

**UNIVERSIDADE DO ALGARVE**  
**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**



**SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA MONITORIZAÇÃO DA  
PRODUÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DE ENERGIA  
RENOVÁVEL**

Mário Jorge de Aguiar Laranjo Tinoco

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Eléctrica e Electrónica  
Especialização em Tecnologias de Informação e Telecomunicações

**Orientador:** Professor Doutor Jorge Filipe Leal Costa Semião  
**Co-Orientador:** Professor Doutor Jânio Miguel E. Ferreira Monteiro

Setembro, 2014



# **SISTEMA DE AQUISIÇÃO PARA MONITORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS DE ENERGIA RENOVÁVEL**

«Copyright de Mário Jorge de Aguiar Laranjo Tinoco da UAlg. A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzido sem papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.»

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

---

(Mário Jorge de Aguiar Laranjo Tinoco)



*"Estas medições podem ser utilizadas para a implementação de acções específicas para a produção e redução de consumos de energia. Uma monitorização e visualização permanente da produção e consumo, ajuda a estimular uma utilização mais eficiente de energia e a criar um comportamento mais disciplinado nos sectores que são mais taxados. É o primeiro passo para uma estratégia compreensiva e inteligente da energia."*

“Gestão de Energia: Monitorizar e analisar o consumo de electricidade em diferentes sectores de produção”, <http://www.voltium.pt>, em 30 de Julho de 2014.



## **AGRADECIMENTOS**

---

Agradeço, em primeiro lugar, ao meu orientador Prof. Doutor Jorge Semião, pois sem a paciência, interesse, apoio, conselhos, sugestões, ensinamento, disponibilidade e amizade que demonstrou, este projecto não teria sido possível. Eu sei que este pequeno texto introdutório não reflecte tudo da importância que o Professor teve na minha vida, tanto pessoal, como académica.

Agradeço também ao meu co-orientador Prof. Doutor Jânio Monteiro pela sua sempre pronta disponibilidade para as dúvidas que lhe colocava e especialmente à dica da “nuvem” pois arranjei o guarda-chuva à “medida”...

Ao Professor Rui Marcelino assim como a toda a equipa de professores reponsáveis pela minha pós-graduação e dizer, sem excepção, que foi um prazer trabalhar com todos eles.

Agradeço também ao pessoal do laboratório em nome do Sr. António.

Agradeço ao pessoal da secretaria em nome do Sr. Domingos.

Agradeço ao amigo Rui Saraiva e família.

Agradeço a todos quantos aqueles que, directa ou indirectamente, me apoiaram e ajudaram.

Por último, agradeço à minha família, pois o facto de me ensinarem a entender e a lidar com a dificuldade da vida, ajudaram-me a conseguir este objectivo.

Um muito obrigado a todos.



## RESUMO

---

As metodologias estudadas neste projecto tentaram identificar o potencial dos Serviços Web aplicados à gestão e eficiência energética, para pequenos sistemas de produção de energia renovável. Neste sentido pretende-se: identificar formas de adquirir informação da produção, para que numa base de dados *on-line* se possa monitorizar a energia produzida, mantendo um histórico sobre toda a energia produzida. Um aspecto fundamental é também podermos identificar avarias no sistema através da monitorização remota.

Por outro lado, as novas tecnologias domésticas de interface com o consumidor permitem soluções criativas e inteligentes de comunicação e visualização do produto final dos serviços energéticos. Assim, a disponibilização da informação monitorizada num servidor permite o seu acesso pelos mais variados dispositivos, como *smartwatches*, *smartphones*, *tablets*, etc.

A medição da produção de energia é similar à medição do consumo de energia, pelo que o estudo sobre dispositivos e sistemas de monitorização de consumos, por ser mais comum, é fundamental. Os sistemas de monitorização energética apresentam-se como uma solução capaz de revelar aos utilizadores a real evolução dos próprios consumos/produção (tanto a energia consumida/produzida, como a sua origem) ao minuto, hora, diários, semanais, mensais, anuais, assim como uma possível gestão de médias e posteriores planificações da gestão/produção de energia, passando a ser possível identificar eventuais pontos de ineficiência e potenciais medidas de redução/aumento do consumo/produção de energia.

O presente trabalho visa construir um produto capaz de adquirir a informação da energia produzida por pequenos sistemas de microgeração e transmitir essa informação para a web, utilizando rede de dados, com ou sem fios, de acordo com as especificações do cliente. Para casos críticos, é utilizada uma comunicação GSM para os vários intervenientes que estejam a monitorizar os sistemas de consumo/produção. O produto resultante deste trabalho poderá, posteriormente, ser integrado num sistema mais abrangente em *smartgrids*, em que o objectivo final seja a redução dos custos associados ao consumo energético, com microprodução local.

**Palavras-Chave:** Energia Renovável; Monitorização Remota; Serviços Baseados na Web; Eficiência Energética.



## ABSTRACT

---

The methods studied in this project sought to identify the potential of Web Services applied to management and energy efficiency for small systems in renewable energy production. In this sense it is intended: to identify ways of acquiring information of energy production, so that using an online database the energy produced can be monitored, by keeping a history of all the energy produced. A key aspect is that we can also identify faults in the system through remote monitoring.

On the other hand, new technologies for domestic consumer interface allow smart and creative solutions for communication and display of the final product in energy services. Thus, the availability of information in a monitored server allows its access by various devices such as smartphones, tablets, etc.

Measuring the output power of a generator is similar to the measurement of energy consumption, so the study of monitoring devices and systems for energy consumption, being more common, is crucial. The energy monitoring systems are presented as a solution able to reveal to users the actual evolution of own consumption / production (both consumed / produced, as its origin) daily, weekly, monthly, yearly, as well as a possible energy rate management and later planning for energy management / production, becoming possible to identify possible points of inefficiency and potential measures to reduce / increase the consumption / production of energy.

The recent work aims to build a prototype able to acquire the information of the energy produced by small microgeneration systems, and transmit this information to the web data using wired or wireless network, according to customer specifications. For critical cases, a GSM communication is used for various end-users who are monitoring the systems for energy consumption / production. The product obtained with this work can later be integrated into a more comprehensive system using SmartGrids, where the ultimate goal is the reduction of costs related to energy consumption, with local energy micro-generation.

**Keywords:** Renewable Energy; Remote Monitoring; Web Based Services; Energy Efficiency.



# ÍNDICE

---

1.	Introdução.....	1
1.1	Monitorização da Energia Eléctrica.....	4
1.2	Objectivos e Características do Projecto.....	5
1.3	Enquadramento do Trabalho.....	6
1.4	Organização do Relatório.....	7
2.	Monitorização Remota da Energia.....	9
2.1	Aplicações Empresariais para a Monitorização da Energia.....	9
2.1.1	Contadores Inteligentes - InovGrid.....	10
2.1.2	eMonitor.....	11
2.1.3	Home Energy Monitor.....	12
2.1.4	Wi-LeM.....	13
2.1.5	Optimal Monitoring System.....	13
2.2	Energia Activa e Reactiva (abordagem teórica).....	14
2.2.1	Energia Activa.....	17
2.2.2	Energia Reactiva.....	18
2.2.3	Efeito das harmónicas na corrente e tensão.....	19
2.2.4	- Potência em Regime Alternado Sinusoidal.....	20
3.	Projecto MTEnergY - <i>Hardware</i> .....	27
3.1	Arquitectura e Soluções Implementadas.....	27
3.2	Módulos da Placa de Aquisição de Dados.....	29
3.2.1	Microcontrolador mbed NXP LPC1768.....	29
3.2.2	Placa Sparkfun CC3000 Wifi Breakout.....	30
3.2.3	GPRS Shield SIM900[17].....	31
3.2.4	Circuito Sensor de Tensão.....	33
3.2.5	Sensor de Corrente.....	35
3.2.6	Slot de cartões de memória SD.....	37
3.2.7	Ligação à web via Ethernet.....	38
3.3	Elaboração da Placa de Circuito Impresso.....	39
4.	Projecto MTEnergY – <i>Software</i> .....	43
4.1	<i>Software</i> do MBED e Funcionamento Genérico da Placa de Aquisição de Dados.....	43

---

4.1.1	Filtros Digitais.....	45
4.1.2	Cálculos de Potências Activa e Reactiva .....	50
4.2	Interface <i>Web</i> Disponível na <i>Cloud</i> .....	52
4.3	Interface com Base de Dados e Página <i>Web</i> .....	54
4.3.1	Servidor <i>Web</i> Apache Server.....	55
4.3.2	Servidor de Base de Dados MYSQL .....	56
4.3.3	Linguagens de Programação Utilizadas.....	58
4.3.4	Interface com o Utilizador – Layouts .....	60
4.3.5	Criação de uma ligação sempre com o mesmo endereço, como se o IP Fosse Fixo .....	63
4.4	Criação de uma APP para Android (Tablet, Smartphone, Smartwatch) .....	64
5.	Testes e Resultados Experimentais .....	67
5.1	Calibração.....	67
5.1.1	Calibração da Tensão .....	68
5.1.2	Calibração do Factor de Potência.....	70
5.1.3	Calibração da Corrente.....	73
5.1.4	Cálculo das Potências.....	75
5.2	Exemplos de Resultados e Testes.....	75
6.	Conclusões .....	79
6.1	Análise dos resultados .....	79
6.2	Direcções de Trabalho Futuro .....	80
	Referências.....	83
	Anexos .....	85
	Anexo A – Programação do Microcontrolador MBED .....	87
	Solução MTEnergy 1000 .....	87
	Solução MTEnergy 1100 (Módulo GSM) .....	98
	Solução MTEnergy 3000 .....	99
	Solução MTEnergy 3100 (modulo GSM).....	106
	Anexo B – Programação da Página do Servidor .....	107
	Ficheiro Index.html.....	107
	Ficheiro b.php .....	109
	Ficheiro verifica_login.php.....	113
	Ficheiro inicio1.php .....	114
	Ficheiro bdd.php .....	116

Ficheiro bdd1.php .....	121
Ficheiro bdd2.php .....	126
Ficheiros dadostabela.php .....	131
Ficheiro grafico/grafico.php .....	135
Ficheiro dadosapagar.php .....	159



## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 – Contador Inteligente da EDP.....	10
Figura 2 – Sistema eMonitor .....	12
Figura 3 –Home Energy Monitor .....	12
Figura 4– Solução sem fios implementada pela Qenergia.....	13
Figura 5– Interface gráfica “Optimal Monitoring” .....	14
Figura 6 – Processo de produção, transporte e consumo da energia eléctrica.....	14
Figura 7 – Cálculo da potência numa carga.....	17
Figura 8 – Harmónicas no sinal de Tensão e Corrente contêm várias harmónicas .....	19
Figura 9 - Ondas de tensão (V) e corrente (I) em fase. A carga possui característica resistiva (se senoidal perfeita, FP=1). Ângulo de fase $\varphi=0^\circ$ .....	21
Figura 10 - Onda de corrente (I) atrasada em relação à onda de tensão (V). A carga possui característica indutiva. FP<1 (atrasado) .....	21
Figura 11 - Onda de corrente (I) adiantada em relação à onda de tensão (V). A carga possui característica capacitiva. FP<1 (adiantado) .....	21
Figura 12 - O triângulo de potências reflete a relação entre as três componentes da potência eléctrica: potências aparente, ativa e reativa .....	22
Figura 13 – Diagrama de blocos do funcionamento do “MTEnergyY” .....	28
Figura 14 – mbed NXP LPC1768 [14] .....	29
Figura 15 – Wifi CC3000 Breakout [15] .....	30
Figura 16 – Pinagem de ligação MBED/CC3000.....	31
Figura 17 - GPRS Shield SIM900 [15].....	31
Figura 18 - Pinagem GPRS Shield SIM900 .....	32
Figura 19 - Circuito de comunicação do Computador com o GPRS shield passando pelo MBED.....	32
Figura 20 - Circuito de Ligação do Computador via RS232 para níveis TTL [17].....	33
Figura 21 – Sistema de conversão analógico digital (ADC) .....	34
Figura 22 – Transformador PCB 12 V AC (Block-Trafo, 2012) [18].....	34
Figura 23 – AMPOP – LM 358 [18] .....	34
Figura 24 – Circuito transformador de Tensão.....	35
Figura 25 – ACS711EX [19] .....	35

Figura 26 - Sensor de Corrente ACS711 .....	36
Figura 27 – Circuito transformador de Corrente.....	36
Figura 28 – Slot de memória SD [21] .....	37
Figura 29 - Cartão de memória SD .....	37
Figura 30 – Circuito de Ligação do Mbed ao cartão SD .....	38
Figura 31 – Ethernet Socket Fronte e mbed Board: TD+TD-RD+RD .....	38
Figura 32 – cabo MDI (Ethernet).....	39
Figura 33 – cabo MDIX (Ethernet).....	39
Figura 34 – Circuito de ligação do MTEnergyY feito no Software Eagle.....	40
Figura 35 – Layout da placa de circuitos do MTEnergyY para (PCB).....	40
Figura 36 – Placa de circuitos PCB .....	41
Figura 37 – Fluxograma da Programação do MBED .....	44
Figura 38 – Onda da Tensão de 230 Volt captada pelo ADC do Mbed .....	46
Figura 39 - Onda da corrente de uma lâmpada resitiva de 14 Watt captada pelo ADC do Mbed .....	46
Figura 40 – Filtro Fir aplicado para uma frequência central de 50 Hz e para uma frequência de amostragem de 5000 samples [21] .....	49
Figura 41 - Onda da Tensão de 230 Volt depois de aplicado o filtro FIR .....	49
Figura 42 - Onda da corrente de uma lâmpada resitiva de 14 Watt depois de aplicado o filtro FIR .....	50
Figura 43 – “Cloud” Emoncms.org [26].....	52
Figura 44 – Gráficos na página inicial.....	53
Figura 45 – Gráficos do momento .....	53
Figura 46 – Gráficos do Histórico.....	54
Figura 47 - XAMPP – é um ambiente de desenvolvimento PHP e MySql [28].....	55
Figura 48 - XAMPP – é um ambiente de desenvolvimento PHP e MySql [28].....	55
Figura 49 – Estrutura da Base de dados de Utilizadores.....	56
Figura 50 – Utilizadores registados .....	57
Figura 51 – Estrutura dos campos da Base de Dados para os valores que vão ser lidos e calculados.....	57
Figura 52 – Valores lidos e calculados existentes na Base de Dados .....	58
Figura 53 – Layout na página inicial .....	60
Figura 54 - Login da aplicação .....	61
Figura 55 - Layout após login .....	61

Figura 56 – Opções para visualização dos gráficos da aplicação .....	62
Figura 57 – Gráfico dos Valores da Tensão do dia 06-09-2014.....	62
Figura 58 – Página inicial para ser feito o registo no NO-IP [33].....	63
Figura 59 – Programa de ligação do NO-IP .....	63
Figura 60 - plataforma on-line do MIT APP Inventor [34] .....	64
Figura 61 - plataforma on-line do MIT APP Inventor.....	64
Figura 62 – Área de programação .....	65
Figura 63 - Icon da aplicação no SmartPhone .....	65
Figura 64 - Menu principal da aplicação .....	66
Figura 65 - página inicial dos gráficos .....	66
Figura 66 – Medições das cargas em laboratório .....	67
Figura 67 – tabela com valores de cargas resistivas (FP=1), para calibração do MTEnergy. .....	68
Figura 68 – Observação 2D das medições das Tensões .....	69
Figura 69 – Fitting 2D da Tensão .....	69
Figura 70 – Tabela de resultados dos erros para a tensão eficaz.....	70
Figura 71 – Observação 3D das medições da corrente e do Ângulo <sup>7</sup> .....	71
Figura 72 – Fitting 3D do Factor de Potência.....	71
Figura 73 – tabela com valores experimentais do erro absoluto medido pelo fator de potência.....	72
Figura 74 – Fitting da Corrente .....	73
Figura 75 – tabela com os valores de erro resultantes da calibração da corrente.....	74
Figura 76 – Informação via USB para controlo com o Software Tera-Term [25] .....	76
Figura 77 - Gráfico dos Valores da Tensão do dia 06-09-2014 .....	76
Figura 78 – Gráfico dos Valores da Potência Aparente do dia 06-09-2014.....	76
Figura 79 – Gráfico dos Valores da Potência Activa do dia 06-09-2014.....	77
Figura 80 – Gráfico dos Valores da Potência Reactiva do dia 06-09-2014.....	77
Figura 81 – Gráfico dos Valores do Factor de Potência do dia 06-09-2014 .....	77



## ABREVIATURAS

---

AC	<i>Alternating Current</i>
ADC	<i>Analog-to-Digital Converter;</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
AT	Alta Tensão
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i>
CAD	<i>Computer Aid Design</i>
Cartão SD	Cartão <i>Security Digital</i>
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DC	<i>Direct Current</i>
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>
DHT	Distorção Harmónica Total
DTMF	<i>Dual Tone Multi Frequency</i>
DSP	<i>Digital Signal Processing</i>
EAGLE	<i>Easily Applicable Graphical Layout Editor</i>
EDP	<i>Electricidade de Distribuição de Portugal</i>
EEGI	Iniciativa Grid Europeia de Energia Electrica
E/S	Entrada/Saída
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
FER	Fontes de Energias Renováveis
FIR	<i>Finit Impulse Response</i>
FP	Factor de Potência
GB	<i>Giga Byte</i>
GND	Massa/Terra
GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>
HTTP	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
I <sup>2</sup> C	<i>Inter-Integrated Circuit</i>
ICMP	<i>Internet Control Message Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>

If	Corrente Eficaz
IP	<i>Internet Protocol</i>
kB	<i>Kilo Byte</i>
KVA	<i>Kilo Volt Ampère</i>
kW	<i>Kilo Watt</i>
KWh	<i>Kilo Watt Hora</i>
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>
MAT	Muito Alta Tensão
MB	<i>Mega Byte</i>
MHz	<i>Mega Hertz</i>
MISO	<i>Master In Slave Out</i>
MOSI	<i>Master Out Slave In</i>
MT	Média Tensão
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PNAER	Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
P	Potência Activa
PHP	<i>Hipertext Preprocessor</i>
PWM	<i>Pulse With Modulation</i>
PWR	<i>Power</i>
Q	Potência Aparente
RES	Sistema de Energia Renovável
RMS	<i>Root Mean Square</i>
RTC	<i>Real Time Clock</i>
RX	<i>Receive</i>
S	<i>Potência Reactiva</i>
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SME	Sistema de Monitorização de Energia
SPI	<i>Serial Peripheral Interface</i>
MySQL	<i>My Structured Query Language</i>
TC	Transformador de Corrente
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TT	Transformador de Tensão
TTL	<i>Transistor Transistor Logic</i>

TX	<i>Transmit</i>
UE	União Europeia
UART	<i>Universal Assícron Receive Transmit</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VA	<i>Volt Ampère</i>
Vf	Tensão Eficaz
W	<i>Watt</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>



# 1. INTRODUÇÃO

---

As alterações climáticas estão a ser levadas cada vez mais a sério pelos países desenvolvidos. Um dos grandes objectivos é o de afastar dos países e das suas economias os combustíveis de carbono, apoiando uma meta global para limitar o aumento das temperaturas médias globais em 2 graus, em comparação com os níveis pré-industriais a partir de uma reestruturação do sector energético até 2050 [1]. O sector energético e as suas políticas têm um papel fulcral nas alterações climáticas e, como tal, é necessário virarmo-nos para as fontes de energia renováveis (FER), pelo facto de serem limpas, de fácil manutenção e rentáveis, as FER assumem um lugar de destaque nas políticas para o sector. Como se pode ver, é unanimemente reconhecida a importância dada por todos os agentes, governo, empresários e consumidores, à existência de uma alternativa aos combustíveis fósseis e, sendo assim, uma viragem para o desenvolvimento das energias renováveis. Espera-se que esta pressão crescente afecte a indústria dos transportes, passando pelo sector doméstico e consequentemente na produção de energia eléctrica.

