB)	Memória RAM Hardware (GB)	Tamanho HD (GB)	Velocidade de Rotação do HD (RPM)
PC-2A	Intel Core 2 Duo E7400	2	2,8	2,8	1,237	2,048	2,038	0,010	500	5400
PC-2E	Intel Core 2 Duo E7400	2	2,8	2,8	1,250	3,072	3,062	0,010	500	5400
PC-2O	Intel Core 2 Duo E7400	2	2,8	2,8	1,287	2,048	2,038	0,010	500	5400
PC-2I	Intel Core i5 2500	4	3,3	3,7	1,246	8,192	2,986	5,206	500	7200

Matematicamente, tem-se que a potência dinâmica pode ser dada como:

- Modelo de Potência:

$$\hat{y} = \sum_{j=1}^P b_{j_1} \cdot u_j \quad (6.1),$$

onde: \hat{y} é a potência estimada pelo modelo de potência [W], b_{j_1} é cada constante do modelo de potência e u_j é cada estado de funcionamento dos dispositivos via *Components Logger* para P dispositivos em uso.

- Modelo de Constantes:

$$\begin{aligned} \hat{y} &= \sum_{j=1}^P b_{j_2} \cdot u_j \\ &= \sum_{j=1}^P \left(\sum_{i=1}^E v_i \cdot \beta_i \right) \cdot u_j \end{aligned} \quad (6.2),$$

onde: \hat{y} é a potência estimada pelo modelo de constantes [W], b_{j_2} é cada constante do modelo de constantes, u_j é cada estado de funcionamento dos dispositivos em uso via *Components Logger*, v_i é cada especificação do computador para E especificações adotadas e β_i é cada parâmetro para cálculo do modelo de constantes obtido pela função *lsqlin*, de forma que $b_{j_1} \cong b_{j_2}$.

Assim, calcula-se novamente os erros absoluto e absoluto médio em termos percentuais da potência estimada com relação à potência medida neste teste.

7 RESULTADOS OBTIDOS

Realizado passo a passo tais atividades, obteve-se os resultados no que se refere ao monitoramento e a modelagem de potência nos dispositivos em estudo.

Em relação à plataforma experimental proposta para o monitoramento de potência de *Notebooks/Netbooks* e *Smartphones*, encontrou-se dificuldades na montagem do circuito na configuração *high-side* com amplificador de instrumentação.

Na Fig. 7.1 pode ser observada a montagem deste primeiro circuito proposto em *protoboard*, conforme apresentado no diagrama elétrico da Fig. 4.5 da seção 4.2.

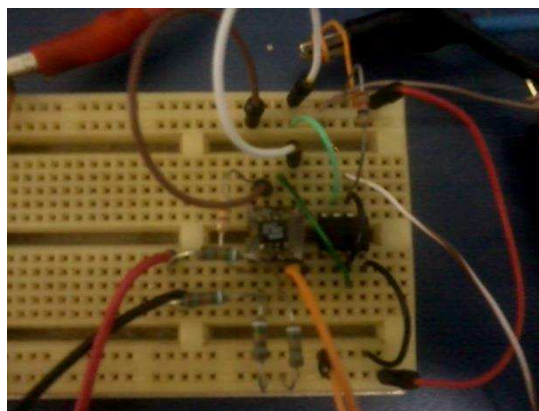


Figura 7.1. Montagem em *protoboard* do circuito proposto com amplificador de instrumentação, para medição de potência em *notebooks/netbooks*.

Para efeito de teste nesta montagem, ao utilizar um resistor de potência de $30\ \Omega$ 50 W para simular um *notebook* com carga de trabalho de um escritório, observou-se que tensão típica de 5V para o AD623 não foi suficiente para dar o ganho projetado. Por isso, aplicou-se a tensão máxima suportada pelo amplificador, + 12V, que sustentou com pequenas quedas o ganho projetado na saída (Fig. 7.2).

Entretanto, na montagem com o *notebook* em si, houve presença de tensão residual sobre os terminais de entrada do amplificador de instrumentação, fazendo-o drenar mais corrente que a especificada em seu *datasheet*, e consequentemente, danificando-o.

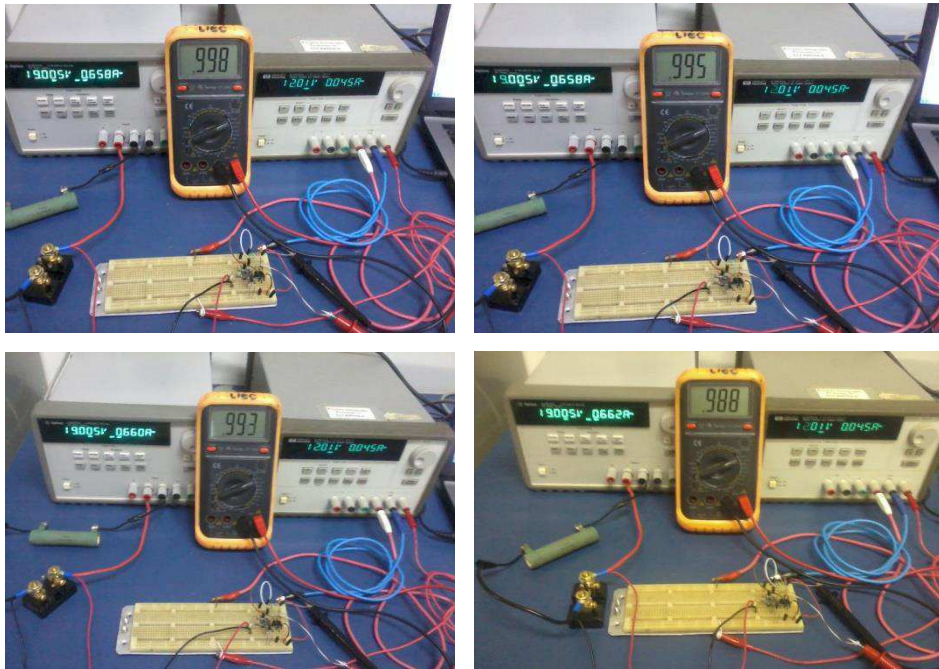


Figura 7.2. Montagem em *protoboard* para monitoramento de potência em *netbook/notebooks* (configuração *high-side*), utilizando resistor de potência como carga.

Devido ao insucesso com o amplificador de instrumentação, deu-se início a montagem em *protoboard* com sensor de efeito *Hall* na configuração *high-side* de medição de corrente (Fig. 7.3). Nessa nova montagem, tanto com os resistores de potência como os *notebooks/netbooks*, obteve-se bons resultados durante o monitoramento realizado, com medições bem próximas daquelas efetuadas via amperímetro. Além disso, estendeu-se tal circuito para medição de potência em *smartphones*, tornando-se viável ao monitoramento devido a acurácia do sensor.