Actualmente, a electricidade produzida em Portugal é de cerca de 40% baseada na utilização de FER e cerca de 20% do consumo final de energia consumida é com o recurso a energias renováveis [2]. Portugal dispõe hoje de um regime de acesso à rede eléctrica que dá prioridade às FER, quer ao nível de planeamento e desenvolvimento da rede, quer ao nível da gestão corrente, ao abrigo da directiva 2009/28/CE. Para além disso foram criados ao longo dos últimos anos um conjunto de apoios de natureza financeira e fiscal ao investimento nas energias renováveis. Estas medidas de apoio, têm concorrido para alcançar com êxito os objectivos globais da política energética nacional, tendo as energias renováveis vindo a assumir um crescente peso e visibilidade nas estratégias nacionais que os últimos Governos têm vindo a aprovar para o sector da energia. Após estas directivas, continuando o programa das FER, criou-se uma estratégia nacional, devido à Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril, que aprovou uma Estratégia Nacional para a Energia, (ENE 2020) [3]. Esta deliberação, continua a conferir às energias renováveis um papel fulcral na estratégia energética e nos objectivos delineados para o sector, com um impacto muito significativo na economia portuguesa. A ENE 2020 inclui os objectivos da política energética até ao prazo de 2020 que são o de manter Portugal na liderança da revolução energética, nomeadamente no que respeita à utilização de energias renováveis. Assim, a

política energética nacional, tendo em consideração a contribuição das FER, tem como principais objectivos:

- Garantir o cumprimento dos compromissos nacionais no contexto das políticas europeias de energia e de combate às alterações climáticas, permitindo que em 2020, 31% do consumo final bruto de energia, 60% da electricidade produzida e 10% do consumo de energia no sector dos transportes rodoviários tenham origem em fontes renováveis;
- Reduzir a dependência energética do exterior, baseada no consumo e importação de combustíveis fósseis, para cerca de 74% em 2020, a partir de uma crescente utilização de recursos energéticos endógenos (estimativa de redução para um *Brent* de referência igual a 80 usd/bbl);
- Reduzir em 25% o saldo importador energético (cerca de 2.000 milhões €) com a energia produzida a partir de fontes endógenas, possibilitando uma redução de importações estimada em 60 milhões de barris de petróleo;
- Consolidar o *cluster* industrial associado à energia eólica e criar novos *clusters* associados às novas tecnologias do sector das energias renováveis assegurando em 2020 um VAB de 3800 milhões de euros e criando 100 mil novos postos de trabalho a acrescer aos 35 mil afectos à produção de energia eléctrica com FER;
- Promover o desenvolvimento sustentável, criando condições para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo País em matéria de redução de emissões de gases com efeito de estufa, através de uma maior utilização das FER e da eficiência energética [4].

Até 2020 a base de desenvolvimento da produção nacional renovável assentará no aumento articulado da capacidade instalada hídrica, solar e eólica. O reforço da capacidade hídrica trará benefícios para a optimização da gestão das bacias hidrográficas ao mesmo tempo que dá ao sistema a rapidez de resposta necessária para fazer face às variações associadas à produção eólica e solar. No entanto será dado especial ênfase, nesta década, ao desenvolvimento nas tecnologias baseadas no aproveitamento da energia solar, quer nas aplicações de grande escala quer na aposta nos sistemas de mini e microprodução.

Outras FER, como a biomassa, o biogás, os biocombustíveis, a geotermia e a energia das ondas, serão também importantes para o futuro, estando previstos instrumentos próprios para a sua promoção e desenvolvimento tecnológico. Entre estes, destaca-se em especial a operacionalização da zona-piloto criada pelo Decreto-Lei n.º 5/2008 [5], para testar as tecnologias de aproveitamento das energias das ondas, contribuindo para o empenho de

Portugal na dinamização desta tecnologia e promoção de um *cluster* industrial ligado às actividades do mar.

Também o potencial do hidrogénio como vector energético com capacidade de armazenamento de energia será avaliado, enquanto forma de viabilizar a utilização de energias renováveis em larga escala e de promover soluções inovadoras no sector dos transportes [6].

Para além disso, existem metas ainda mais ambiciosas já para o ano de 2050, em que se espera atingir a descarbonização total. Estes objectivos implicam uma completa transformação do sistema energético, estando o panorama da utilização e produção de energia prestes a mudar de forma significativa. Assim, está previsto um aumento significativo do recurso a Energias Renováveis, para prevalecer como a fonte de energia do futuro, sendo responsável por até 75% do consumo final bruto de energia em 2050. Aliás, o recurso às Energias Renováveis não deve ser feito apenas pelas grandes empresas de produção de energia, produzindo em grande escala através de fontes renováveis, mas deve também existir uma produção distribuída, para que os objectivos possam ser atingidos [4].

Uma das tecnologias que irá desempenhar um papel fulcral na futura implementação das novas políticas energéticas são as *Smart Grids*. Estas são redes de fornecimento de energia eléctrica que utilizam tecnologia de comunicação digital para detectar e reagir a mudanças locais na utilização da energia.

Outra tecnologia muito importante, e que está em franco desenvolvimento, é a *Internet of Things*, no qual se baseia este projecto. Esta propõe o desenvolvimento da Internet para que diversos objectos do quotidiano tenham conectividade à rede e lhes permita enviar e receber dados (os chamados objectos inteligentes). Esta tecnologia, aliada às redes inteligentes, constituirá uma importante ferramenta para racionalizar a factura energética, influenciando o consumo e a produção. E para que isso aconteça, os consumidores devem ter acesso a uma melhor informação, bem como incentivos, tais como mecanismos de preços dinâmicos e apropriadas ferramentas de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

A adaptação à implementação maciça resultante das energias renováveis e fontes de produção descentralizadas, bem como a gestão de complexas interacções entre fornecedores e clientes, apresenta novos desafios para as redes e os mercados da electricidade. Portanto, a pesquisa e investimentos em desenvolvimento terão de se concentrar em tecnologias e mercados relacionados com a rede e em projectos que facilitem a eficiência e custo-produção da electricidade [5].

## 1.1 MONITORIZAÇÃO DA ENERGIA ELÉCTRICA

A racionalização da utilização da energia começa pela identificação do consumo e/ou produção existente. Nesse sentido, o crescimento tecnológico verificado na área da electrónica permitiu nos últimos anos o desenvolvimento de diversos sistemas capazes de medir, guardar e disponibilizar em tempo real a informação relativa à produção/consumo de energia eléctrica realizada.

Existem diversos tipos de sistemas que podem ser utilizados para a monitorização da produção/consumo de electricidade, quer a nível doméstico quer a nível industrial. Os mais avançados tecnologicamente são os chamados contadores inteligentes, ou *Smart Meters*. Estes contadores substituem o contador tradicional e são capazes de fornecer uma informação mais detalhada que os contadores tradicionais, o que permite tanto ao utilizador como ao fornecedor um controlo mais eficaz da produção/utilização da energia eléctrica, sendo a informação enviada através de uma rede de comunicação. Assim, estes novos contadores, não só ajudam o produtor/consumidor a controlar os gastos e custos energéticos, como permitem também ao fornecedor/cliente uma melhor gestão da produção e transporte da energia.

No entanto, os contadores inteligentes existentes são geralmente sistemas complexos e relativamente caros, não sendo acessíveis a muitos produtores/consumidores. A solução alternativa passa pela utilização de pequenos sistemas dedicados, fáceis de instalar, e que permitam uma monitorização a um preço acessível a qualquer utilizador. Na verdade, actualmente já existem alguns sistemas deste tipo e, embora sejam mais simples que os contadores inteligentes, apresentam uma taxa de fiabilidade elevada, pelo que são uma solução para monitorizar a produção/consumo energético e consequentemente controlar e melhorar a eficiência energética. Este tipo de sistemas designa-se habitualmente por contador de energia doméstico (*Home Energy Monitor*) e têm como único objectivo ajudar o consumidor a controlar e reduzir os seus consumos (ou a sua produção). Em termos de transmissão de dados, este tipo de sistemas pode comunicar com um computador através de um cabo USB, através de comunicação sem fios ou mesmo enviar os dados pela internet, permitindo assim uma monitorização à distância, dependendo das especificidades da sua aplicação e utilização. Por outro lado, com o desenvolvimento e utilização massiva da internet, é normal que qualquer utilizador deste tipo de dispositivos para monitorização de

energia já possuam um acesso à internet em suas casas, pelo que a reutilização dos meios já presentes nos produtores/consumidores pode ainda baixar o custo e massificar a utilização destes *Home Energy Monitors* [6].

## 1.2 OBJECTIVOS E CARACTERÍSTICAS DO PROJECTO

Os objectivos genéricos do presente projecto visam o desenvolvimento de um sistema para monitorização da produção de energia em sistemas de energia renovável. O sistema é para ser vendido por uma empresa de sistemas de Energia Renovável e microgeração aos seus clientes, devendo ser simples e de baixo custo, de forma a reutilizar, se possível, a internet disponível no cliente para comunicar as medições à empresa e esta as disponibilizar na sua página *web* (em páginas privadas).

Assim, desenvolveu-se um sistema com as características genéricas descritas atrás, tendo sido desenvolvidos os seguintes módulos e funcionalidades:

- (1) Módulo de Hardware que permita medir a corrente e tensão eléctrica;
- (2) Módulo de comunicação via TCP/IP com interface RJ45, para transmissão de dados para a base de dados da empresa (utilizando o *modem* do cliente, se estiver disponível);
- (3) Módulo de comunicação via WIFI, para transmissão de dados para a base de dados da empresa (utilizando a rede do cliente, se estiver disponível);
- (4) Módulo de comunicação via GSM para transmissão de mensagens de controlo via SMS para a empresa e para o cliente, em casos críticos e GPRS para envio dos dados, caso não exista outra ligação à Internet disponível;
- (5) Base de dados para armazenar o histórico das medidas efectuadas, para instalar no servidor da empresa, de modo a permitir consultas de gráficos e tratamento estatístico, por parte da empresa e por parte do cliente;
- (6) Utilização da “*Cloud*” para alojar os dados e vê-los em modo de gráficos (como forma alternativa à base de dados);
- (7) Cartão de memória SD que permita configurar os dados das ligações e armazenar informação.

Embora o objectivo específico seja o de direccionar o produto para a monitorização da produção em sistemas de microgeração de energia renovável, é possível reutilizar o sistema para monitorizar o consumo, uma vez que as funcionalidades são semelhantes. Assim, o produto pode ser utilizado tanto na óptica do Produtor como do Consumidor.

De acordo com as necessidades identificadas do cliente típico, o Produto que doravante passo a designar de “MTEnergy”, faz uma leitura da Tensão, Corrente, Potência Aparente, Potência Activa, Potência Reactiva, Factor de Potência e, conseqüentemente, da Energia produzida/consumida numa linha monofásica. Ainda, de acordo com a forma de comunicação necessária ao cliente, existirão as seguintes possibilidades de produto:

- MTEnergy-1000 – é o módulo para funcionar em ligação ETHERNET
- MTEnergy-1100 – é o módulo para funcionar em ligação ETHERNET com apoio GSM e GPRS
- MTEnergy-2000 – é o módulo para funcionar em ligação GPRS
- MTEnergy-3000 - é o módulo para funcionar em ligação WIFI
- MTEnergy-3100 – é o módulo para funcionar em ligação WIFI com apoio GSM e GPRS

### **1.3 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO**

O presente projecto resultou de uma solicitação por parte de uma empresa da região, a empresa Refrisun, Lda. [7], à Universidade do Algarve. A empresa foi fundada em Outubro de 2006 com o objectivo de operar no sector das energias renováveis, quer na vertente de aquecimento (água sanitária e ambiente) quer na vertente de produção de energia eléctrica. A estratégia da empresa assenta na prestação de um serviço de qualidade aos seus clientes, dispondo para tal de um quadro de pessoal técnico especializado em energias renováveis. A empresa encontra-se certificada e está direccionada para o consumidor final. Possui um quadro técnico experiente e bem equipado para levar a cabo a instalação de sistemas solares de produção de água quente, e sistemas fotovoltaicos e eólicos para produção de energia eléctrica.

De acordo com as necessidades identificadas pela empresa, surgiu a solicitação à Universidade do Algarve para desenvolver um produto de baixo custo que permitisse monitorizar a energia produzida em sistemas de microgeração, para permitir não só informar

o cliente da quantidade de energia produzida pelo sistema, como também à empresa identificar possíveis avarias no sistema e poder actuar prontamente. Trata-se assim de um produto que vem acrescentar valor às soluções que a empresa já comercializa.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente documento está organizado como se descreve em seguida.

No capítulo 1 é feita a introdução ao tema proposto.

No capítulo 2 é feita uma apresentação dos principais produtos para monitorização remota da energia existentes no mercado, visto tanto pela óptica do produtor de energia, como do consumidor. Neste capítulo é apresentado também um estudo sobre como calcular a potência e energia num sistema eléctrico.

No capítulo 3 é apresentada uma descrição geral o projecto e é descrito todo o *hardware* relativo ao projecto. Durante o desenvolvimento do projecto ficou claro desde uma fase inicial que, devido ao número considerável de módulos e de ligações existentes na placa de aquisição, desde cedo houve a necessidade de evoluir do projecto em *breadboard* para a utilização de uma placa dedicada. Assim, uma vez garantidos os funcionamentos dos módulos isoladamente e com o microcontrolador em *breadboard*, foi logo desenvolvida uma PCB (*Printed Circuit Board*) para que o desenvolvimento conjunto dos módulos fosse feito numa placa única, para evitar erros de ligações. Por esse motivo, também neste relatório se optou por apresentar primeiro o *hardware* no capítulo 3, e só posteriormente é apresentado o *software* e o funcionamento genérico da placa e do sistema.

Assim, o capítulo 4 é dedicado ao *software*, apresentado a descrição geral do funcionamento, as configurações utilizadas na programação do microcontrolador, assim como as páginas *web* para interface com o utilizador.

No capítulo 5 são apresentados os resultados experimentais do projecto, assim como os resultados medidos em laboratório e utilizados para configurações e calibrações do sistema.

Por fim, no capítulo 6 são apresentadas as conclusões do projecto e são resumidas as direcções de trabalho futuro.



## 2. MONITORIZAÇÃO REMOTA DA ENERGIA

---

A monitorização remota da energia consumida ou produzida por uma carga ou um sistema envolve, fundamentalmente, 3 tarefas principais: (1) a leitura e cálculo por meio de sensores das grandezas medidas: Tensão [V], Corrente [I]; (2) a transmissão remota dos dados; e (3) utilização, tratamento de dados e sua posterior consulta. Para implementar estas três tarefas é necessário utilizar algumas ferramentas e tecnologias que irão ser descritas brevemente.

Deste modo, neste capítulo começar-se-á por fazer o levantamento de algumas aplicações empresariais já existentes para fazer a Monitorização Remota da Energia (consumida ou produzida), descrevendo brevemente as suas principais características. Em seguida apresentam-se as tecnologias envolvidas para a realização da monitorização remota, para na secção final serem abordados os cálculos de como obter as Potência e Energia a partir de leituras da corrente e tensão.

### 2.1 APLICAÇÕES EMPRESARIAIS PARA A MONITORIZAÇÃO DA ENERGIA

Existem no mercado diversos sistemas de monitorização de consumos de energia, cada um com as suas características, mas nem todos dão resposta ao mesmo tipo de necessidades, sendo alguns mais dedicados à análise dos parâmetros eléctricos, enquanto outros se limitam a efectuar apenas leituras à distância.

Dos vários sistemas existentes, destacam-se:

- InovGrid – Contador Inteligente utilizado pela EDP
- eMonitor
- *Home Energy Monitor*
- Wi-LeM
- *Optimal Monitoring System*

Foram escolhidos estes sistemas pois poderiam, à partida, conseguir dar resposta aos problemas de monitorização de energia. Cada um dos sistemas apresenta vantagens e desvantagens, estando alguns deles mais próximos dos objectivos que se pretendem atingir com o presente projecto. A descrição seguinte de cada sistema pretende fazer transparecer as potencialidades de cada um deles, uma vez que têm várias características em comum. Alguns têm como objectivo uma melhor análise de consumos energéticos, enquanto outros limitam-se a recolher os dados dos contadores para possibilitar uma análise posterior.