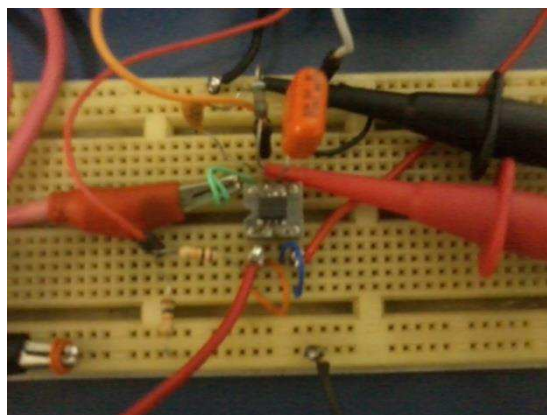


Figura 7.3. Montagem em *protoboard* do circuito proposto com sensor de efeito *Hall*, para medição de potência em *notebooks/netbooks* e *smartphones*.

Na Fig. 7.4 é ilustrada a realização de um monitoramento com um *notebook* sendo a carga em estudo, utilizando-se a montagem em *protoboard* com sensor de efeito *Hall* e a nova IHM em fase de testes.

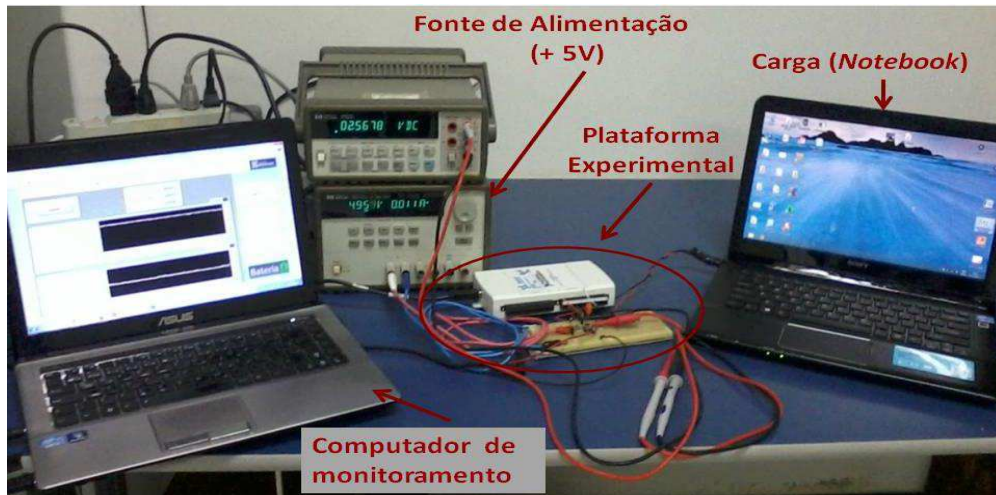


Figura 7.4. Monitoramento de potência consumida por um *notebook*, utilizando a montagem em *protoboard* com sensor de efeito *Hall* e a nova IHM em fase de testes.

Com isso, foram feitos ajustes finais para confecção da placa de circuito impresso e levantamento dos demais materiais necessários para construção da plataforma experimental, como por exemplo, o suporte para fixação deste circuito.

Na Fig. 7.5 pode-se observar a versão final da plataforma experimental proposta. Ela é constituída por:

1. Um circuito elétrico, para medição das grandezas de interesse (no caso, tensão e corrente demandadas);
2. Um DAQ NI USB-6210, para aquisição e processamento dos dados via LabVIEW;
3. Duas extensões da saída do circuito, com conectores do tipo KK fêmea em seus terminais, sendo uma delas para conectar a carga *notebook/netbook* e a outra, para a carga *smartphone*;
4. Uma presilha de fios, para prender os cabos conectores do *notebook/netbook* e *smartphone*, retirando-os apenas quando necessário;
5. Um suporte específico para apoio de celulares, facilitando o manuseio do *smartphone* durante a realização de testes;
6. Um suporte de mesa, feito em madeira, para fixação e agrupamento dos acessórios necessários para realização de testes;

7. Um pequeno quadro informativo, contendo avisos sobre o manuseio da plataforma experimental e a representação do diagrama elétrico do circuito projetado.

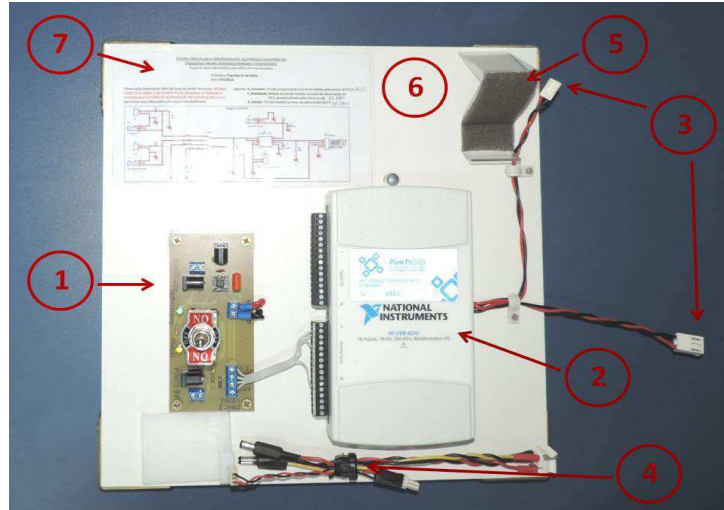
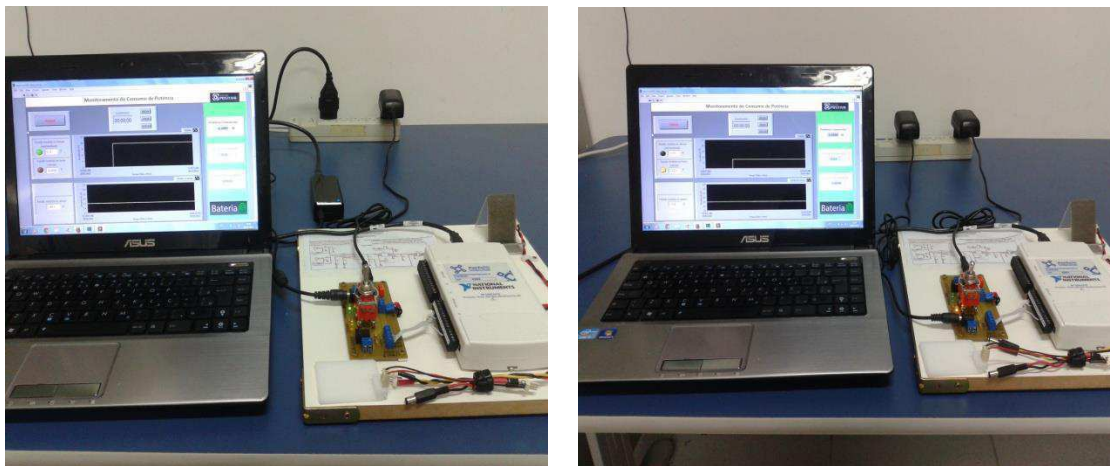


Figura 7.5. Fotografia da plataforma experimental montada para medição de potência de *notebook/netbook* e *smartphone*.

Antes de conectar a carga a ser monitorada, foram realizados testes com a chave *on-off* para verificar via IHM o degrau de tensão aplicada na saída do circuito, i.e., 19 V para *notebook/netbook* ou 5 V para *smartphone*, conforme as Figs. 7.6a e 7.6b.



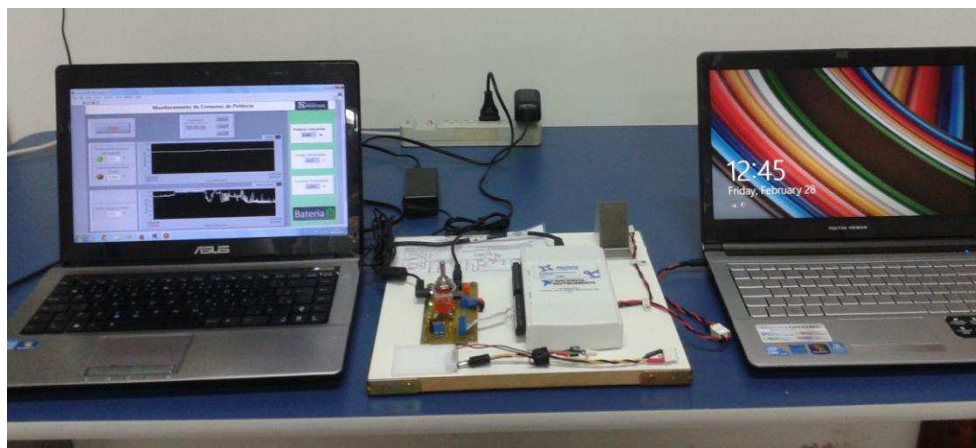
a)

b)

Figura 7.6. Verificação do funcionamento da chave *on-off* via IHM para alimentação das cargas: a) 19 V aplicado na saída para *notebook/netbook*; b) 5 V aplicado na saída para *smartphone*.

Feito isso, conectou-se *por vez* os três tipos de cargas passíveis de serem monitoradas: um *notebook* Positivo Premium, um *netbook* Positivo MOBO e um *smartphone* Positivo YPY, com suas respectivas fontes de alimentação.

Em cada teste, observou-se via IHM o comportamento obtido pelo dispositivo conectado durante as ações de ligar, executando um aplicativo e desligar, conforme as Figs. 7.7, 7.8 e 7.9.



a)

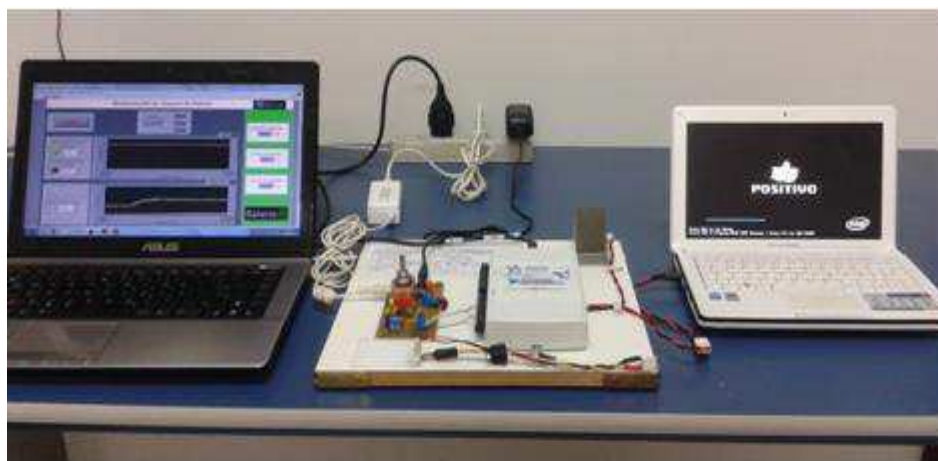


b)

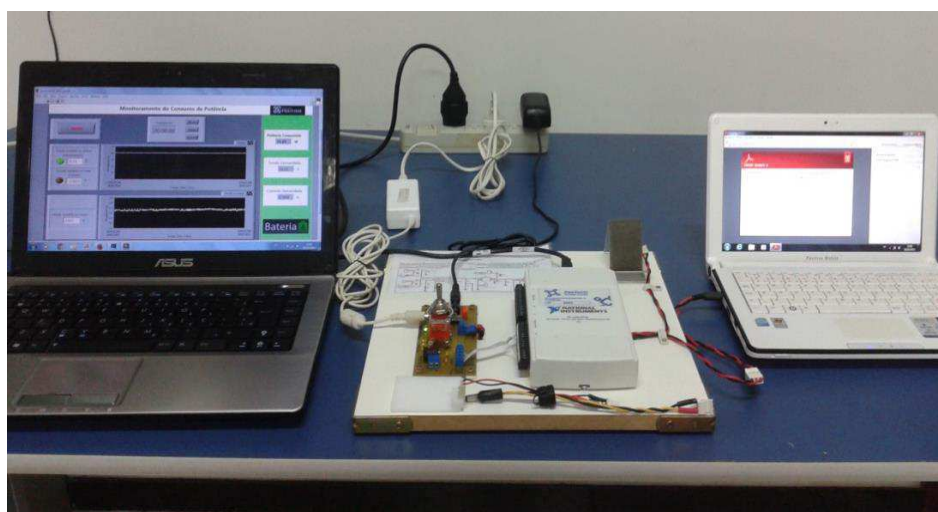


c)

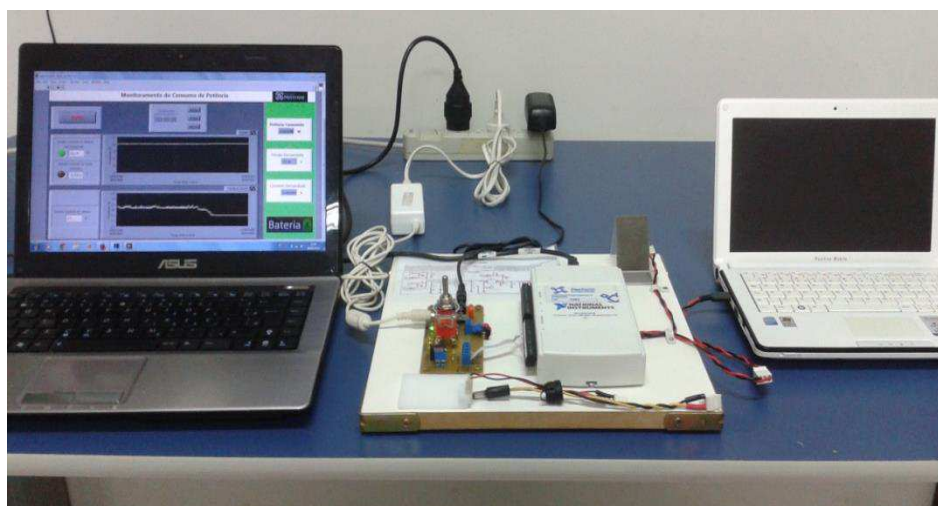
Figura 7.7. Monitoramento da potência consumida pelo *notebook* Positivo Premium: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.