### 2.1.1 CONTADORES INTELIGENTES - INOVGRID

A contagem inteligente, para além dos clientes que optaram por instalarem um sistema de microgeração e de serem recompensados financeiramente pelos seus contributos para a rede nacional assim como uma ajuda para os distribuidores gerirem melhor as mesmas, permite que clientes com a informação *online*, fiquem mais eficientes no consumo de energia e de terem decisões mais inteligentes acerca do uso da mesma;



Figura 1 – Contador Inteligente da EDP

Os consumidores precisam de conhecer os seus consumos energéticos de forma a poderem decidir de forma inteligente sobre como a gerir. Actualmente, a informação que chega às habitações é sobre o consumo efectuado durante o mês que passou, e muitas vezes são estimativas. Este tipo de informação não é muito preciso para um consumidor que esteja interessado em gerir o uso da sua energia. Assim, a substituição dos contadores tradicionais

por *smart meters* é essencial para uma informação detalhada e correcta ao longo dos dias, assim como:

- As estimativas deixarão de existir e os consumidores terão conhecimento sobre a quantia que devem para assim gerir melhor os seus orçamentos;
- Poderão surgir novos e inovadores tarifários adequados às necessidades específicas dos consumidores;
- Os clientes terão um melhor serviço como por exemplo quando precisarem de mudar de fornecedor ou mudarem de casa;
- Os *smart meters* poderão efectuar a leitura de sistemas de microgeração implementado nas habitações, permitindo aos consumidores domésticos serem recompensados financeiramente pelas suas contribuições.
- O fornecedor de energia também terá as suas vantagens uma vez que tornará a empresa de “fornecimento de energia” para uma de “serviços de energia”. Permitirá que a empresa fique mais próxima dos seus clientes permitindo-lhes prestar um apoio ao cliente mais eficiente ao mesmo tempo que reduz os custos de operações [8].

O smart meter apresentado na Figura 1 é designado por InovGrid, que apresenta as características atrás mencionadas e é a solução da EDP para a utilização doméstica de contadores inteligentes. Mais informações podem ser encontradas em [8].

### 2.1.2 eMONITOR

O eMonitor (Figura 2) é um sistema de monitorização flexível que permite manter um histórico dos consumos do edifício (electricidade, gás e água), dos respectivos custos associados e das variáveis ambientais (por exemplo a temperatura). Caracteriza-se essencialmente pela sua flexibilidade de instalação, adaptando-se facilmente ao edifício e aos requisitos pretendidos pelo cliente e pelos custos moderados de instalação, possibilitando a interligação a diversos equipamentos já instalados no edifício bem como a outros existentes no mercado. O eMonitor permite definir alertas automáticos através de envio de mensagens de correio electrónico ou de SMS, informando sobre a detecção de consumos anómalos, ou apenas sensibilizando os utentes do edifício.

Com este sistema é ainda possível o armazenamento contínuo de dados relativos aos consumos totais do edifício, desagregados por secções ou até por equipamentos, criando-se um histórico de consumos que poderá ser utilizado nas auditorias e inspecções periódicas a que os edifícios estarão sujeitos, ao abrigo do novo diploma de certificação energética [9].

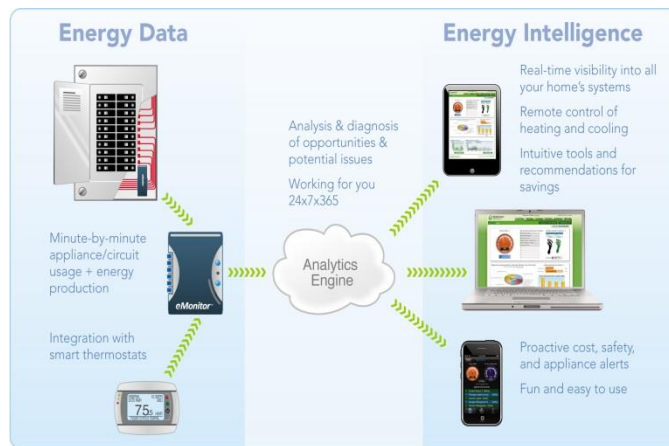


Figura 2 – Sistema eMonitor

### 2.1.3 HOME ENERGY MONITOR

Este sistema é o mais actual e usa a “cloud”, página Emoncms.org, na obtenção dos gráficos.

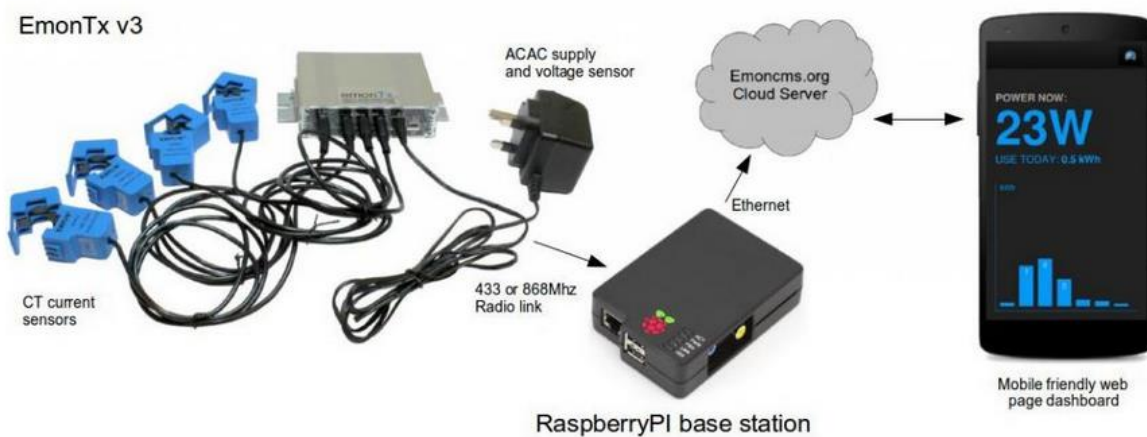


Figura 3 –Home Energy Monitor

O sistema EmonTx faz uma leitura a um sistema trifásico (de 100 Ampéres cada) e comunica via wifi com a RaspberryPi, como estação de base, sendo a ligação à Internet feita por Ethernet. Tem também um cartão de memória SD [10].

#### 2.1.4 WI-LEM

A nova tecnologia lançada pelo grupo QEnergia está assente numa topologia *wireless*, conseguindo assim ultrapassar os problemas de todos os sistemas com fios existentes. Esta solução (Figura 4) é disponibilizada através de um simples computador que pode ter acesso até 250 contadores, efectuar os registos de energia com a periodicidade desejada (entre 5 e 30 minutos) e posterior exportação para análise, oferecendo assim uma redução bastante considerável do tempo outrora despendido na deslocação à instalação [11].

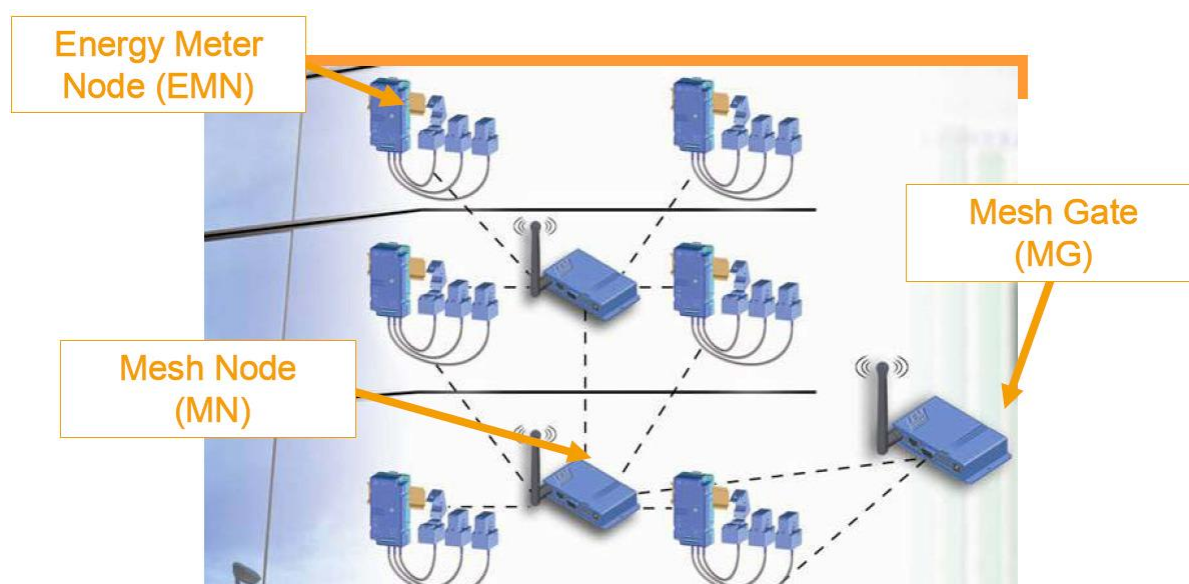


Figura 4– Solução sem fios implementada pela QEnergia

#### 2.1.5 OPTIMAL MONITORING SYSTEM

O sistema *Optimal Monitoring* é uma solução orientada para a recolha e elaboração de relatórios de dados energéticos (Figura 5).

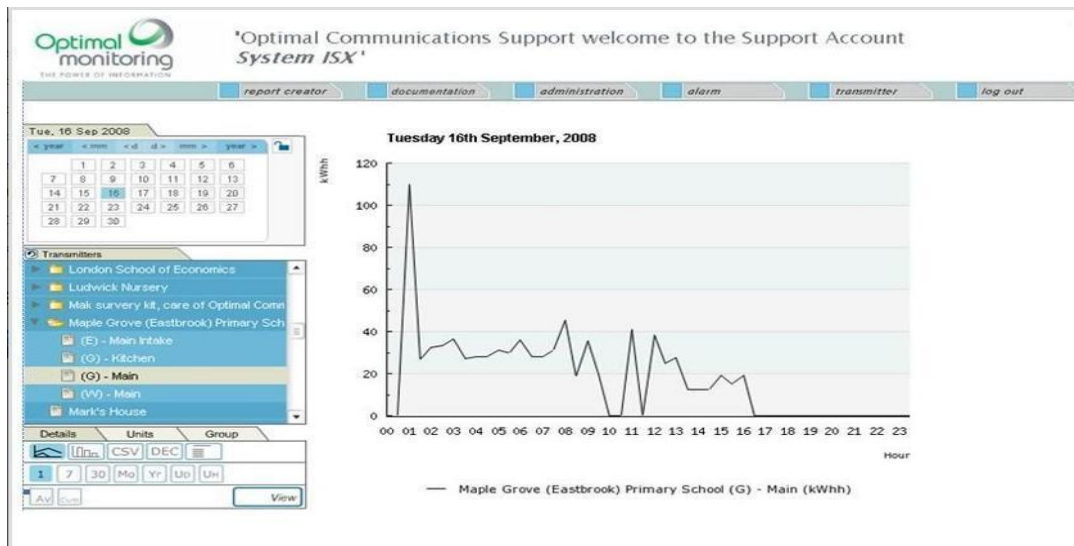


Figura 5– Interface gráfica “Optimal Monitoring”

O *Optimal Monitoring* é um sistema automatizado utilizado para medir o consumo e os custos, podendo também enviar mensagens de alarme em caso de falha de alimentação ou simples inactividade do equipamento, mas também caso detecte desvios de consumo não considerados normais. Além do acesso a dados, informações e alertas, o sistema utiliza relatórios e processos operacionais para garantir a coerência com os relatórios necessários aos serviços de manutenção, e assim aumentar a eficácia das operações [12].

## 2.2 ENERGIA ACTIVA E REACTIVA (ABORDAGEM TEÓRICA)

O processo de produção, transporte e consumo da energia eléctrica podem ser modelados, em primeira aproximação, pelo circuito eléctrico da Figura 6.

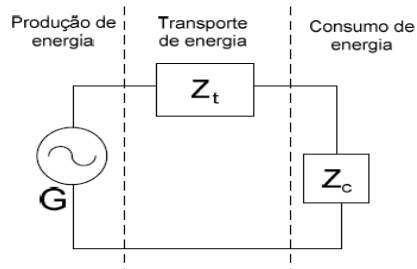


Figura 6 – Processo de produção, transporte e consumo da energia eléctrica

G representa o gerador de energia eléctrica, ou seja, toda a energia gerada que é enviada para o consumidor. A rede de transporte de energia está representada pela impedância de transporte  $Z_t$ . Esta impedância representa a resistência de perdas associada a todo o processo de transporte da energia. Este processo apresenta perdas de diversas naturezas: por efeito de Joule (calor) nos condutores e nos enrolamentos dos equipamentos, perdas devido a histerese dos transformadores e reactores, e perdas por corrente de fuga nos isoladores. Neste circuito eléctrico todas as perdas estão representadas pela impedância  $Z_t$  (que é aqui considerada como resistiva) e a impedância  $Z_c$  que representa a energia distribuída para o consumidor. Esta tem um valor igual ao paralelo de todas as impedâncias de carga dos equipamentos ligados à rede eléctrica. Assim, o circuito da Figura 6 é constituído por uma fonte e duas impedâncias, onde a fonte tem como objectivo fornecer a tensão às impedâncias.

Fazendo uma analogia com a produção e o consumo de energia eléctrica, a fonte de alimentação corresponde ao gerador, que no caso de interesse para este trabalho, é o gerador de energia renovável; se quisermos medir a energia gerada, é aos seus terminais que devemos medir a tensão e a corrente por ele fornecida (e calcular a energia que ele fornece). Por outro lado, a impedância  $Z_c$  representa o consumidor, ou seja, o(s) aparelho(s) que está(ão) a consumir a energia; se quisermos medir a energia consumida, é aos seus terminais que devemos medir a tensão e a corrente (e calcular a energia a ele entregue). Por último, temos a carga  $Z_t$ , que representa as perdas energéticas entre a geração e o consumo, ou seja, o que se perde no transporte da energia. No caso ideal, o circuito seria constituído apenas por uma fonte e uma impedância de carga, mas devido às perdas que podem existir, considera-se também a impedância de perdas ou transporte.

Se a impedância de carga, associada ao consumidor for puramente resistiva, toda a energia que lhe é fornecida é utilizada no processo de transformação de energia eléctrica em outras formas de energia. Contudo, frequentemente a impedância de carga contém uma componente reactiva que, na maioria dos casos, é indutiva (embora possa ser capacitiva). Os equipamentos domésticos são frequentemente constituídos por motores e/ou transformadores e estes equipamentos têm geralmente associada uma impedância indutiva. A existência de uma componente indutiva ou capacitiva na carga  $Z_c$  provoca o desfasamento entre a tensão e a corrente que percorre a carga. Assim, durante um determinado intervalo de tempo em cada ciclo, o sentido da corrente é contrário à queda de tensão aos terminais da carga. Nesse

intervalo de tempo, a carga devolve energia à rede. As componentes reactivas provocam o aparecimento de energia que oscila na rede entre o gerador e a carga.

A energia dissipada na componente resistiva da carga é designada por Energia Activa ( $E_A$ ). A energia que oscila entre o gerador e a impedância de carga é chamada de Energia Reactiva ( $E_R$ ). A existência de Energia Reactiva provoca situações não desejáveis no processo de produção e de transporte da energia eléctrica, nomeadamente a redução de eficiência de transferência de energia entre o gerador e o consumidor. Por causa deste problema, a corrente aumenta devido ao valor da energia reactiva. Esta situação implica dois problemas: (1) a existência de perdas mais elevadas de energia dissipadas na impedância de transporte  $Z_t$  da rede; e (2) a necessidade de dispor de equipamento capaz de suportar potências superiores, por exemplo transformadores de alta tensão. Resumindo, o custo do transporte da energia eléctrica torna-se superior.

A energia que é necessária produzir e transportar na rede é referida como Energia Aparente. Esta relaciona-se com a componente de  $E_A$  e a componente de  $E_R$  como se mostra na seguinte equação (1).

$$E_{AP}^2 = E_A^2 + E_R^2 \quad (1)$$

O cálculo da  $E_{AP}$  é dado pela raiz da soma do quadrado da  $E_A$  e  $E_R$ , no caso de os sinais serem sinusoidais. A  $E_{AP}$  seria então a energia cobrada ao consumidor, porque representa a soma da  $E_A$  e  $E_R$ . No entanto, para os consumidores domésticos, as empresas de produção e de transporte de energia seguem normalmente a política de apenas medir e cobrar a  $E_A$  consumida, que constituem a população em geral. Isto porque o consumo de  $E_R$  é normalmente pouco significativo no consumo gerado pelo equipamento doméstico. Ao contrário, os consumidores industriais, que são por exemplo as indústrias, os consumos de  $E_R$  e  $E_A$  já são medidos e cobrados. Isto porque provocam o aparecimento de grandes quantidades de energia reactiva na rede, por estarem normalmente equipados com muitos motores eléctricos de elevada potência. A medição da  $E_R$  pode ser feita através de contadores de energia, electromecânicos. Este contador tem associados custos elevados, porque implica por parte do produtor, a instalação de alternadores de maior potência, instalação de protecções, comando e manobra. Este contador só se justifica quando existe uma grande geração de  $E_R$ , sendo por essa razão não cobrada aos consumidores domésticos.

Do que foi referido, pode concluir-se que as duas grandezas importantes que um Contador de Energia Eléctrica deve medir são a  $E_A$  e a  $E_R$  [13].

### 2.2.1 ENERGIA ACTIVA

Quando é aplicada tensão a uma resistência surge uma corrente eléctrica. Isto corresponde ao fornecimento de energia eléctrica que é dissipada sob a forma de calor na resistência. Em corrente alternada, esta energia eléctrica é designada por Energia Activa. A Energia Activa é expressa em kilowatt-hora (kWh) e, quando transformada em calor, é dada por potência activa expressa em (kW). Na Figura 7 está ilustrado como pode ser calculada a potência numa carga. Assim, pode ser calculada com base na tensão da rede eléctrica  $v(t)$  aplicada à impedância de carga,  $Z_c$  e na corrente  $i(t)$  que percorre essa mesma impedância.

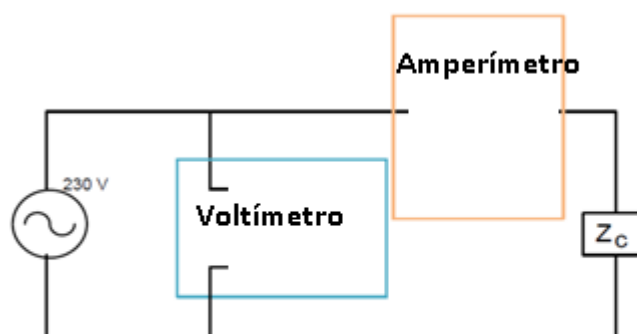


Figura 7 – Cálculo da potência numa carga

Com base na informação resultante destas medições (tensão e corrente), são efectuados os cálculos matemáticos para determinar o valor da Potência Activa,  $P_{act}$  para sinais não puramente sinusoidais.

$$P_{act} = \frac{1}{T} \int P(t) dt \quad (2)$$

$$P_{act} = \frac{1}{T} \int v(t) \times i(t) dt \quad (3)$$

A energia activa  $E_{act}$  pode ser calculada através do integral ao longo do tempo do produto da tensão  $v(t)$  pela corrente  $i(t)$ , como se demonstra a seguir.

$$E_{act} = \int_0^t v(t) \times i(t) dt \quad (4)$$

A equação acima pode ser reescrita na seguinte forma:

$$E_{act} = \sum_{i=0}^t V_i \times I_i \times T_s \quad (5)$$

Onde  $V_i$  e  $I_i$  são a tensão e corrente instantânea e  $T_s$  o período de amostragem. Neste trabalho o cálculo da  $E_{act}$  é feito instantaneamente através do produto da tensão com a corrente e do período de amostragem que será melhor explicado nas próximas secções [13].

### 2.2.2 ENERGIA REACTIVA

A energia reativa é a energia responsável pela criação do campo magnético e, como tal, é consumida por todos os equipamentos que, pelo seu princípio de funcionamento, necessitam de campos magnéticos. São exemplo desses equipamentos: os motores, os “balastos” das lâmpadas fluorescentes, as fontes de alimentação de todos os receptores electrónicos, etc. Esta energia, apesar de não apresentar custos de produção, provoca perdas nos transformadores e nas redes de transporte e de distribuição pelo que o seu consumo apresenta um custo elevado que tem de ser suportado pelos consumidores. Nos clientes de baixa tensão normal (com potências contratadas até 41,4kVA) a energia reativa não é medida e, como tal, não é objecto de facturação. Porém o aparelho que controla a potência contratada é sensível também a esta energia pelo que, indiretamente, ela tem reflexos na potência contratada do consumidor e, conseqüentemente, no valor da taxa de potência que paga mensalmente. Para clientes de baixa tensão especial (com potências contratadas superiores a 41,4kVA), ou para outros níveis de tensão (MAT, AT e MT), a energia reativa é objecto de medição e tem um custo cujo valor unitário é crescente com o consumo do cliente. Nestas situações o cliente apenas pode consumir um volume de energia reativa, sem custos, e durante o período das 8:00 às 22:00horas, não superior a 30% da energia activa que consome no mesmo período e não pode injetar para a rede, sem penalização, nenhuma energia reativa no período das 22:00 às 8:00horas [13].

### 2.2.3 EFEITO DAS HARMÔNICAS NA CORRENTE E TENSÃO

Teoricamente a tensão e a corrente eléctrica são sinais sinusoidais com frequência e amplitude constantes. Mas, devido ao efeito da carga, que pode ser capacitiva ou indutiva, esta pode induzir o aparecimento de diversas harmónicas, especialmente no sinal de corrente, tornando-o não sinusoidal e com frequência e amplitude não constante. Na rede eléctrica, ao contrário do que se tem vindo a admitir, tanto a corrente como a tensão não são sinais sinusoidais de frequência e de amplitude constantes. Os sinais de tensão  $v(t)$  e corrente  $i(t)$  são compostos por diversas harmónicas, em que uma das representações do seu produto poderá corresponder à forma de onda representada na Figura 8.

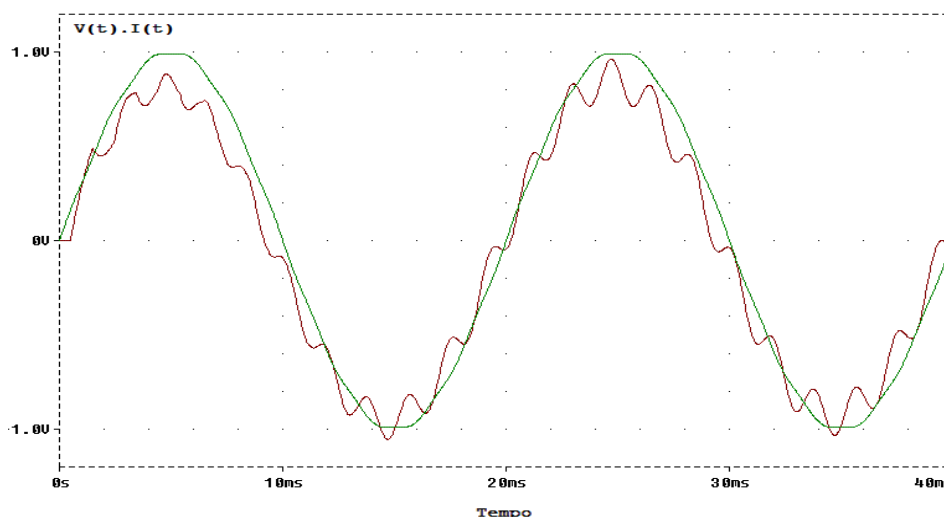


Figura 8 – Harmónicas no sinal de Tensão e Corrente contêm várias harmónicas

Os harmónicos de corrente surgem devido à presença de cargas não lineares na rede de distribuição. Essas cargas não possuem uma relação linear entre tensão e a corrente como cargas resistivas, capacitivas e indutivas. Estas podem ser geradas por equipamentos eléctricos que possuem componentes não lineares que absorvem uma corrente diferente da forma de onda da tensão que alimenta, gerando uma perturbação na corrente.

#### 2.2.4 - POTÊNCIA EM REGIME ALTERNADO SINUSOIDAL

Em Matemática, o valor quadrático médio ou RMS (do inglês *root mean square*), ou valor eficaz, é uma medida estatística da magnitude de uma quantidade variável. Pode-se calcular para uma série de valores discretos, ou para uma função variável contínua. O nome deriva do fato de que é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores.

Em seguida definem-se as grandezas:

- Corrente eficaz;
- Tensão eficaz;
- Potência Aparente (S) - potência total fornecida pela fonte. Unidade é o Volt-Ampère (VA);
- Potência Ativa (P) - potência que realiza Trabalho, de facto. Unidade é o Watt (W);
- Potência Reativa (Q) - potência consumida por reatâncias (indutivas ou capacitivas) no armazenamento de energia, magnética ou elétrica, para o devido funcionamento do sistema elétrico. Unidade é o Volt-Ampère reativo (VAr).;
- Factor de Potência - determinada pelo cosseno do ângulo entre a potência ativa e a aparente (ou seja,  $P/S$  ou o cosseno do ângulo de fase, entre a tensão e a corrente)

Em circuitos de corrente alternada (AC – *Alternating Current*) puramente resistivos, as ondas de tensão e de corrente elétrica estão em fase, ou seja, mudando a sua polaridade no mesmo instante em cada ciclo. Quando cargas reativas estão presentes, tais como condensadores e indutores, o armazenamento de energia nessas cargas resulta em uma diferença de fase entre as ondas de tensão e corrente. Uma vez que essa energia armazenada retorna para a fonte e não produz trabalho útil, um circuito com baixo fator de potência terá correntes elétricas maiores para realizar o mesmo trabalho do que um circuito com alto fator de potência.

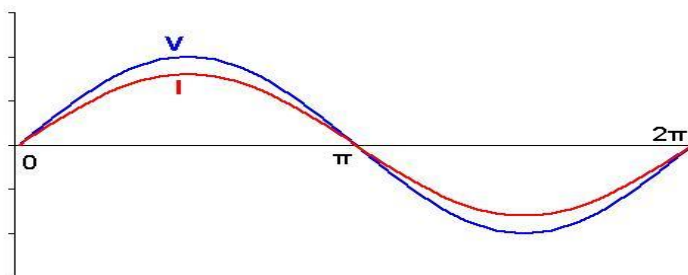


Figura 9 - Ondas de tensão (V) e corrente (I) em fase. A carga possui característica resistiva (se senoidal perfeita, FP=1). Ângulo de fase  $\varphi=0^\circ$

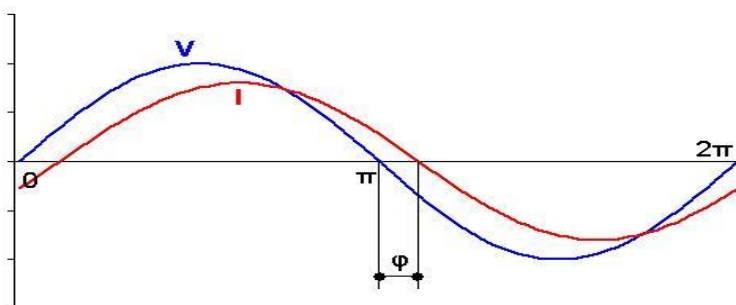


Figura 10 - Onda de corrente (I) atrasada em relação à onda de tensão (V). A carga possui característica indutiva. FP<1 (atrasado)

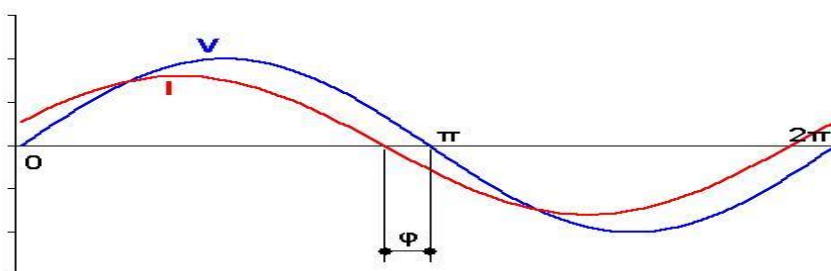
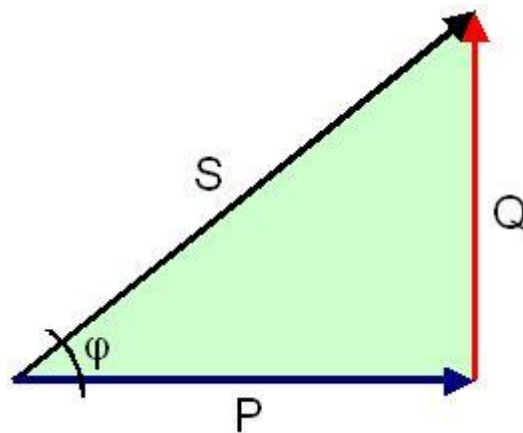


Figura 11 - Onda de corrente (I) adiantada em relação à onda de tensão (V). A carga possui característica capacitiva. FP<1 (adiantado)

No caso da Potência Reativa (Q), existe a dualidade entre os tipos de reatância, daí ser atribuído o sinal positivo à Potência reativa Indutiva e o negativo à Potência reativa Capacitiva.



**Figura 12 - O triângulo de potências reflete a relação entre as três componentes da potência elétrica: potências aparente, ativa e reativa**

Por definição, o fator de potência é um número adimensional entre 0 e 1. Quando o fator de potência é igual a zero (0), o fluxo de energia é inteiramente reativo e a energia armazenada é devolvida totalmente à fonte em cada ciclo. Quando o fator de potência é 1, toda a energia fornecida pela fonte é consumida pela carga. Normalmente o fator de potência é assinalado como indutivo ou atrasado (corrente atrasada em relação à tensão) ou capacitivo ou adiantado (corrente adiantada em relação à tensão) para identificar o sinal do ângulo de fase entre as ondas de corrente e tensão elétricas que são geradas.

O fator de potência é determinado pelo tipo de carga ligada ao sistema elétrico, que pode ser: Resistiva, Indutiva, Capacitiva. Se uma carga puramente resistiva é conectada ao sistema, a corrente e a tensão mudarão de polaridade em fase, nesse caso o fator de potência será unitário, e a energia elétrica flui numa mesma direção através do sistema em cada ciclo. Cargas indutivas tais como motores e transformadores (equipamentos com bobinas) produzem potência reativa com a onda de corrente atrasada em relação à tensão. Cargas capacitivas tais com condensadores ou cabos elétricos enterrados produzem potência reativa com corrente adiantada em relação à tensão. Ambos os tipos de carga absorverão energia durante parte do ciclo de corrente alternada, apenas para devolver essa energia novamente para a fonte durante o resto do ciclo.

Por exemplo, para se obter 1 kW de potência ativa quando o fator de potência é unitário (igual a 1), 1 kVA de potência aparente será necessariamente transferida ( $1 \text{ kVA} = 1 \text{ kW} \div 1$ ). Sob baixos valores de fator de potência, será necessária a transferência de uma maior quantidade de potência aparente para se obter a mesma potência ativa. Para se obter 1 kW de potência ativa com fator de potência 0,2 será necessário transferir 5 kVA de potência aparente ( $1 \text{ kW} = 5 \text{ kVA} \times 0,2$ ).

Frequentemente, é possível corrigir o fator de potência para um valor próximo ao unitário. Essa prática é conhecida como correção do fator de potência e é conseguida mediante o acoplamento de bancos de indutores ou condensadores, com uma potência reativa  $Q$  contrário ao da carga, tentando ao máximo anular essa componente. Por exemplo, o efeito indutivo de motores pode ser anulado com a conexão em paralelo de um condensador junto ao equipamento.

As perdas de energia aumentam com o aumento da corrente elétrica transmitida. Quando a carga tem fator de potência menor do que 1, mais corrente é requerida para suprir a mesma quantidade de potência útil. As concessionárias de energia estabelecem que os consumidores, especialmente os que possuem cargas maiores, mantenham os fatores de potência de suas instalações elétricas dentro de um limite (que actualmente em Portugal é aproximadamente de 0,96 a 1, estabelecido por  $\text{tg}(\varphi)=E_R/E_A<30\%$ ) para que o consumidor fique isento do pagamento de energia reactiva, caso contrário serão penalizados com cobranças adicionais (existindo actualmente 3 escalões de penalização) [38].

Todo equipamento elétrico possui uma potência apresentada em Watts cujo símbolo é  $W$ . Normalmente esta informação vem estampada no produto ou na embalagem. Exemplos: lâmpada incandescente = 100 W, chuveiro = 3.600 W, frigorífico = 200 W, etc.

Para calcular o consumo de um equipamento multiplique a potência pelo tempo de funcionamento em horas. Ex. um chuveiro funciona 2 horas por dia logo seu consumo é  $3.600\text{ W} \times 2\text{ horas} = 7.200\text{ Wh/dia}$ . Aqui temos que fazer uma pequena conta que é transformar Wh (Watts hora) em kWh (quilo Watts hora). É só dividir o valor encontrado por 1000. No nosso exemplo, o chuveiro consome  $7200\text{ Wh/dia} = 7,2\text{ kWh/dia}$ . Desta forma, para calcular o consumo de energia elétrica por mês é só utilizar a expressão:

$$\text{Consumo} = \text{Potência do aparelho em Watts} \times \text{horas de funcionamento por mês} \div 1000$$

Agora para saber quanto custa o funcionamento de cada aparelho elétrico multiplica-se o valor encontrado pelo valor da tarifa em vigor.

De acordo com o exposto atrás, resume-se de seguida as fórmulas de cálculo para a tensão e correcte eficaz, e para as potências.

#### Cálculo da Tensão Eficaz

Sinal contínuo: 
$$V_{\text{ef}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \quad (6)$$

Sinal discreto: 
$$V_{ef} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} v^2(n)}{N}} \quad (7)$$

Cálculo da Corrente Eficaz

Sinal contínuo: 
$$I_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (8)$$

Sinal discreto: 
$$I_{ef} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} i^2(n)}{N}} \quad (9)$$

Cálculo da Potência Aparente (S)

$$|S| = U_{ef} * I_{ef} \text{ (VA)} \quad (10)$$

Cálculo da Potência Média ou Activa (P)

Através do produto do valor da tensão instantânea pela corrente instantânea obtêm-se a Potencia Instantânea, ou seja, a energia consumida por segundo. A variação de tensão,  $v(t)$  e da corrente  $i(t)$  origina, como já foi dito, curvas sinusoidais, onde a Potência Activa pode ser calculada pela média da potência instantânea, uma vez que a potência reactiva tem média nula (por vezes consome, mas depois devolve a energia):

Sinal contínuo: 
$$P_a = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) \times i(t) dt \quad \text{(Watt)} \quad (11)$$

Sinal discreto: 
$$P_a = \frac{1}{N} \int_0^{N-1} v(t) \times i(t) \quad \text{(Watt)} \quad (12)$$

Cálculo da Potência Reactiva (Q)

$$\text{Se: } \begin{cases} |S| = P; Q = 0 \\ |S| \neq P; Q = \sqrt{|S|^2 - P^2} \text{ (VAR)} \end{cases} \quad (13)$$

### Factor de Potência ou $\cos \varphi$

$$\cos \varphi = \frac{P}{|S|} \quad (14)$$

### Energia Produzida ou Consumida

Depois de conhecido o valor da Potência Activa, torna-se possível o cálculo da energia eléctrica consumida num dado intervalo de tempo.

$$E_A = \int_0^T P(t) * dt \quad (15)$$



### 3. PROJECTO MTENERGY - *HARDWARE*

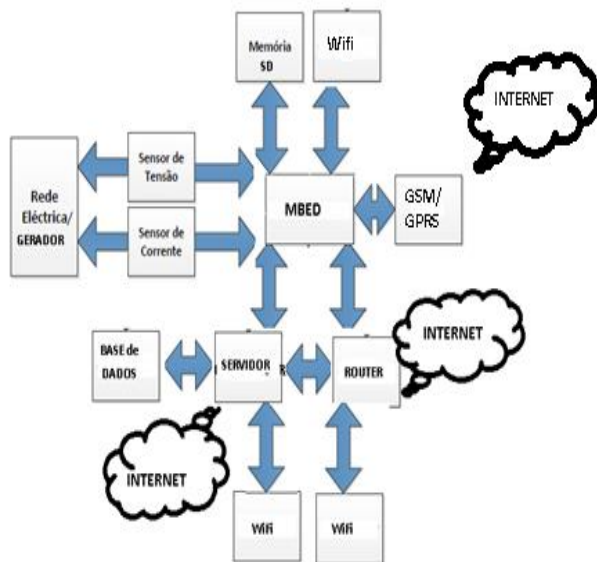
---

O presente capítulo visa apresentar a componente de *hardware* do projecto MTEnergyY, que envolve no fundo o módulo de aquisição de dados relativos aos valores de tensão e corrente, para monitorização da energia (consumida ou produzida). Ou seja, este módulo faz a aquisição dos dados junto dos sensores e envia para a “*Cloud*” e para a Base de Dados do sistema. Irão ser apresentadas as escolhas efectuadas para a implementação do módulo de *hardware*, assim como a justificação para essas escolhas.