a)

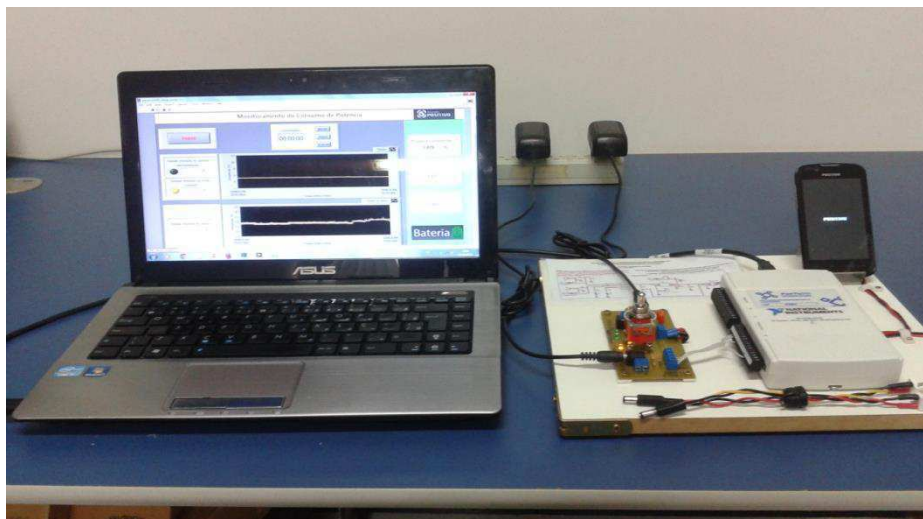


b)

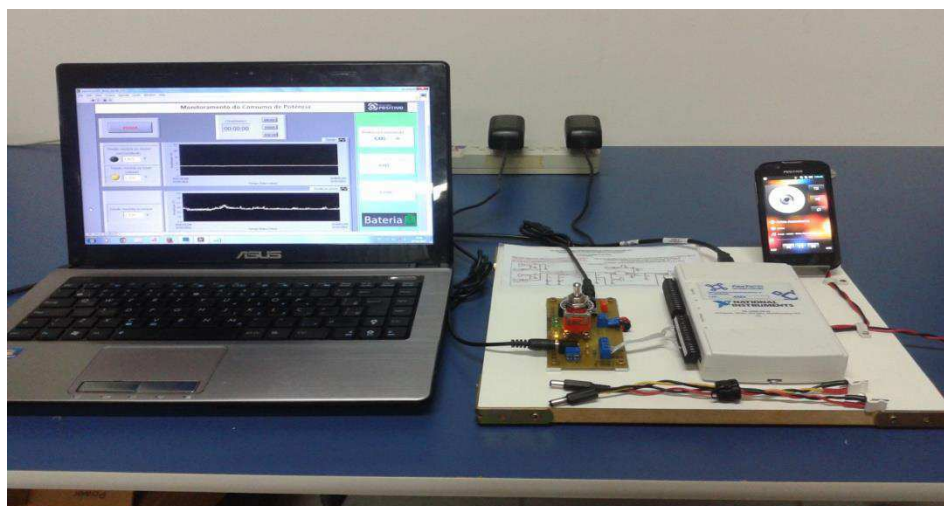


c)

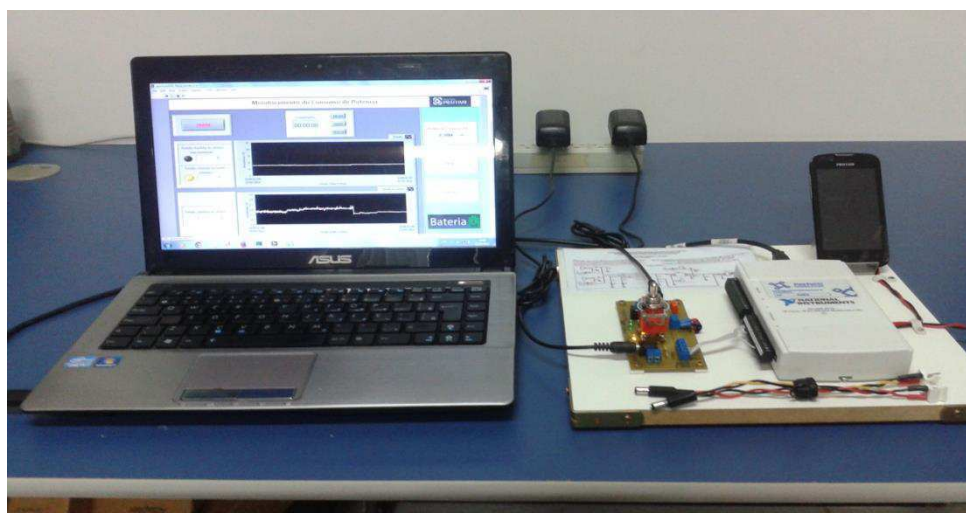
Figura 7.8. Monitoramento da potência consumida pelo *netbook* Positivo MOBO: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.



a)



b)



c)

Figura 7.9. Monitoramento da potência consumida pelo *smartphone* Positivo YPY: a) Ao ligar; b) Ao executar um aplicativo; c) Ao desligar.

Quanto à nova IHM implementada, basicamente dividiu-se a *interface* em três partes. No centro da parte superior, há um cronômetro que auxilia no controle do tempo durante a medição, enquanto que na parte inferior são visualizadas as medições obtidas diretamente do circuito elétrico por meio dos gráficos. Na parte superior do lado esquerdo, há o botão PARAR caso seja necessário suspender o monitoramento, enquanto que na parte inferior são visualizadas as medições obtidas via circuito elétrico por meio de indicadores numéricos, i.e, a tensão medida no divisor resistivo referente à fonte de alimentação de 19 V para um *notebook/netbook* ou o tensão de uma fonte de alimentação de 5 V para aparelho, além da tensão de saída do sensor de proporcional a corrente medida. Por fim, no lado direito, as grandezas potência consumida, tensão demandada e corrente demandada já processadas são colocadas em destaque no painel frontal.

A versão final da nova IHM pode ser observada na Fig. 7.10.

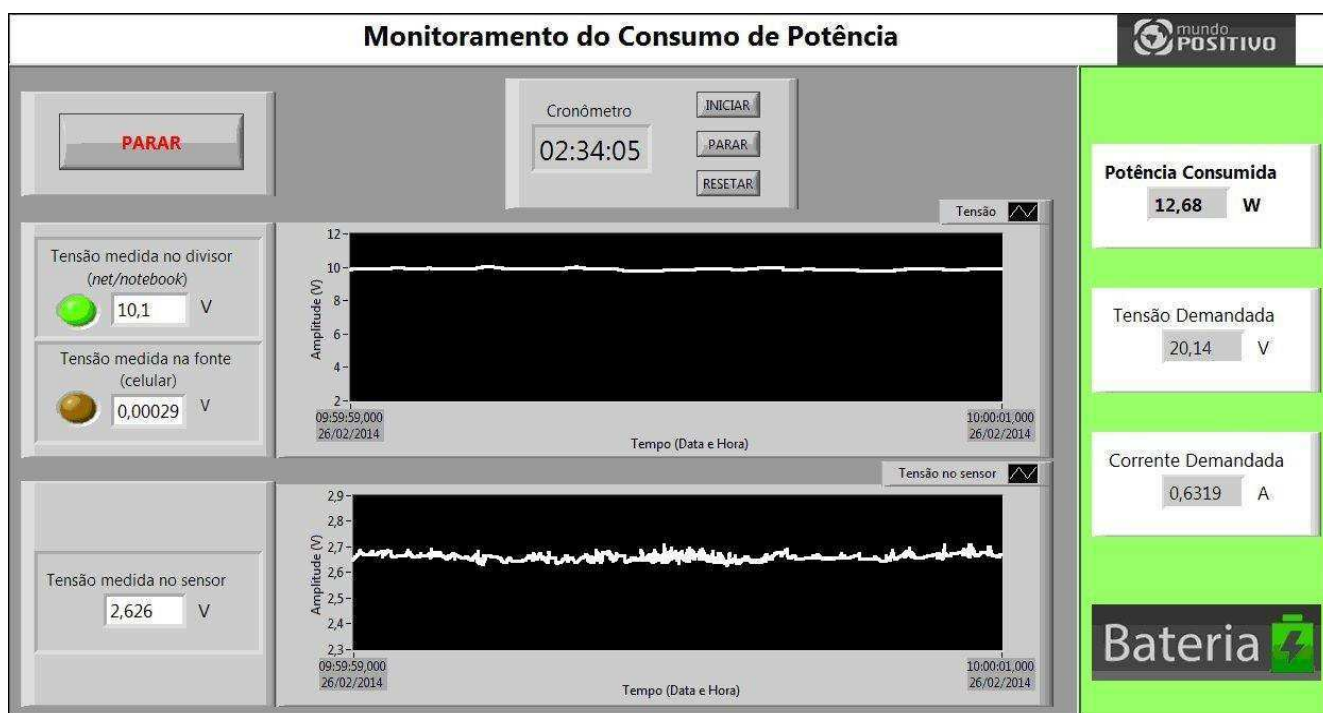


Fig. 7.10. Painel frontal da nova IHM implementada via LabVIEW, monitorando o *netbook* Positivo MOBO.

Através da sincronização dos dados do LabVIEW e do *Components Logger*, pode-se levantar os gráficos *Potência versus Tempo* e *Componentes versus Tempo*, tanto com o gerenciamento de energia via *Windows* (Fig. 7.11) como pela aplicação da política do Bateria (Fig. 7.12). Neste caso, os estados de funcionamento em análise serão a carga total da CPU e o *clock* de cada núcleo do processador.

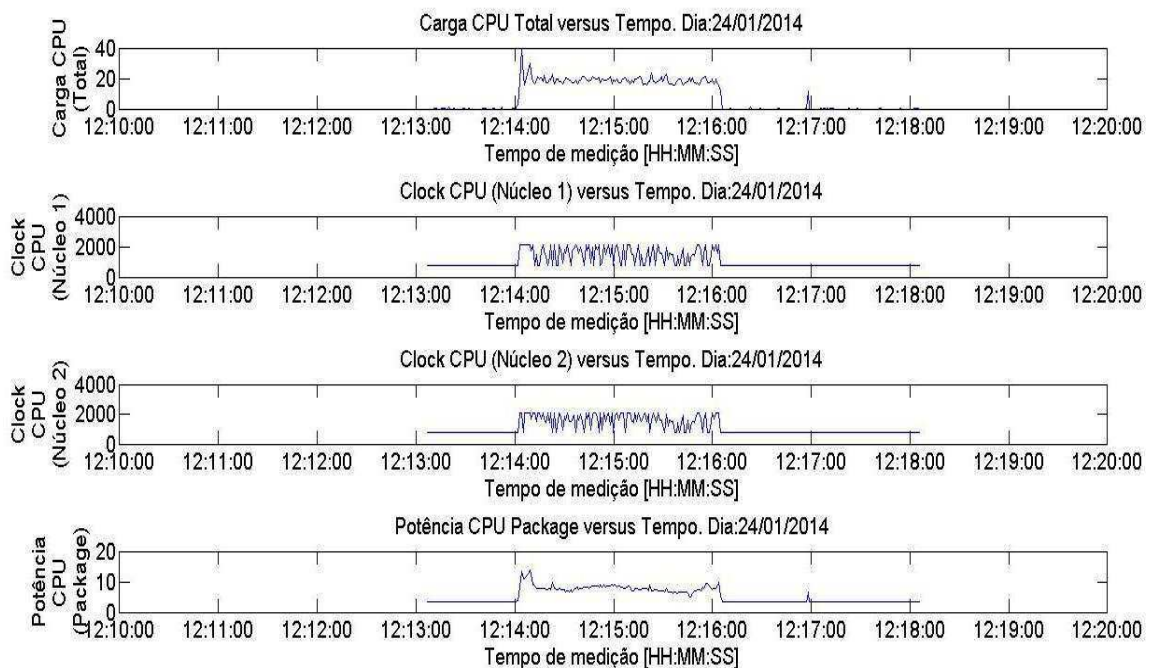


Figura 7.11. Potência *versus* Tempo e Componentes *versus* Tempo, com o gerenciamento de energia via *Windows*.

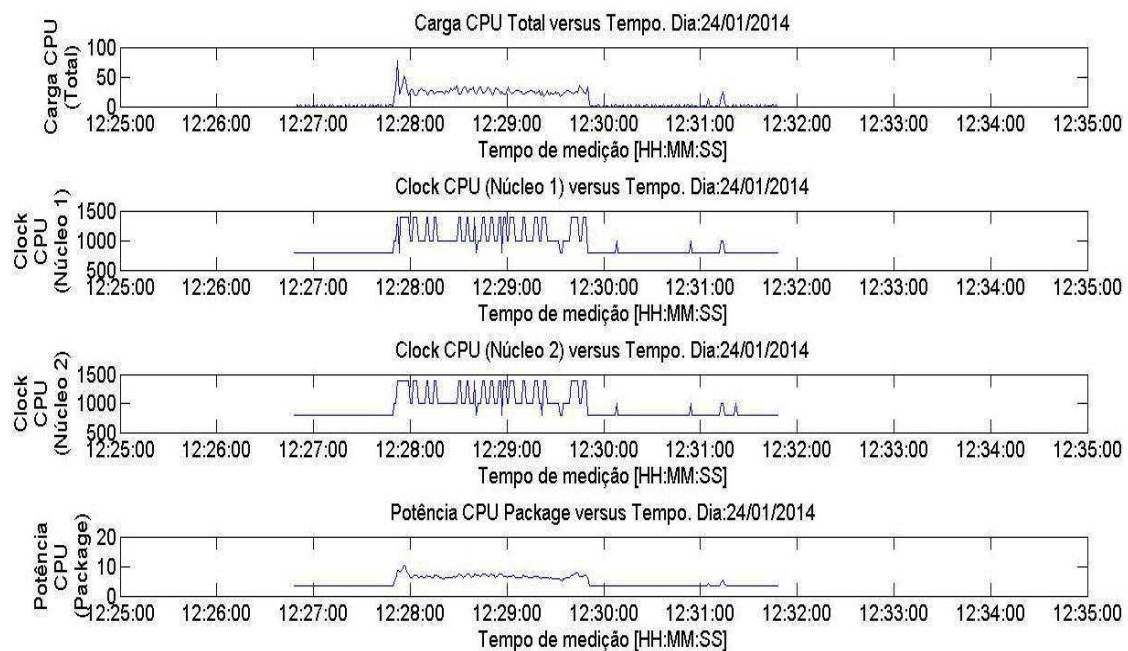


Figura 7.12. Potência *versus* Tempo e Componentes *versus* Tempo com aplicação da política do Positivo Bateria.