É de notar que à placa de *hardware* será designado por placa de aquisição de dados, enquanto o projecto na sua totalidade, envolvendo a placa com os seus módulos módulo, o *software* para o seu funcionamento, as páginas *web* e respectivo *software* desenvolvido, ou seja, a solução final, designamos por projecto MTEnergyY.

#### 3.1 ARQUITECTURA E SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS

A Figura 13 mostra o diagrama de blocos genérico para o sistema, designado por MTEnergyY. Como se pode ver, a arquitectura do módulo é baseada no microcontrolador MBED da empresa ARM. Este microcontrolador irá receber os dados dos 2 sensores, tensão e corrente, efectuando os cálculos que permitem obter as grandezas  $V_{ef}$ ,  $I_{ef}$ , P, Q, S e FP. Posteriormente à obtenção dos dados, o módulo deverá ter ainda um cartão memória para armazenar todos os dados lidos e configurar as ligações dos módulos. Estes dados serão ainda enviados para uma base de dados, para posterior visionamento em forma de mapas ou gráficos, ou enviados directamente para a “*Cloud*” (o termo *cloud* aqui utilizado refere-se concretamente à plataforma web <http://emoncms.org/> [27], que como será visto adiante, é uma potente aplicação *web* de código aberto (*open-source*) para processamento, registo e visualização da energia, temperatura e outros dados relativos ao ambiente).



**Figura 13 – Diagrama de blocos do funcionamento do “MTEnergyY”**

Para que o módulo fosse genérico e versátil, foram utilizadas várias formas de ligação à web para enviar os dados, nomeadamente: ligação por cabo *Ethernet* a um *modem* do cliente; ligação *WIFI* a um *modem* do cliente; ligação por *GPRS* a uma operadora de telecomunicações, permitindo ainda o envio de *SMS*'s com mensagens de erro urgentes e envio de dados para a *Internet*. Assim, de acordo com os tipos de ligação disponível a cada cliente, foram desenvolvidos módulos de comunicação que permitem ter 5 soluções possíveis para a comunicação dos dados ao Módulo de tratamento de dados:

- MTEnergyY-1000 – ligação *ETHERNET*
- MTEnergyY-1100 – ligação *ETHERNET* com apoio *GSM* e *GPRS*
- MTEnergyY-2000 – ligação *GPRS*
- MTEnergyY-3000 – ligação *WIFI*
- MTEnergyY-3100 – ligação *WIFI* com apoio *GSM* e *GPRS*

Todas as soluções, independentemente do tipo de ligação do módulo à base de dados e à *cloud*, apresentam as características gerais, ou seja, ligada à rede eléctrica ou gerador de potência está um sensor de tensão e um sensor de corrente que comunicam com duas portas do microcontrolador. A esse microcontrolador está ligado uma memória *SD* e a um ou mais



*Host*, interfaces CAN, SPI, I2C, ADC, DAC, PWM e outras interfaces de entrada/saída (I/O). Os pinos descritos na Figura 14 mostram as interfaces utilizadas e suas localizações. Note-se que todos os pinos numerados entre p5-p30 também podem ser utilizados como interfaces de entradas e saídas digitais. O mbed fornece uma solução de prototipagem acessível para obter projectos construídos com o apoio de bibliotecas, recursos e apoio compartilhados na comunidade mbed [14].

Outras características incluem: 40 pinos de 0.1", pacote DIP pitch, 54x26mm de dimensão, alimentação de 5V USB, ou de 4.5-9V por pino de entrada, Compilador *on-line*, linguagem de programação de alto nível C / C ++ SDK e com bibliotecas de funções e projectos de exemplo [14].

### 3.2.2 PLACA SPARKFUN CC3000 WIFI BREAKOUT

Esta é uma placa para o Módulo Wifi CC3000 (ver Figura 15). O CC3000 de TI (Texas Instruments) é um processador de rede sem fio autónomo que permite incorporar conectividade com a Internet num simples projeto. Em vez de o método de comunicação UART padrão, o módulo CC3000 utiliza uma interface SPI para controlar o fluxo de dados. O que torna o CC3000 único é a sua capacidade de se associar a um ponto de acesso Wi-Fi, usando um aplicativo de telefone móvel nesse processo, desenvolvido pela Texas Instruments e chamado de *SmartConfig*.



**Figura 15 – Wifi CC3000 Breakout [15]**

Esta placa ainda oferece um recurso opcional de permitir ligar uma antena externa, no caso de precisar de um pouco mais de potência. Este é um recurso útil se se deseja rotear

uma antena para o exterior de um gabinete ou de aumentar o seu ganho WiFi. Tem as ligações GND, Vcc, 3.3V, MOSI, MISO, CS, INT, SCK e PT pinos do módulo CC3000 para dar-lhe acesso fácil a fazer um projeto WiFi (ver Figura 16).

```
GND -> external USB GND
VCC -> external USB supply (5v 1A)
MOSI -> mbed p5
MISO -> mbed p6
SCK -> mbed p7
CS -> mbed p25
INT -> mbed p28
EN -> mbed p27
```

**Figura 16 – Pinagem de ligação MBED/CC3000**

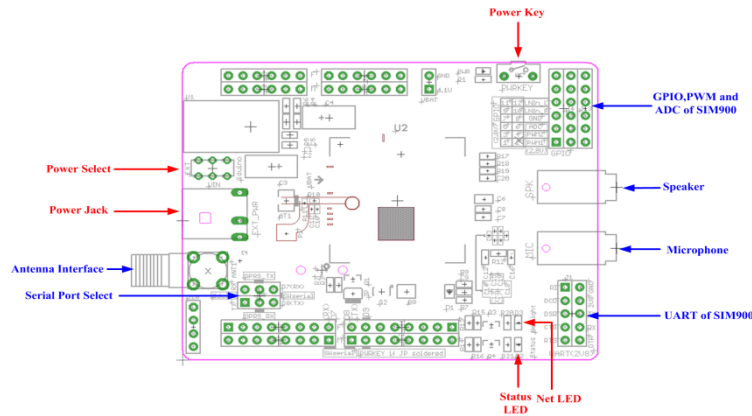
### 3.2.3 GPRS SHIELD SIM900[17]



**Figura 17 - GPRS Shield SIM900 [15]**

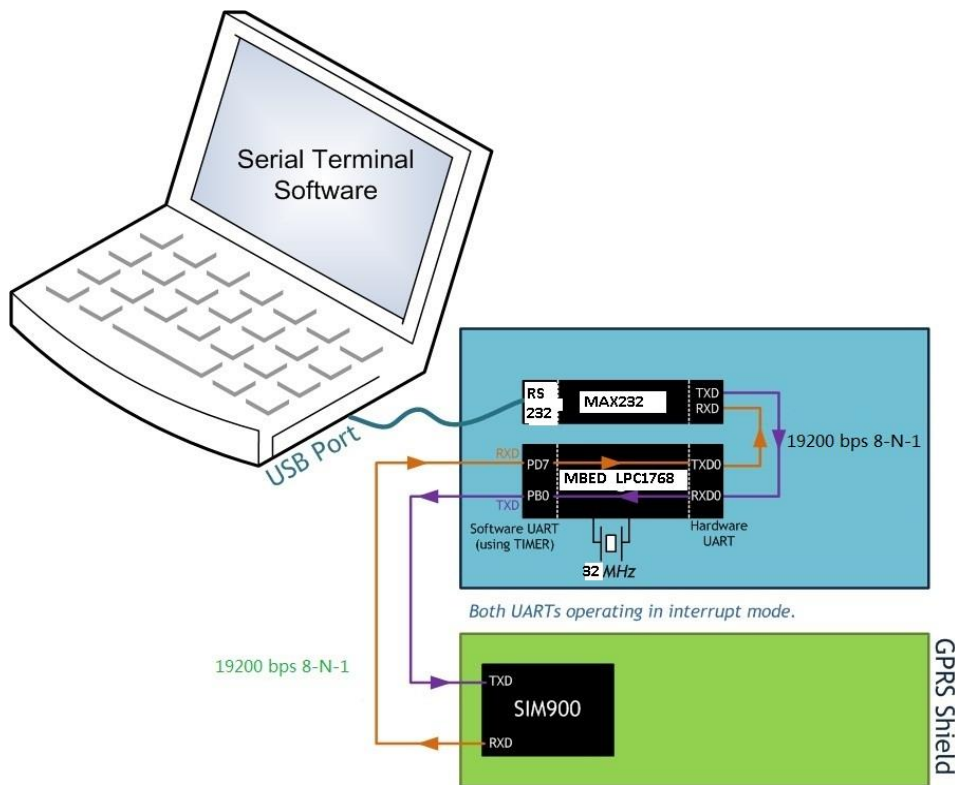
Este módulo (Figura 17) tem na sua base o módulo SIM900 da SIMCom, um *modem* GSM com *Quad-Band* a 850/900/1800/1900 MHz, que permite comunicar em redes GSM em todos os países em todo o mundo. Possui controlo através de comandos AT - Comandos padrão GSM 07.07 e 07.05. Inclui *Short Message Service*, para que se possa enviar pequenas quantidades de dados através da rede GSM usando o serviço de mensagens curtas (em ASCII ou hexadecimal bruto). Possui ainda ligação TCP embutida, uma pilha, e ligação UDP, para

permitir fazer *upload* de dados para um servidor *web*. Embora possua alto-falante e ligação para fones de ouvido, para que se possa enviar sinais DTMF, neste projecto esta característica não foi utilizada (Figura 18).



**Figura 18 - Pinagem GPRS Shield SIM900**

Outras características incluem slot para cartão SIM, antena GSM, 12 GPIOs, 2 PWMs, uma entrada ADC (toda a lógica funciona a 2,8 V). Apresenta um baixo consumo de energia de 1,5 mA (em modo *sleep*) e pode operar na faixa de temperatura industrial, de -40 ° C a +85 ° C.



**Figura 19 - Circuito de comunicação do Computador com o GPRS shield passando pelo MBED**

A Figura 19 apresenta o circuito de teste utilizado para testar o módulo GPRS, passando pelo mbed NXP LPC1758 e ligado posteriormente ao computador por rs232-usb, através do conversor max232, para conversão dos níveis TTL (ver Figura 20).

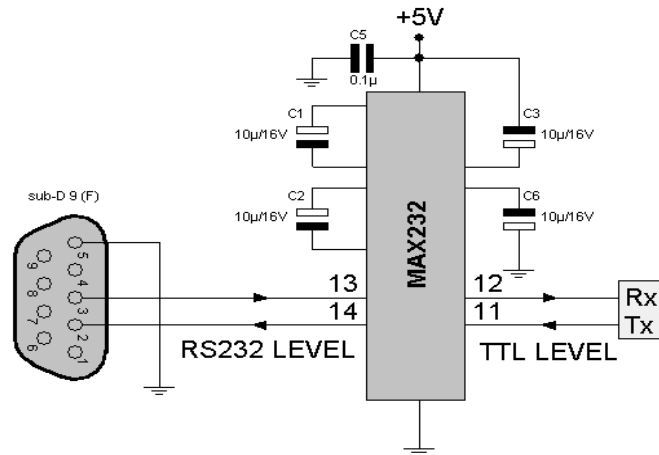
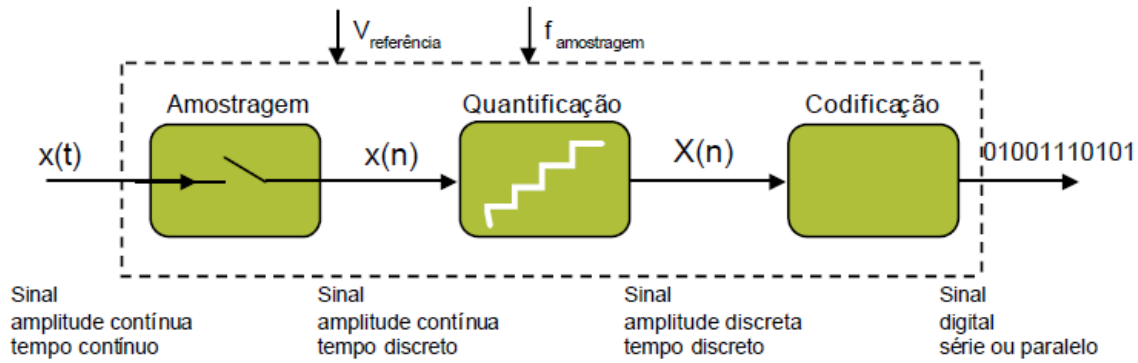


Figura 20 - Circuito de Ligação do Computador via RS232 para níveis TTL [17]

### 3.2.4 CIRCUITO SENSOR DE TENSÃO

A leitura da tensão da rede eléctrica foi realizada recorrendo a um transformador ligado directamente à rede, mais um circuito de interface para ligar ao microcontrolador. Tal como no caso da medição da corrente, o principal objectivo é realizar um condicionamento de sinal e garantir que através do uso de electrónica a tensão enviada para o mbed se encontrasse dentro dos requisitos de tensão de entrada exigidos pelos pins analógicos do mbed, ou seja, uma tensão positiva entre 0 V e a tensão de referência do *Analog to Digital Converter* (ADC), sendo esta de 3.3 Volt. A Figura 21 apresenta uma breve descrição do processo de conversão de sinais analógicos para digitais, feita internamente pelo mbed.

A qualidade da forma de onda à saída do transformador depende do tipo de transformador e da qualidade do mesmo. Assim, escolheu-se o transformador PCV 12V AC apresentado na Figura 22 que apresentou bons resultados, com boa qualidade do sinal de saída, pelo que o erro introduzido na qualidade dos dados obtidos é insignificante.

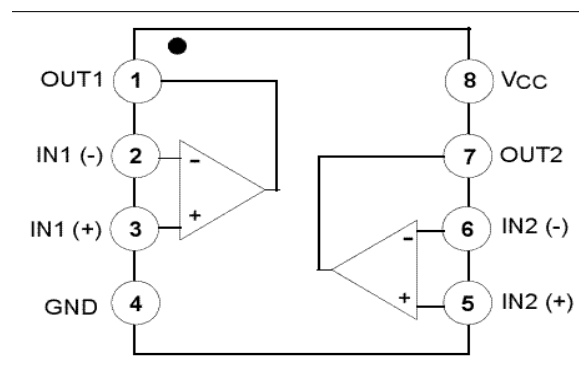


**Figura 21 – Sistema de conversão analógico digital (ADC)**



**Figura 22 – Transformador PCB 12 V AC (Block-Trafo, 2012) [18].**

O sinal à saída do transformador foi então ligado a um circuito de interface, que utiliza o AmpOp LM 368 (Figura 23), e cujo esquema eléctrico é apresentado na Figura 24.



**Figura 23 – AMPOP – LM 358 [18]**

Relativamente ao circuito apresentado na Figura 24, o seu funcionamento é explicado em seguida. O transformador utilizado converte a tensão da rede para uma tensão de 12Volt de amplitude. Usa-se o condensador C1 para filtrar a tensão contínua entre o transformador e o circuito electrónico, constituindo uma ligação para o sinal alternado proveniente do

transformador. A onda é amplificada pela razão das resistências de (5,6K/100K), ou seja, a onda sinusoidal de 12 V de amplitude passa a ser à saída uma onda sinusoidal de aproximadamente 0,7 V de amplitude. O ampop é alimentado a 5V. Como queremos à saída uma onda que varie entre 0 e 3,3 V (este é o valor mínimo e máximo para cálculo da Porta ADC), na porta não inversora do ampop criamos um circuito divisor de tensão de 3,3 V com resistências iguais o que faz com que a tensão entre as resistências seja de 1,65 V. Assim, é adicionada uma componente DC de 1,65 V aos sinais de entrada e saída do ampop, o que coloca na sua saída uma senoide de amplitude 0,7 V com uma componente contínua de 1,65 V, e permite que a onda de saída varie dentre dos valores limites de 0 e 3,3V (com uma margem de segurança). É de notar que o o condensador C2 permite estabilizar o sinal DC de 1,65 V e permite colocar mais estável o ganho do sinal proveniente do transformador.

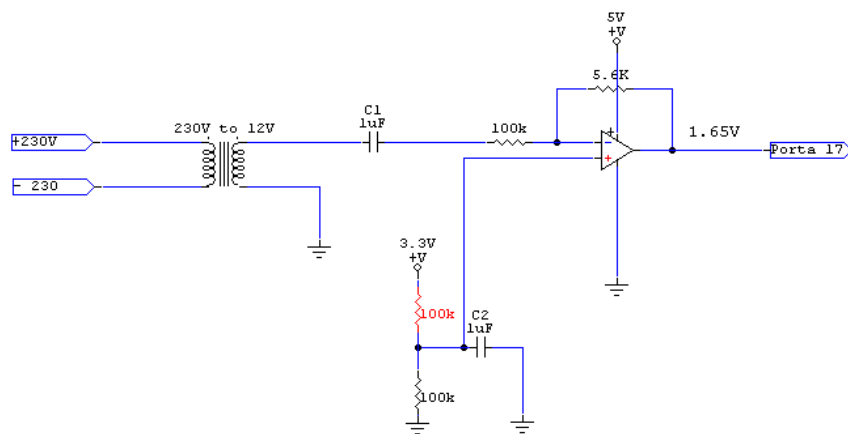
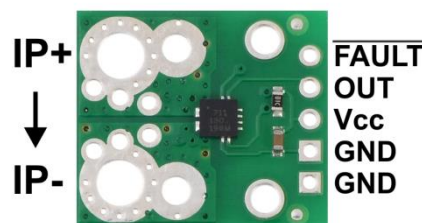


Figura 24 – Circuito transformador de Tensão

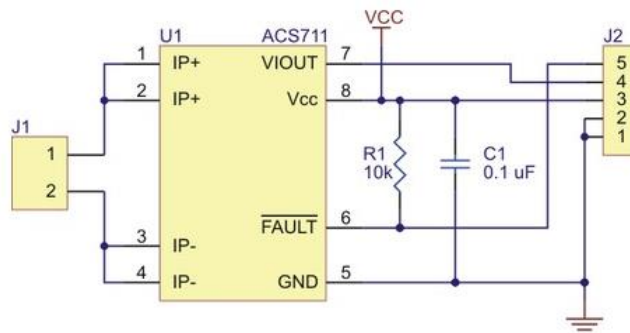
### 3.2.5 SENSOR DE CORRENTE



ACS711EX current sensor carrier pinout.