Os gráficos presentes em ambas as figuras, auxiliaram o grupo do projeto verificar que o Positivo Bateria escolhe frequências menores que o *Windows* tanto na transição de aumento da carga como na diminuição desta, durante o tempo de execução;

enquanto que o *Windows* utiliza a frequência máxima desnecessariamente durante as transições.

Após o monitoramento de potência por 24h, pode-se observar a partir das curvas levantadas no MATLAB, o comportamento do sistema operacional dos *desktops* com e sem atuação do Bateria-RC durante todo o intervalo de medição, como ilustrado na Fig. 7.13.

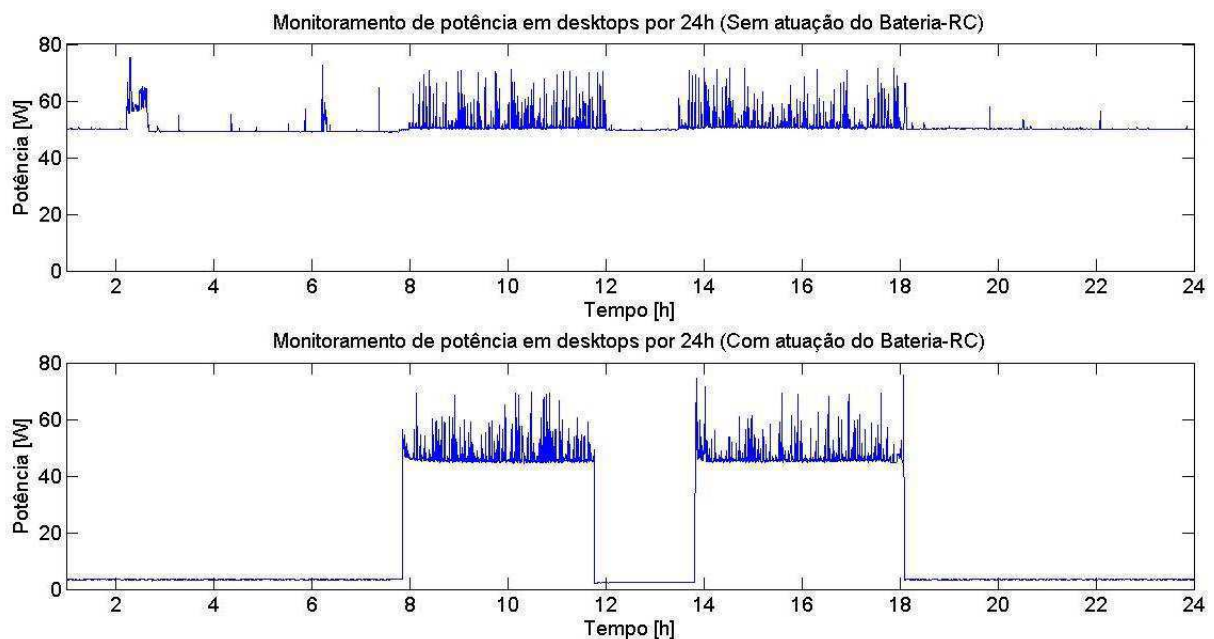


Figura 7.13. Monitoramento de potência em *desktops* por 24h, sem e com atuação do Bateria-RC.

Na Tabela 7.1 encontram-se os valores médios da potência medida em um teste de 24 min, da potência estimada em 24h e da potência medida em 24h, operando nos modos ocioso e suspenso.

Tabela 7.1. Potência média consumida nos modos ocioso e suspenso.

Modo de Operação	Potência Média Consumida [W]		
	Teste 24min	Estimativa 24h	Teste 24h
Ocioso	46,72	46,72	50,79
Suspenso	20,91	19,76	18,09

Comparando-se a potência medida em 24h com a potência estimada nesse mesmo intervalo a partir de um teste de 24 min, nota-se que há um erro percentual de

8,01% operando no modo ocioso e 9,23% com as ações de suspender nos horários em que não se aplica carga de trabalho.

Por fim, em relação à identificação dos modelos de potência e de constante para *desktops*, o *array* de estados de funcionamento dos dispositivos no *Components Logger* que apresentou melhor resultado na construção do modelo de potência pode ser observado na Equação (7.1).

$$C = [clock_bus_speed \quad ram_data_used + ram_data_available \quad hd_io_bytes \quad carga_total \\ carga_total \cdot (total_clock)^3 \cdot transição_total \quad (mainboard_temp_aux)^2 \cdot cpu_core_voltage \\ wifi_status] \quad (7.1)$$

Já as constantes obtidas, por ambos os modelos, resultaram nos mesmos valores, $b_{j_1} = b_{j_2} = b_j$, com $j \in [1,7]$ e estão representadas na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 Parâmetros do Modelo de Potência e Modelo de Constantes.

Computador	Parâmetros							Y _o
	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	b ₇	
PC 2A	0,1541	0,1542	1,69. 10 ⁻⁰⁷	0,1863	1,50. 10 ⁻¹³	0,0068	0,7678	52,99
PC 2E	0,2089	0,2091	1,45. 10 ⁻⁰⁷	0,2859	1,55. 10 ⁻¹²	0,0024	0,7187	65,08
PC 2O	0,1454	0,1454	3,157 . 10 ⁻⁰⁸	0,2283	1,48. 10 ⁻¹²	0,0028	2,0805	51,59
PC 2I	0,2288	0,2288	1,12. 10 ⁻⁰⁷	0,6262	3,61. 10 ⁻¹⁵	0,0145	1,3664	40,28

A partir de tais parâmetros, pode-se levantar as curvas da potência medida, da potência obtida via modelo de potência e via modelo de constantes para os computadores em teste, conforme as Figs. 7.14 a 7.17.

Em todos os casos, a curva obtida pelos modelos de potência e de constantes se sobrepõem, uma vez que os parâmetros são os mesmos, gerando erros iguais e menores que 5% com relação à potência medida (Tabela 7.3).

Tabela 7.3. Erros obtidos na estimativa de potência em ambos os modelos.