Figura 25 – ACS711EX [19]

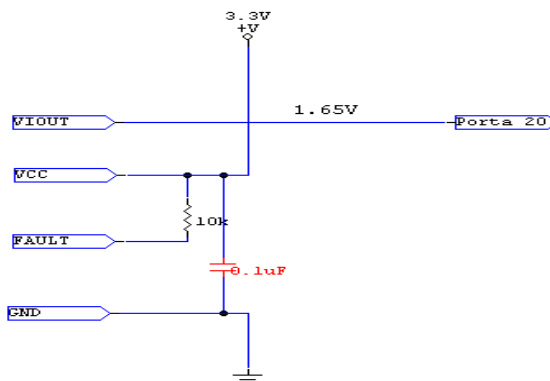
Como sensor de corrente foi utilizada uma placa ACS711EX, da empresa POLULU (Figura 25). Esta placa é baseada no sensor de corrente ACS711 da empresa Allegro, que permite leitura de correntes até  $\pm 15,5$  A. A saída apresenta uma relação linear com a corrente e tem uma saída para falha de sobrecorrente. Para além disso, oferece uma baixa resistência interna ( $\sim 0,6$  m $\Omega$ ) e isolamento eléctrico de até 100 V. Esta versão aceita uma entrada de corrente bidireccional, com uma magnitude superior a 15,5 A e uma tensão de saída analógica proporcional, centrada em  $V_{cc}/2$  e com um erro típico de  $\pm 2\%$ . O sensor opera a partir de uma alimentação de 3 V até 5,5 V.



ACS711 current sensor carrier schematic diagram.

**Figura 26 - Sensor de Corrente ACS711**

A Figura 26 apresenta o esquema para ligação do sensor de corrente, enquanto que a Figura 27 apresenta o circuito externo necessário para operar o sensor.



**Figura 27 – Circuito transformador de Corrente**

### 3.2.6 *SLOT* DE CARTÕES DE MEMÓRIA SD

Os cartões SD comunicam através de uma interface de um-bit síncrono, onde o *Host* fornece um sinal de relógio e dispara bits individuais para dentro e para fora do cartão SD. Após o estabelecimento da ligação, o *host* envia sinais de comando de 48-bits e recebe respostas. Uma das respostas por parte do cartão de memória pode ser que uma resposta vai possuir atraso, contudo isso não permite ao *Host* cancelar o envio de dados. No trabalho em questão, o *Host* é o mbed, juntamente com a *shield* instalada (Figura 28), de modo a suportar cartões de memória.



Figura 28 – Slot de memória SD [21]

O cartão de memória é alimentado através de um interface de 3,3 Volts, sendo normalmente utilizada a porta SPI do *Host* para fornecer a energia necessária ao seu funcionamento. A velocidade de um cartão de memória é calculada em função do quão rápido é possível ler e escrever informação no mesmo. Em diversas aplicações onde a velocidade é um factor crucial, o cartão de memória pode não funcionar satisfatoriamente, mas neste projecto não foi necessário utilizar outro tipo de comunicação.

A Figura 29 e Figura 30, apresentam a especificação das ligações do cartão SD e o circuito necessário para a ligação ao mbed, respectivamente.

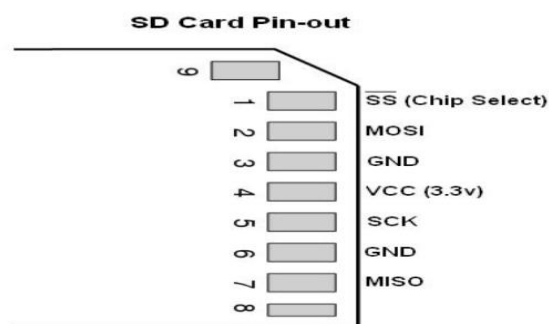
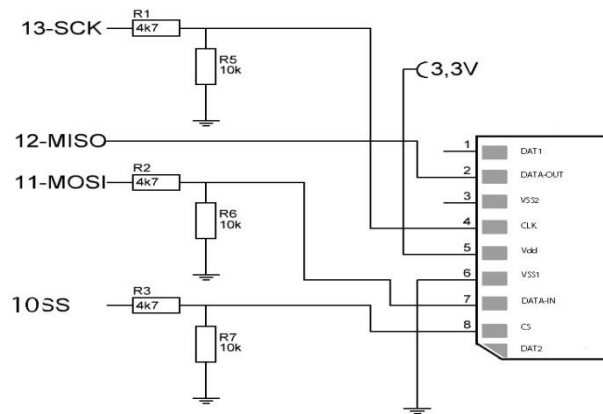


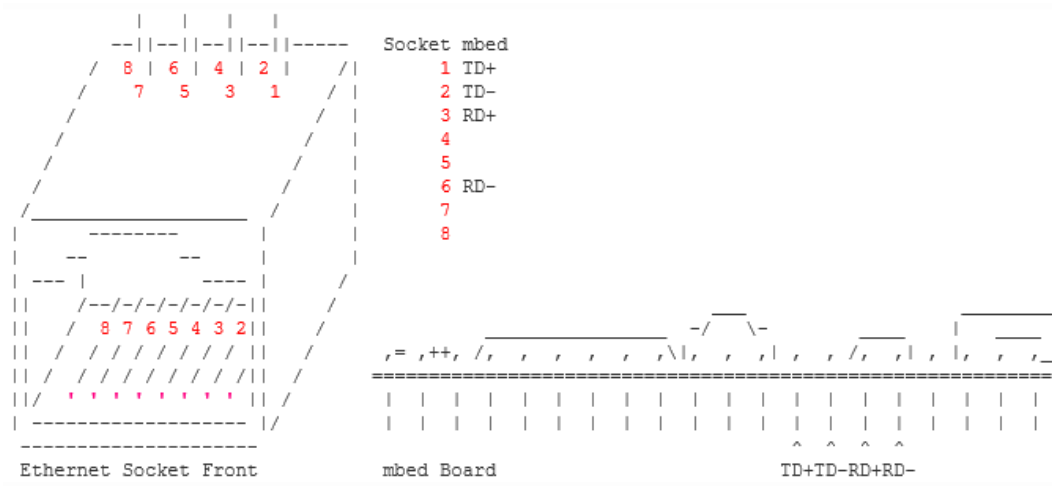
Figura 29 - Cartão de memória SD



**Figura 30 – Circuito de Ligação do Mbed ao cartão SD**

### 3.2.7 LIGAÇÃO À WEB VIA *ETHERNET*

A Figura 31Figura 32Figura 33 apresenta o circuito de ligação entre o socket RJ45 (imagem da esquerda) e as portas do MBED (imagem da direita). No MBED estão representadas as portas 33(TD+) 34(TD-) 35(RD+) 36(RD-), e basta fazer coincidir agora estes sinais com os contactos do *Socket ethernet* nos pinos 1, 2, 3 e 6, respectivamente.



**Figura 31 – Ethernet Socket Fronte e mbed Board: TD+TD-RD+RD-**

Para o cabo a utilizar na ligação, em função do dispositivo a conectar ao mbed, pode ser necessário usar um cabo directo (Figura 32) ou um cabo cruzado (Figura 33).

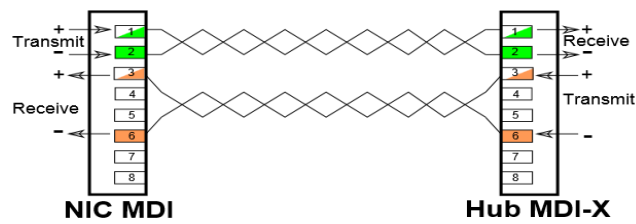


Figura 32 – cabo MDI (Ethernet)

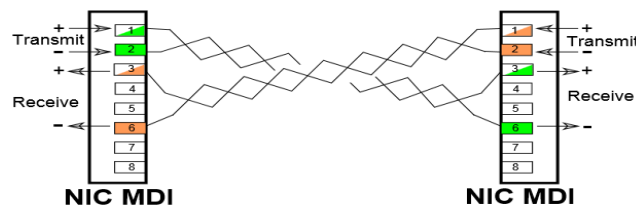


Figura 33 – cabo MDIX (Ethernet)

### 3.3 ELABORAÇÃO DA PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO

Uma vez identificados os módulos da placa de aquisição de dados, procedeu-se ao projecto e desenvolvimento da placa de circuito impresso (*Printed Circuit Board*, PCB) com o recurso à ferramenta de *software* EAGLE<sup>1</sup> V6 *Computer Aided Design* (CAD).

Este *software* tem como principais ferramentas o Editor Esquemático, o Editor de *Layout* e o *Autorouter*. O projecto foi desenhado no Editor (ver Figura 34) e vai progredindo depois para o desenho do *Layout* da placa (ver Figura 35) no seu respectivo editor, até aos estádios finais do desenho do PCB, que termina com o processo de verificação automática do funcionamento do circuito.

<sup>1</sup> EAGLE quer dizer “Easily Applicable Graphical Layout Editor”, que é um potente *software* CAD para o desenho e elaboração de esquemas de circuitos electrónicos, e desenho para a fabricação de PCBs que derivam do esquema.

EAGLE Schematic

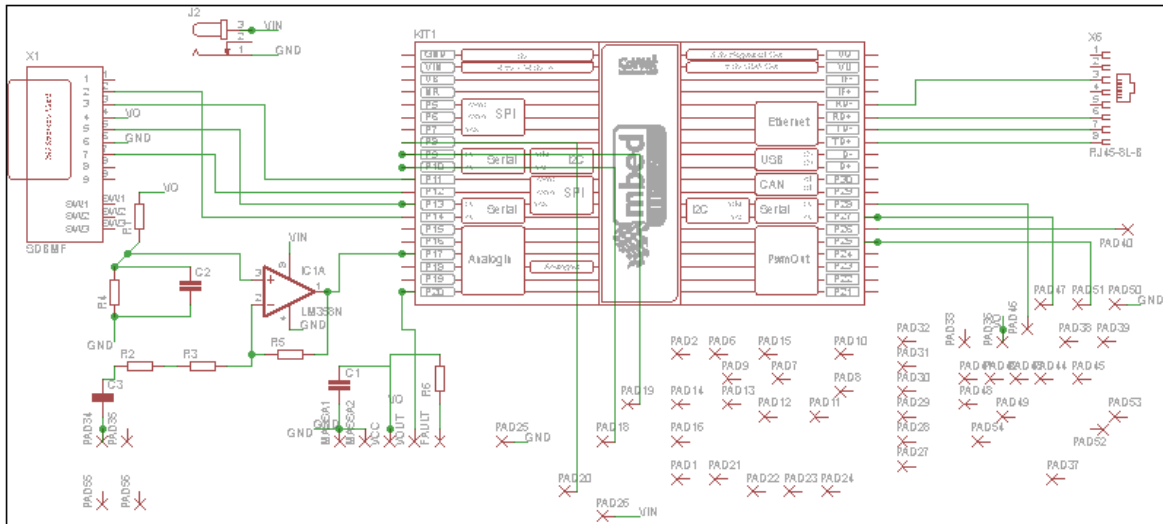


Figura 34 – Circuito de ligação do MTEnergy feito no Software Eagle

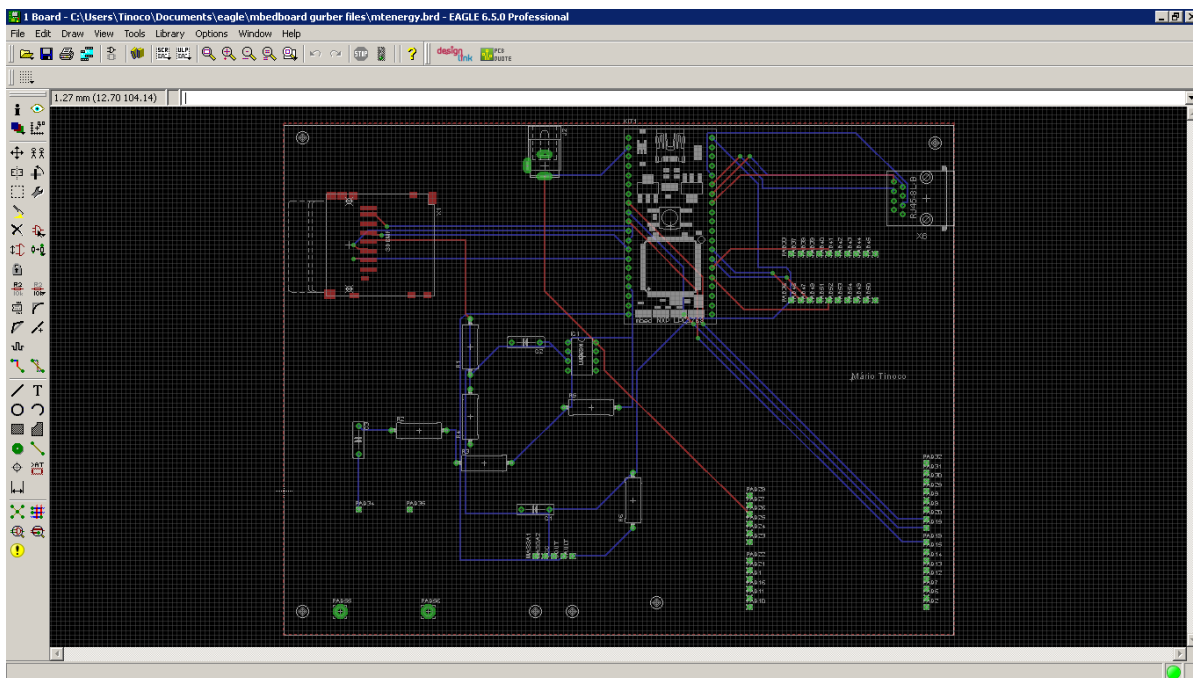


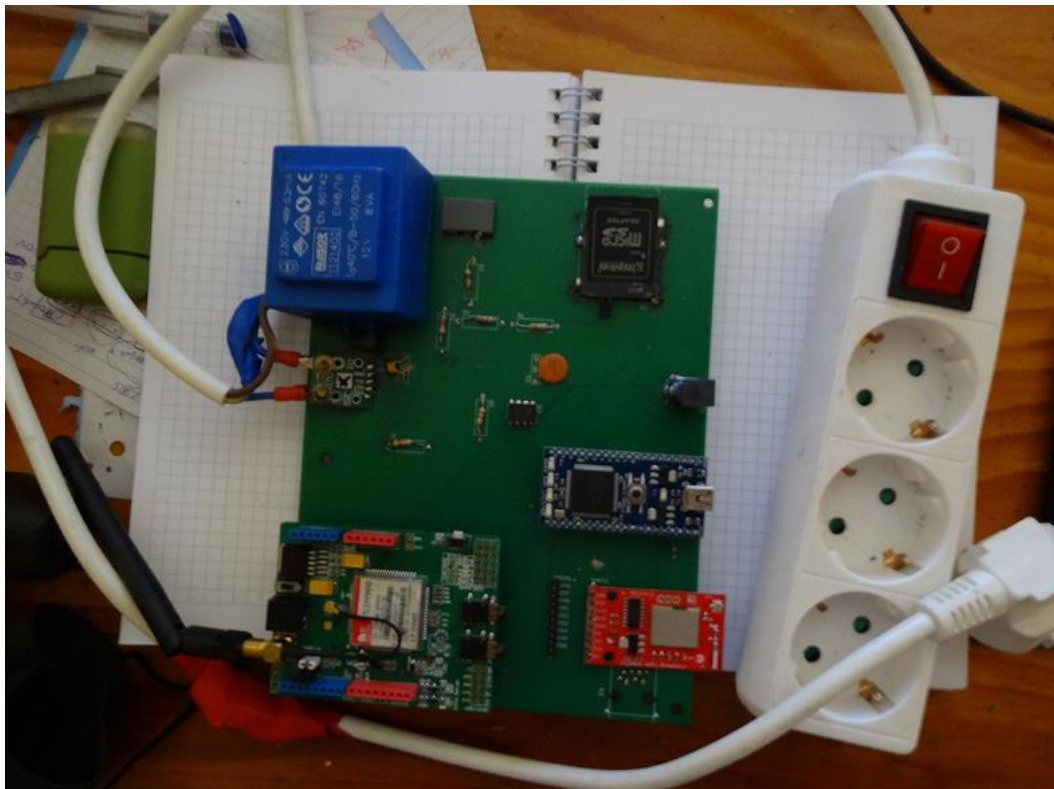
Figura 35 – Layout da placa de circuitos do MTEnergy para (PCB)

É de referir que no circuito da placa de aquisição de dados (Figura 34), foi instalado um fusível de 15 Amperes nas fichas onde a corrente e tensão vão ser medidas, como forma de protecção do sensor de corrente e de todos os componentes electrónicos da placa. Uma vez que o sensor de corrente utilizado é um sensor intrusivo que requer uma ligação física ao circuito de potência, a existência de uma sobretensão ou de um pico de corrente pode afectar irremediavelmente os componentes electrónicos mais sensíveis presentes na placa. Assim, a

utilização do fusível é fundamental para reduzir os riscos de termos componentes queimados.

Com o projecto da placa feito, a sua construção foi elaborada pela empresa *Eurocircuits* [39], que se dedica exclusivamente à construção de PCBs. É de referir que a placa desenvolvida tem apenas uma camada de pistas, ficando os componentes soldados no lado oposto.

Com a placa já desenvolvida, soldaram-se todos os componentes e módulos à placa e o resultado final é apresentado na Figura 36, à qual se ligou uma extensão com entrada tripla, modificada, para facilitar a realização dos testes e ensaios no laboratório.



**Figura 36 – Placa de circuitos PCB**

No decorrer do projecto, todos os módulos foram testados primeiro em *breadboard* e ligados ao MBED individualmente, de forma a assegurarmos o seu correcto funcionamento. Porém, devido a termos vários módulos e, conseqüentemente muitas ligações, tornou-se impraticável a continuação do desenvolvimento do projecto em *breadboard*, pelo que se tornou evidente a necessidade de produzir uma placa de circuito impresso, com todos os

módulos nela interligados, numa fase ainda inicial do projecto. A existência de uma placa única facilitaria o desenvolvimento do *software* de configuração do microcontrolador. Por este motivo, a placa apresentada nesta secção era uma placa inicial para testes, não sendo por isso otimizada no seu desenho. O objectivo era, posteriormente a todo o desenvolvimento, desenhar uma segunda placa já otimizada, que permitia reduzir consideravelmente o tamanho do sistema e permitia corrigir possíveis erros encontrados durante a fase de desenvolvimento. Infelizmente, por questões de tempo e orçamento, não foi possível a aquisição da segunda placa.