Computador	Erro do modelo (%)
PC 2A	2,6618
PC 2E	2,1409
PC 2O	2,4813
PC 2I	4,7871

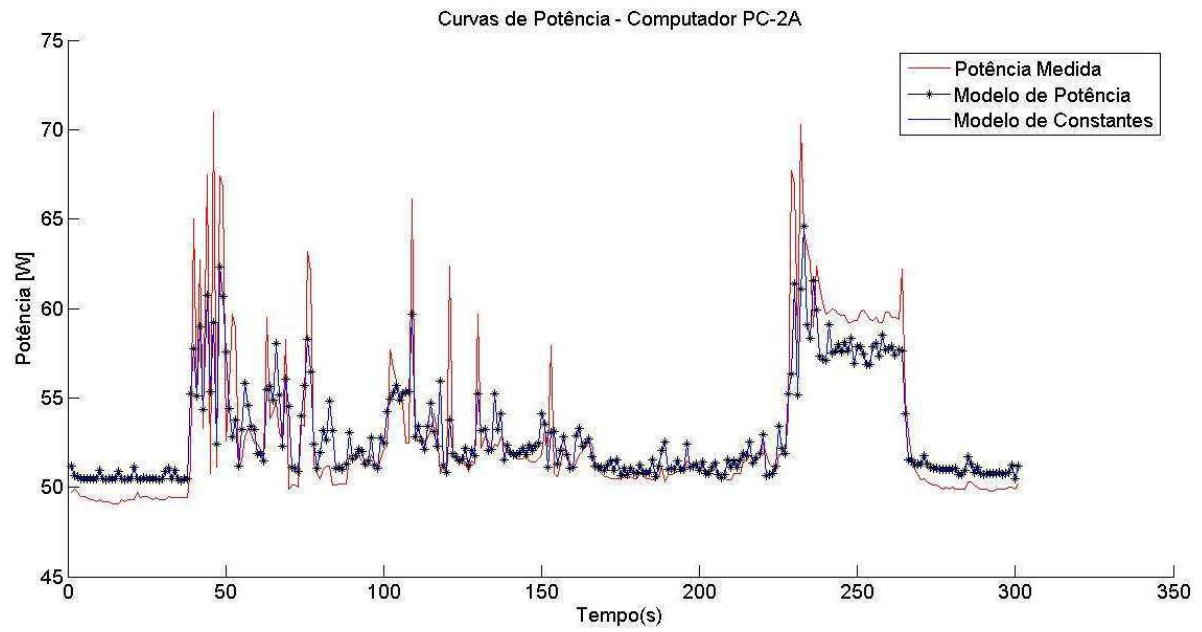


Figura 7.14. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2A.

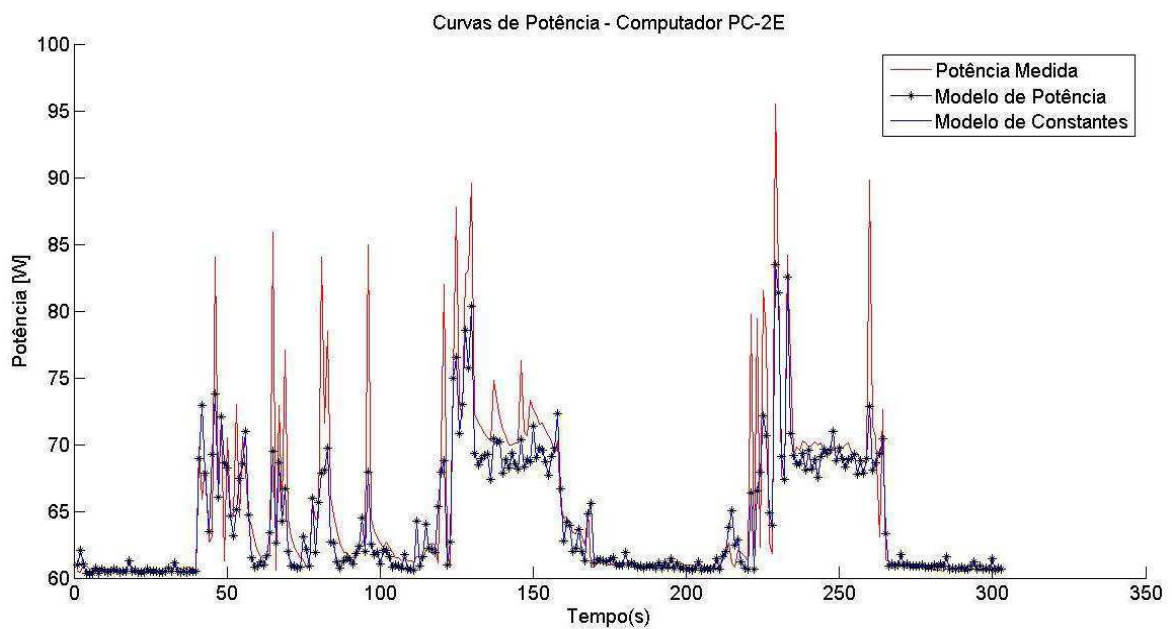


Figura 7.15. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 2E.

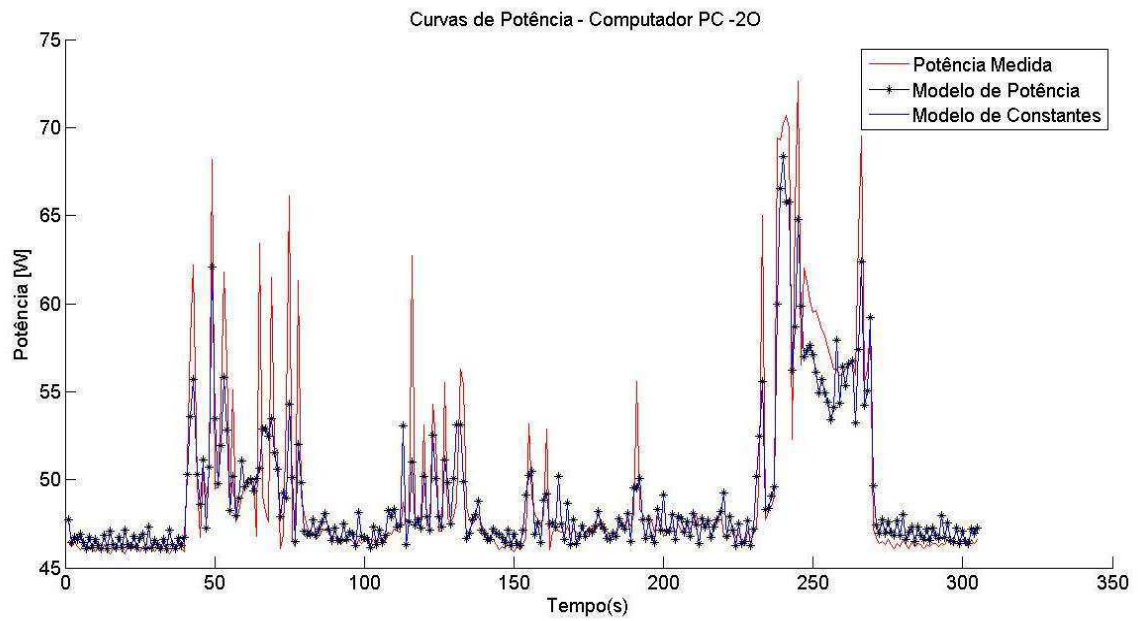


Figura 7.16. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 20.