## 4. PROJECTO MTEnergy – *SOFTWARE*

---

O desenvolvimento do projecto MTEnergy inclui, não só a construção física da placa de aquisição de dados, mas também o desenvolvimento de *software* para a programação do microcontrolador e o desenvolvimento de uma base de dados, páginas web e um conjunto de configurações para que o sistema funcione. Este capítulo está dedicado ao *software* desenvolvido, em todas estas vertentes atrás descritas.

### 4.1 *SOFTWARE* DO MBED E FUNCIONAMENTO GENÉRICO DA PLACA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Utilizando as ferramentas de desenvolvimento disponíveis em [14], foi desenvolvido em C++ o código fonte para configuração do microcontrolador MBED (em anexo a este relatório). Uma vez que existem diferentes módulos de comunicação que necessitam ser instalados, por serem ligados nas mesmas portas do microcontrolador e por incompatibilidades entre as bibliotecas C++ disponíveis para operá-los, é incompatível a utilização simultânea pelo MBED de todos os módulos de comunicação. Na realidade, as soluções de implementação previstas para o projecto MTEnergy, apresentadas na secção 3.1, pressupõem no máximo duas formas de ligação ao exterior em simultâneo.

Para além disso, pensando numa solução comercial, o menor custo de produção para uma solução de *hardware* implica o mínimo de alterações físicas à placa de circuito impresso e aos componentes. Nesse sentido, este projecto foi pensado para ter uma solução única de *hardware*, que será depois adaptada às realidades dos clientes pela instalação ou não dos diferentes módulos de comunicação e pela configuração adequada para o *software* que irá operar os diferentes módulos.

Assim, foi desenvolvida a estratégia de incluir um ficheiro de configuração “.ini” na programação do MBED, para facilitar a configuração dos diferentes dispositivos de comunicação, em função das necessidades do cliente. A Figura 37 apresenta um fluxograma simplificado do funcionamento genérico da placa de aquisição de dados, que inicia os seus procedimentos pela leitura do ficheiro de configuração (previamente gravado no cartão de

memória SD), possibilitando depois a configuração automática dos módulos previamente gravados. Exemplos da informação de configuração são: o endereço IP do computador com a base de dados, o número do centro de mensagens do operador GSM, o código PIN, ou o número do telemóvel a quem enviar mensagens de alerta em caso de avaria.

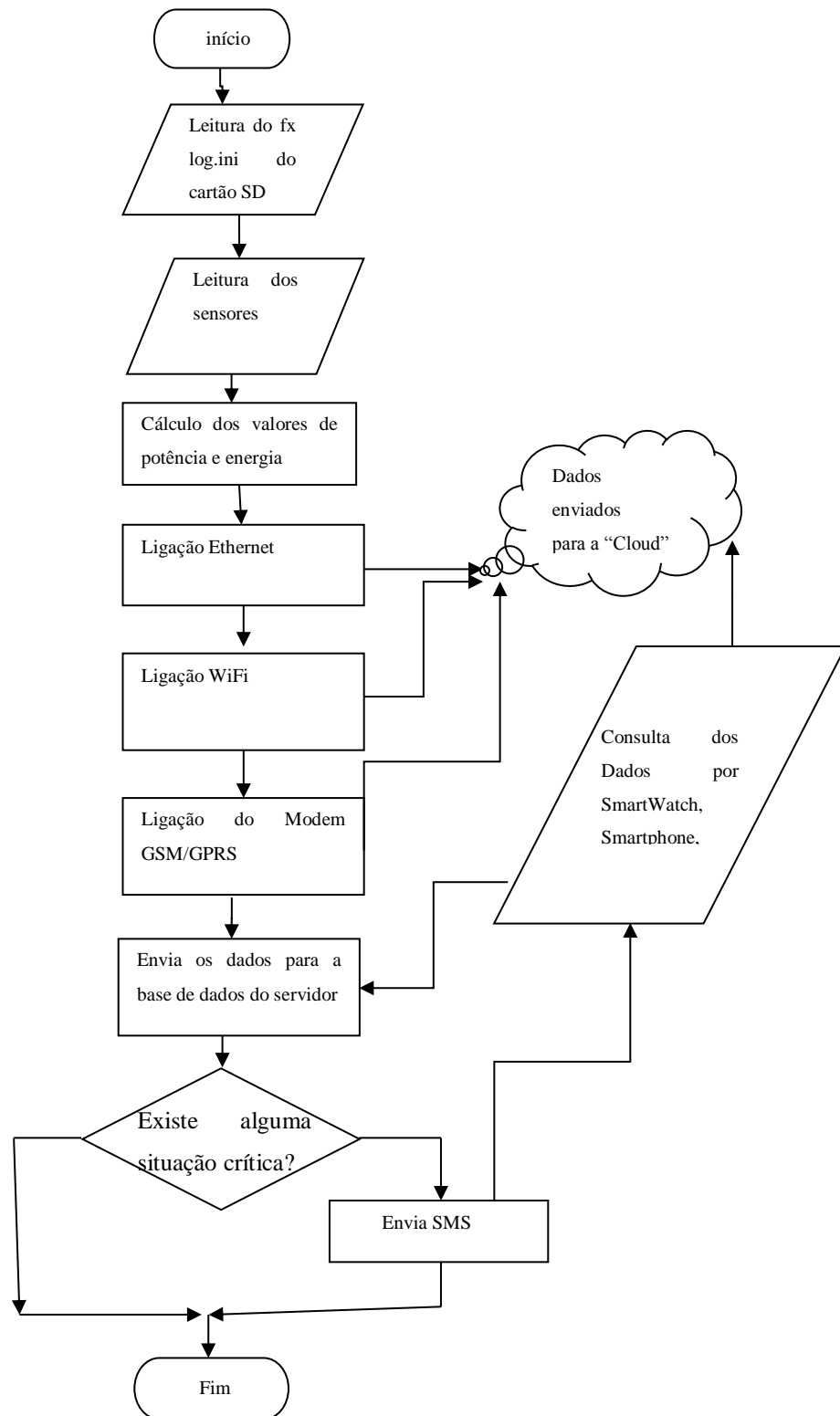


Figura 37 – Fluxograma da Programação do MBED

Todo o código fonte do microcontrolador pode ser acedido nos anexos a este relatório. Nas secções seguintes iremos detalhar as funções mais complexas implementadas durante o desenvolvimento do *software* de programação do microcontrolador.

#### 4.1.1 FILTROS DIGITAIS

Um dos problemas mais comuns na medição da potência em aparelhos é a existência de ruído presente no sinal capturado pelos sensores de corrente ou tensão. Aliás, a medição de corrente é, efectivamente, o processo que apresenta tradicionalmente mais ruído, devido à natureza de funcionamento dos sensores de corrente (os mais comuns funcionam através do efeito de Hall).

Independentemente da natureza do sensor (tensão ou corrente), uma solução para ultrapassarmos o ruído por eles capturado é a utilização de filtros. No presente trabalho foram utilizados sensores passa-banda digitais sobre as leituras da tensão e da corrente. Se para a tensão o ruído introduzido presente no sinal lido pelo sensor é pequeno, para a corrente foi fundamental a utilização de um filtro digital para suprimir o ruído às frequências diferentes da frequência do sinal, os 50Hz. Por outro lado, a utilização de filtros digitais em detrimento de filtros analógicos, permite capturar no microcontrolador o sinal logo à saída dos sensores, tendo a possibilidade de, depois em *software*, através da programação do microcontrolador, implementar um filtro passa-banda de elevado grau, de forma a ter excelentes resultados na melhoria do sinal capturado.

Assim, uma vez feita a captura no microcontrolador dos sinais à saída dos sensores, obtiveram-se as ondas apresentadas na Figura 41 e Figura 42, correspondendo respectivamente às ondas da tensão e da corrente para uma carga de exemplo (uma lâmpada de 14W de baixo consumo).

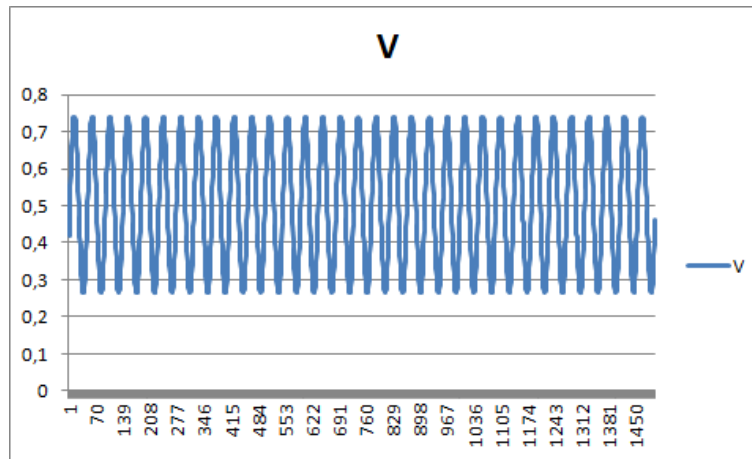


Figura 38 – Onda da Tensão de 230 Volt captada pelo ADC do Mbed

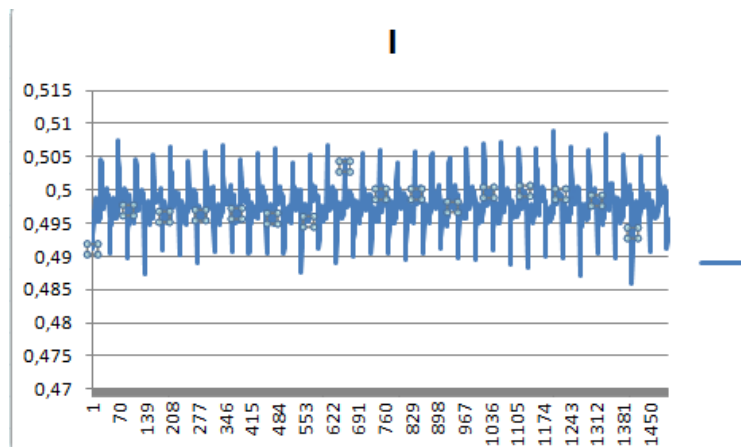


Figura 39 - Onda da corrente de uma lâmpada resisiva de 14 Watt captada pelo ADC do Mbed

As ondas capturadas, para além de apresentarem ruído (especialmente a onda da corrente), são ondas periódicas 50Hz de período. Uma vez que a alimentação do microcontrolador se situa entre os 0 V e 3,3 Volts, a onda a capturar deverá apresentar um valor médio de 1,65 Volts, sendo que depois é guardada no microcontrolador como valores entre 0 e 1, com valor médio aproximadamente de 0,5.

É de referir que o ADC do microcontrolador tem um resolução de 12 bits, ou seja  $2^{12} = 4096$  níveis entre 0V e 3,3 V, o que equivale a um degrau de 0,8 mV e, no máximo, a um erro de quantização de 0,4 mV. A amostragem é feita a uma frequência de 5000Hz (o período de amostragem é de 200 microsegundos), o que para 500 amostras de um sinal com 50 Hz de frequência perfaz uma leitura de 5 períodos do sinal, ou seja, um tempo de leitura total de 0,1 segundos.

Para resolver o ruído das ondas capturadas, recorreu-se à ferramenta online existente em [22] para implementar 1 filtro FIR para a tensão e para a corrente. Como já foi referido é um filtro passabanda, centrado em 50Hz, com as seguintes características:

- 0 Hz - 10 Hz  
gain = 0  
desired attenuation = -40 dB  
actual attenuation = -40.57212846311454 dB
- 40 Hz - 60 Hz  
gain = 1  
desired ripple = 5 dB  
actual ripple = 2.1673150730889508 dB
- 90 Hz - 2500 Hz  
gain = 0  
desired attenuation = -40 dB  
actual attenuation = -40.57212846311454 dB

O filtro FIR gerado apresenta 215 realimentações (taps) e é definido pelas seguintes constantes de realimentação (apresentadas em seguida), sendo que a resposta em frequência para o filtro gerado é apresentada na Figura 40.

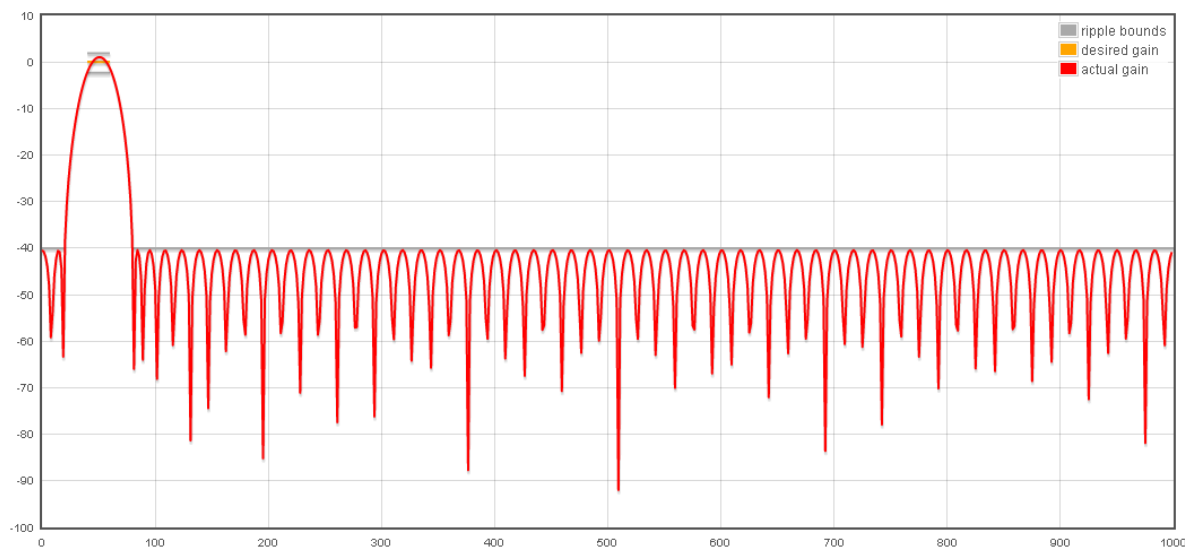
```
#define FILTER_TAP_NUM 215
static double filter_taps[FILTER_TAP_NUM] = {

0.005260985893650928,      0.002830065922481589,      -0.0018024521553806966,
0.0012091542395441836,      0.002801616976007989,      -0.0022608533965577243,
0.0013378371290741907,      0.002748613056435868,      -0.002730931142184066,
0.0014684233177306718,      0.002674938443102584,      -0.0032116389868579536,
0.001600081605584391,      0.0025774671905576603,      -0.003699239474454064,
0.0017320224614301475,      0.002456233804479656,      -0.004191974838964992,
0.0018628794010486236,      0.002310486547573884,      -0.004686771830904954,
0.0019912230134381172,      0.0021394454597027587,      -0.005180576770495087,
0.002115456551942379,      0.0019428188753949469,      -0.005670513216631845,
0.0022340928321463943,      0.0017206661999185622,      -0.006153591753520155,
0.0023460685053883967,      0.0014730710791700022,      -0.006626575089939429,
0.0024505012420874854,      0.00120011981720534,      -0.007086145010354542,
0.002546067467256129,      0.0009021657859657263,      -0.007529105265408229,
0.002630804847577074,      0.0005799738027334422,      -0.00795236648549348,
0.0027027523237089226,      0.0002345058636134079,      -0.008352767873472222,
0.0027607646949676596,      -0.00013335810244409442,      -0.008727031662550247,
0.0028043545953232393,      -0.0005226669305018822,      -0.009072011277730942,
0.0028323135862109382,      -0.0009318682960738013,      -0.009384937163417598,
0.0028412130789220477,      -0.0013587363200362283,      -0.009663136890012483,
```

```

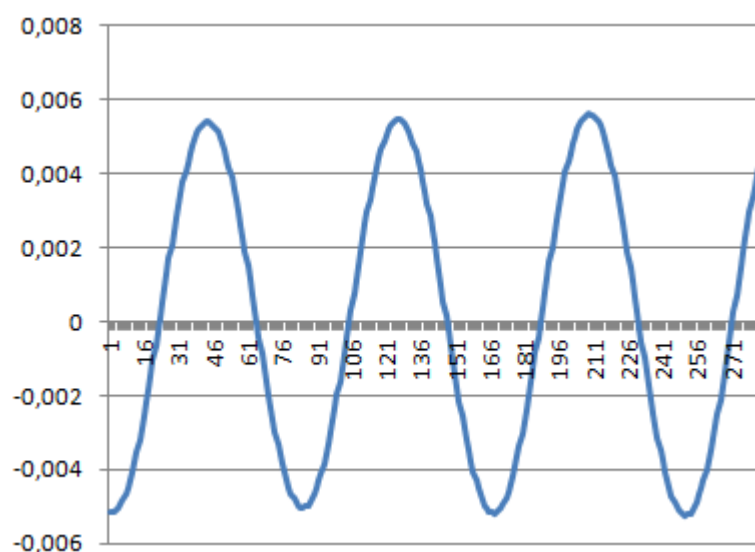
-0.009903115435663369,
-0.010103221218999493,
-0.0102603461848507,
-0.010372514028133191,
-0.010438130194763758,
-0.010454569137699874,
-0.010420973070728964,
-0.010336086341332412,
-0.010198672320716126,
-0.01000800184969681,
-0.009763857033922333,
-0.009466270034423753,
-0.009115440641134304,
-0.008711912577937403,
-0.008256725792248683,
-0.007751309204731372,
-0.007197239879838503,
-0.0065962557687364864,
-0.005950664989465972,
-0.0052635699729642,
-0.00453649273374478,
-0.0037746966688823563,
-0.0029788789785307654,
-0.0021543725042350525,
-0.0013053055790771336,
-0.00043445961563573114,
0.00045347822496500794,
0.0013536972582958863,
0.0022618469675314726,
0.003173615795558735,
0.004084212194104502,
0.004988475671241522,
0.005881417332049615,
0.006758489257451663,
0.007615303017732351,
0.008447256624077287,
0.009249668048423566,
0.01001827025439213,
0.010749008698054898,
0.01143586762752852,
0.01208422282831898,
0.0126689216171045,
0.013212657399062118,
0.01369900592709793,
0.014121803324694236,
0.014482240792577922,
0.014781137168596102,
0.01501736556071466,
0.015188467537212747,
0.015292072096953513,
0.015326752069520479,
0.015292072096953513,
0.015188467537212747,
0.01501736556071466,
0.014781137168596102,
0.014482240792577922,
0.014121803324694236,
0.01369900592709793,
0.013212657399062121,
0.0126689216171045,
0.01208422282831898,
0.011435867627528518,
0.010749008698054898,
0.01001827025439213,
0.009249668048423566,
0.008447256624077287,
0.007615303017732351,
0.006758489257451663,
0.005881417332049615,
0.004988475671241522,
0.004084212194104502,
0.003173615795558735,
0.002261846967531472,
0.0013536972582958856,
0.0004534782249650084,
-0.00043445961563573125,
-0.0013053055790771336,
-0.002154372504235052,
-0.0029788789785307654,
-0.0037746966688823563,
-0.00453649273374478,
-0.0052635699729642,
-0.0059506649894659714,
-0.0065962557687364864,
-0.007197239879838503,
-0.007751309204731372,
-0.008256725792248683,
-0.008711912577937403,
-0.009115440641134304,
-0.009466270034423753,
-0.009763857033922333,
-0.01000800184969681,
-0.010198672320716126,
-0.010336086341332412,
-0.010420973070728964,
-0.010454569137699874,
-0.010438130194763758,
-0.010372514028133191,
-0.010260346184850697,
-0.010103221218999493,
-0.009903115435663369,
-0.009663136890012483,
-0.009384937163417598,
-0.009072011277730942,
-0.008727031662550247,
-0.008352767873472222,
-0.00795236648549348,
-0.007529105265408229,
-0.007086145010354542,
-0.006626575089939429,
-0.006153591753520155,
-0.005670513216631845,
-0.005180576770495087,
-0.004686771830904953,
-0.004191974838964991,
-0.003699239474454064,
-0.0032116389868579536,
-0.002730931142184066,
-0.0022608533965577243,
-0.0018024521553806966,
-0.0013587363200362283,
-0.0009318682960738013,
-0.0005226669305018821,
-0.00013335810244409447,
0.00023450586361340795,
0.0005799738027334422,
0.0009021657859657263,
0.00120011981720534,
0.0014730710791700022,
0.0017206661999185626,
0.0019428188753949469,
0.002139445459702759,
0.002310486547573884,
0.002456233804479656,
0.0025774671905576603,
0.002674938443102584,
0.002748613056435868,
0.002801616976007989,
0.002830065922481589,
0.0028412130789220477,
0.0028323135862109382,
0.0028043545953232393,
0.0027607646949676596,
0.0027027523237089226,
0.002630804847577074,
0.002546067467256129,
0.0024505012420874867,
0.0023460685053883967,
0.0022340928321463943,
0.002115456551942379,
0.0019912230134381172,
0.001862879401048625,
0.0017320224614301475,
0.001600081605584391,
0.0014684233177306718,
0.0013378371290741907,
0.0012091542395441836,
0.005260985893650928
};