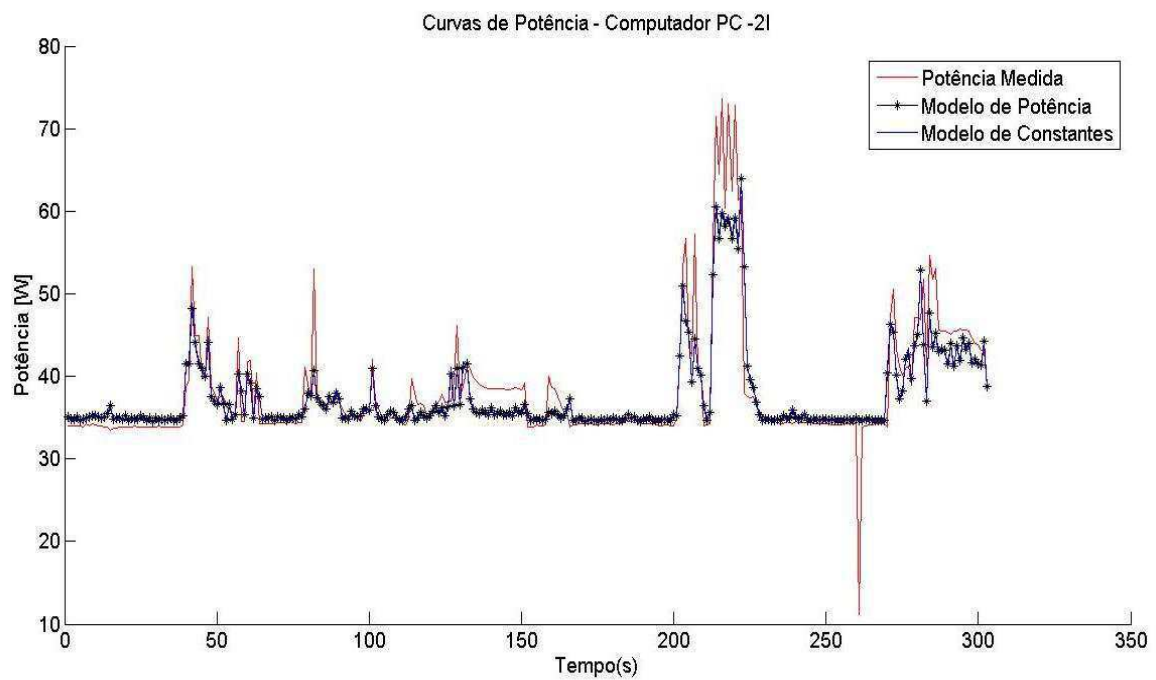


Figura 7.17. Curvas de potência (medida e obtida via modelos) para o computador PC- 21.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste Relatório de Estágio Integrado abordou-se a realização de algumas atividades no Projeto de Cooperação Técnico-Científica entre UFCG e Positivo Informática, referentes ao monitoramento de potência em *notebooks/netbooks* e *smartphones* bem como a medição e identificação de modelos de potência para *desktops*.

Na medição de potência para *notebooks/netbooks* e *smartphones* foi proposta e montada uma plataforma experimental, que aperfeiçoou os aparatos anteriores e viabilizou o trabalho do grupo no que diz respeito a utilização, portabilidade e armazenamento do sistema de medição.

Já na medição de potência para *desktops*, realizou-se o monitoramento por 24h, no qual observou-se que o teste de 24 min dá uma estimativa razoável da potência consumida em 24h, uma vez que obteve-se erros em torno de 9%.

Quanto à identificação de modelos de potência para *desktops*, levantou-se os parâmetros do modelo de potência e do modelo de constantes pelo método dos mínimos quadrados linear, conseguindo-se obter erros menores que 5%.

Quanto aos trabalhos futuros, seria interessante a inserção de um circuito de proteção no circuito elétrico montado na plataforma, uma vez que diferentes tipos de cargas são conectadas na mesma saída, havendo o risco de danificá-las na alteração incorreta da chave *on-off*. Além disso, a medição referente à queda de tensão sobre o *smartphone* pode ser aperfeiçoada via *software*, fazendo uma alteração dinâmica da queda de tensão sobre o diodo, ou via *hardware*, medindo-se diretamente a tensão sobre a carga em estudo. Já no caso dos modelos de potência para *desktops*, o aumento do número de computadores para testes poderia garantir a confiabilidade do modelo.

Portanto, a realização do estágio proporcionou a experiência do trabalho em grupo, agregando novos conhecimentos e colaborando significativamente na busca de soluções para execução das tarefas do projeto.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEGRO (2010). **ACS712 (Datasheet)**. Disponível em:
<<http://www.allegromicro.com/~media/Files/.../ACS712-Datasheet.ashx>>. Acesso em: Nov. 2013.
- ANALOG DEVICES (2008). **AD623 Instrumentation Amplifier (Datasheet)**. Disponível em:
<http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD623.pdf>. Acesso em: Nov. 2013.
- LUIZ, S. O. D. *et al.* **Projeto de Cooperação Técnico-Científica entre UFCG e Positivo Informática - Gerenciamento Dinâmico de Energia**. Relatório de Atividades, UFCG, Jan. 2014.
- MAXIM INTEGRATED (2001). **High-Side Current-Sense Measurement: Circuits and Principles (Tutorial 746)**. Disponível em: <<http://www.maximintegrated.com/app-notes/index.mvp/id/746>>. Acesso em: Nov. 2013.
- NATIONAL INSTRUMENTS. **O que é o LabVIEW?**. Disponível em:
<<http://www.ni.com/newsletter/51141/pt/>>. Acesso em: Out. 2013.
- NEGREIROS, A. V. **Tutorial de uso do Watts Up. NET?**. UFCG, 2013.
- NEVES, B. H. M. *et al.* **Computer Systems Power Model Estimation**. In: *IEEE International Conference on Consumer Electronics*, Berlin, 2013.
- PALLIPADI, V.; STARIKOVSKIY, A. **The ondemand governor: past, present and future**. In: *Linux Symposium*, vol. 2, pp. 223-238, 2006.
- SHEARER, F. **Power Management in Mobile Devices**. USA: Newnes, 2008.
- TEXAS INSTRUMENTS (2012). **Current Shunt Monitors (Tutorial)**. Disponível em:
<<http://ww.ti.com/lit/ml/slyb194/slyb194.pdf>>. Acesso em: Jan. 2014.
- VERNIER SOFTWARE & TECHNOLOGY LLC, 2014. **Logger Pro**. Disponível em:
<<http://www.vernier.com/products/software/lp/>>. Acesso em: Jan. 2014.