```

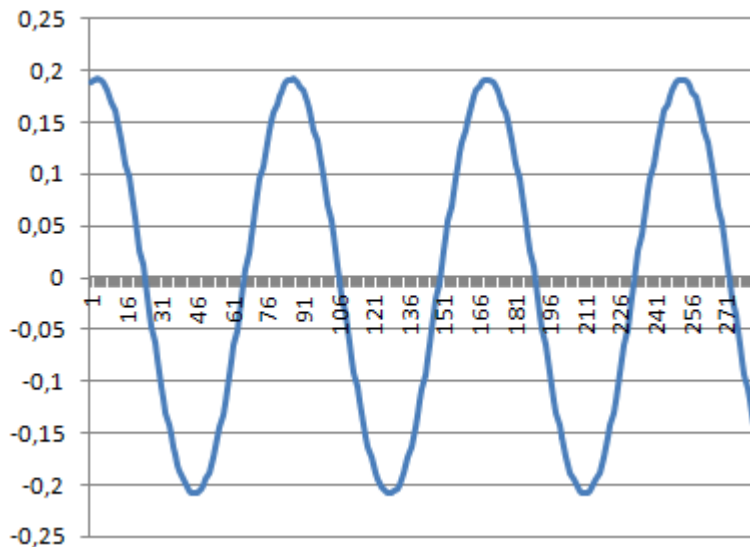


**Figura 40 – Filtro Fir aplicado para uma frequência central de 50 Hz e para uma frequência de amostragem de 5000 samples [21]**

Para a implementação do filtro FIR, uma vez que são necessárias 215 amostras do sinal (214 amostras anteriores mais a amostra actual) para que o filtro seja aplicado correctamente, das 500 amostras lidas resultam no final sinais com 286 amostras. Os resultados para a aplicação do filtro nas ondas da tensão e da corrente são apresentadas respectivamente na Figura 41 e Figura 42.



**Figura 41 - Onda da Tensão de 230 Volt depois de aplicado o filtro FIR**



**Figura 42 - Onda da corrente de uma lâmpada resistiva de 14 Watt depois de aplicado o filtro FIR**

Como se pode observar, os sinais obtidos melhoraram consideravelmente com a aplicação do filtro, especialmente o sinal da corrente.

#### **4.1.2 CÁLCULOS DE POTÊNCIAS ACTIVA E REACTIVA**

Com o recurso ao estudo apresentado na secção 2.2.4, foi implementado um conjunto de cálculos a serem efectuados pelo MBED para a obtenção da Potência Activa, Potência Reactiva e Factor de Potência, como se descreve nesta secção.

Pelo exposto na secção anterior 4.1.1, as primeiras 214 leituras (das 500 consecutivas) aos sensores efectuadas pelo microcontrolador são utilizadas apenas para inicialização dos filtros, para que a partir da leitura número 215 se possa reconstruir uma saída correcta para o filtro. Como estamos a realizar amostras a uma frequência de aproximadamente  $200\mu\text{s}$  (a palavra aproximadamente é aqui indicada porque não é possível definir com precisão a frequência de amostragem realizada pelo microcontrolador), 500 amostras correspondem a 100ms, o que para um sinal de 50Hz (de período 20ms) equivale a cerca de 5 períodos completos do sinal (cerca de 100 amostras por período do sinal). Assim, depois de aplicados os filtros ficamos com cerca de 2 períodos e meio do sinal para a tensão e corrente, sem ruído (pelas 286 amostras correctamente reconstituídas pela aplicação do filtro). É sobre estas 286 leituras que se irá efectuar o cálculo das potências.

Os primeiros valores a calcular são os valores eficazes da tensão e da corrente, utilizando as equações (7) e (9) definidas na secção 2.2.4. É de notar que durante este cálculo, são identificados os 2 ciclos completos do sinal existentes nas 286 leituras (e descartados as leitura correspondentes a pouco mais de meio período que restaram), para que os erros de cálculo do valor quadrático médio sejam os menores possíveis. A identificação dos 2 ciclos completos é realizada pela passagem por zero da onda da tensão.

Com o cálculo dos valores eficazes da tensão e corrente, é calculada a potência aparente pela fórmula (10) apresentada em 2.2.4.

Para os restantes cálculos (potências activa, reactiva, aparente e factor de potência), foram implementadas 2 estratégias, de forma a verificar experimentalmente qual a que produzia melhores resultados. A primeira estratégia segue exactamente o que é apresentado nas fórmulas (12), (13) e (14), respectivamente para a potência activa, potência reativa e para o factor de potência. A segunda estratégia passa por identificar o ângulo de defasagem entre a tensão e a corrente, para depois calcular as potências activa e reactiva.

Assim, com a identificação dos instantes das passagens dos sinais da tensão e corrente por zero (em 2 ciclos completos é possível identificar 3 passagens por zero no sentido ascendente), é feita uma estimativa para o ângulo  $\varphi$  de acordo com as equações (16) e (17):

$$\varphi = \Theta_v - \Theta_i \quad (16)$$

$$\varphi = (\text{n}^\circ \text{ de amostras entre V e I}) \cdot \frac{360^\circ}{(\text{n}^\circ \text{ de amostras por Período})} \quad (17)$$

Uma vez determinado o ângulo  $\varphi$ , é possível obter a potência activa e a potência reactiva através das equações (18) e (19), respectivamente.

$$P_a = S \times \cos(\varphi) \quad (18)$$

$$P_R = S \times \sin(\varphi) \quad (19)$$

É importante notar que, para reduzir o erro nos resultados obtidos, todos estes cálculos são repetidos 25 vezes consecutivas, sendo calculadas as médias dessas 25 leituras. Assim, a cada 2,5 segundos podemos ter disponível uma actualização para as leituras e enviar a informação para as bases de dados.

## 4.2 INTERFACE WEB DISPONÍVEL NA CLOUD

Utilizando os recursos disponíveis em <http://emoncms.org> [27], foi desenvolvido um interface com o utilizador para disponibilização de gráficos das medições efectuadas pela placa de aquisição de dados (ver Figura 43). É criada uma conta para o utilizador na ferramenta web, que depois é configurada, podendo o seu URL ser guardado previamente na memória SD da placad de aquisição de dados, para automaticamente os dados serem enviados para a aplicação *web* quando o sistema está em funcionamento. Esta acaba por ser uma solução simples e barata, se pensarmos que este sistema pode ser comercializado. E mais ainda genérica será se considerarmos a utilização de GPRS para comunicar os dados (solução MTEnergy-2000), pois trata-se de uma instalação *stand-alone* bastante simples onde tudo pode ir pré-configurado no cartão de memória SD (código PIN do cartão SIM, o APN, nome de utilizador, password da operadora e o URL que é fornecido pelo vendedor).

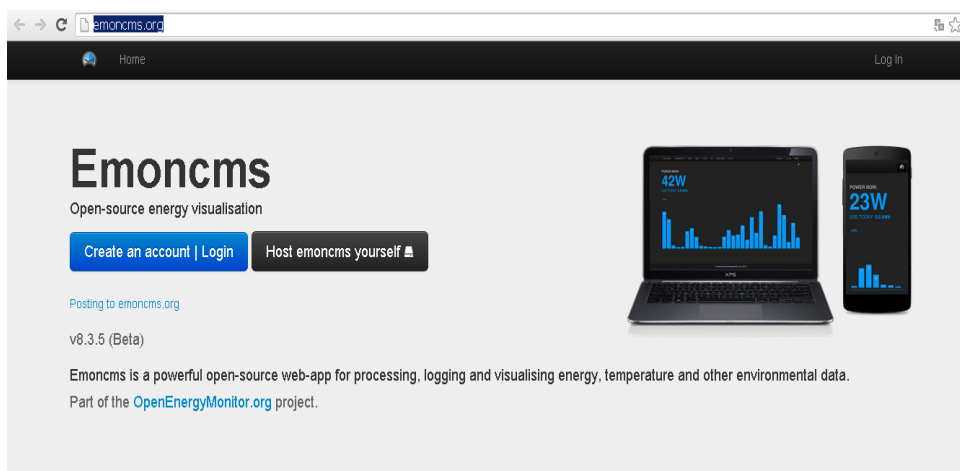


Figura 43 – “Cloud” Emoncms.org [26]

Neste trabalho, foi criada uma conta em [27], [emoncms.org/tinoco](http://emoncms.org/tinoco), como mostra a Figura 44, mas podem ser configurados diferentes formas de gráficos, ao gosto de cada utilizador.

Estes gráficos são facilmente acedidos através de uma ligação à Internet, utilizando um computador, *tablet*, *smartphone*, *smartwatch*, etc., e temos facilmente acesso à página onde são mostrados os valores

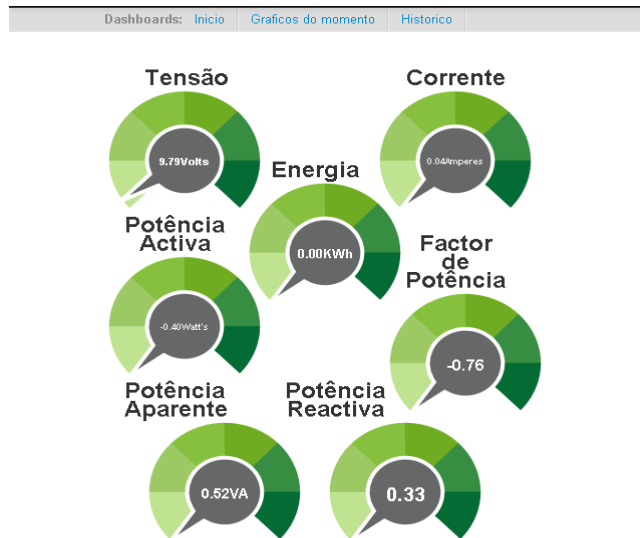


Figura 44 – Gráficos na página inicial

Esta solução *web* permite não só configurar os gráficos, como também diferentes páginas e apresentações dos dados em cada conta. Se o leitor reparar, existe um separador na parte superior com as opções “Inicio, Graficos do momento e Historico”. Deste modo, a Figura 45 apresenta os gráficos para as leituras do momento, podendo-se visualizar o que aconteceu na última hora, ou ao fim de 30m, 15m, 5m, 1 minuto ou a cada instante.

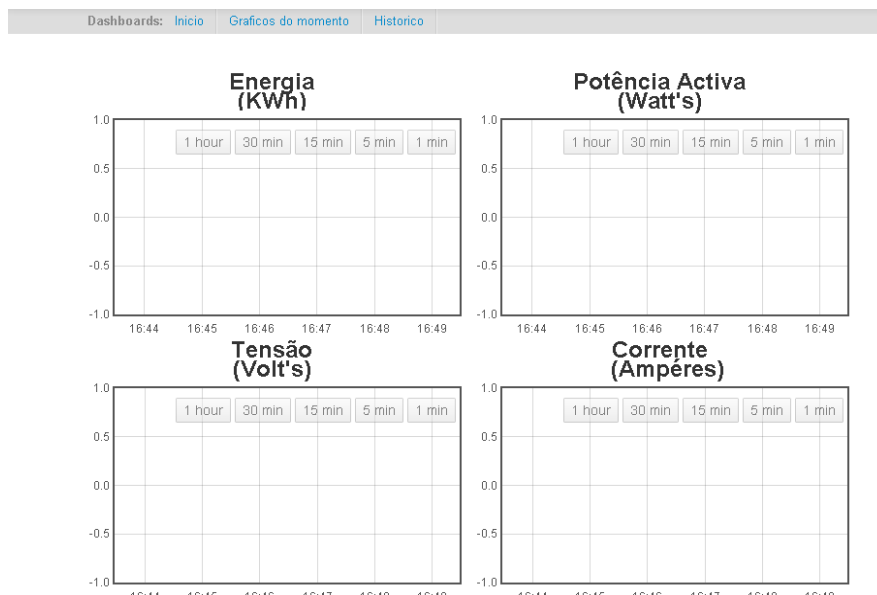


Figura 45 – Gráficos do momento

A Figura 46 apresenta a opção de histórico, podendo-se visualizar a informação de um dia, uma semana, um mês, ou até um ano.

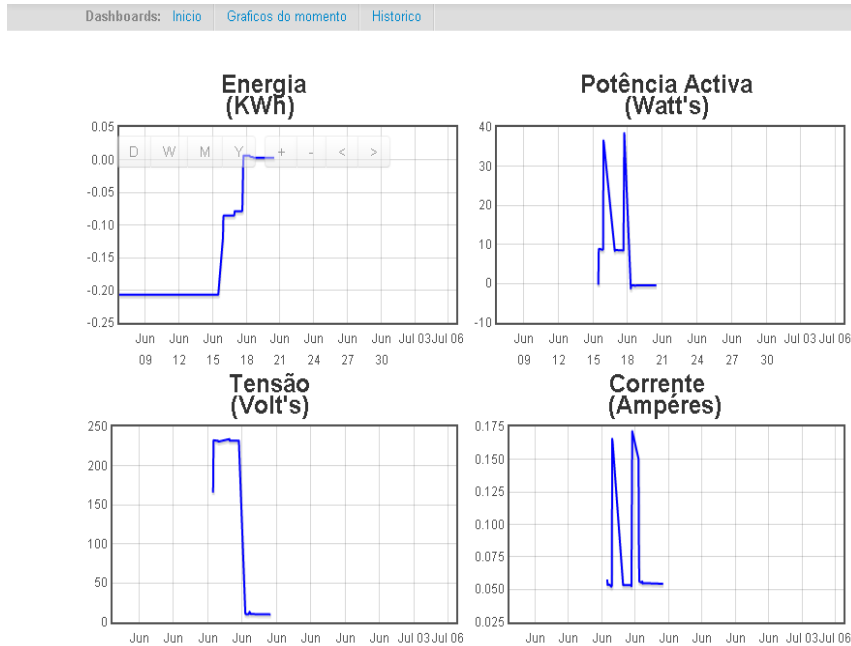


Figura 46 – Gráficos do Histórico

### 4.3 INTERFACE COM BASE DE DADOS E PÁGINA WEB

Neste projecto foi ainda desenvolvido um servidor com página Web e recursos de base de dados para servirem de suporte ao sistema MTEnerGY.

Foi utilizado o XAMPP [28], que consiste principalmente, no servidor Web Apache, na base de dados MySQL e nos interpretadores para linguagens de script: PHP e Perl. O nome provém da abreviação de **X** (para qualquer dos diferentes sistemas operativos), **A**pache, **M**ySQL, **P**HP, **P**erl. O programa é livre sob a licença GNU e atua como um servidor *web* livre, fácil de usar e capaz de interpretar páginas dinâmicas.

Depois de instalado e para iniciar o programa, digita-se no *Browser*: <http://127.0.0.1> ou <http://localhost> e, caso esteja bem instalado, aparece a imagem da Figura 47. Em seguida escolhe-se a língua que pretendemos (neste caso Português), e o menú da Figura 48 mostramos a verde se estiverem activos o servidores *web* (Apache) e servidor de base de dados (MySQL).



Figura 47 - XAMPP – é um ambiente de desenvolvimento PHP e MySql [28]

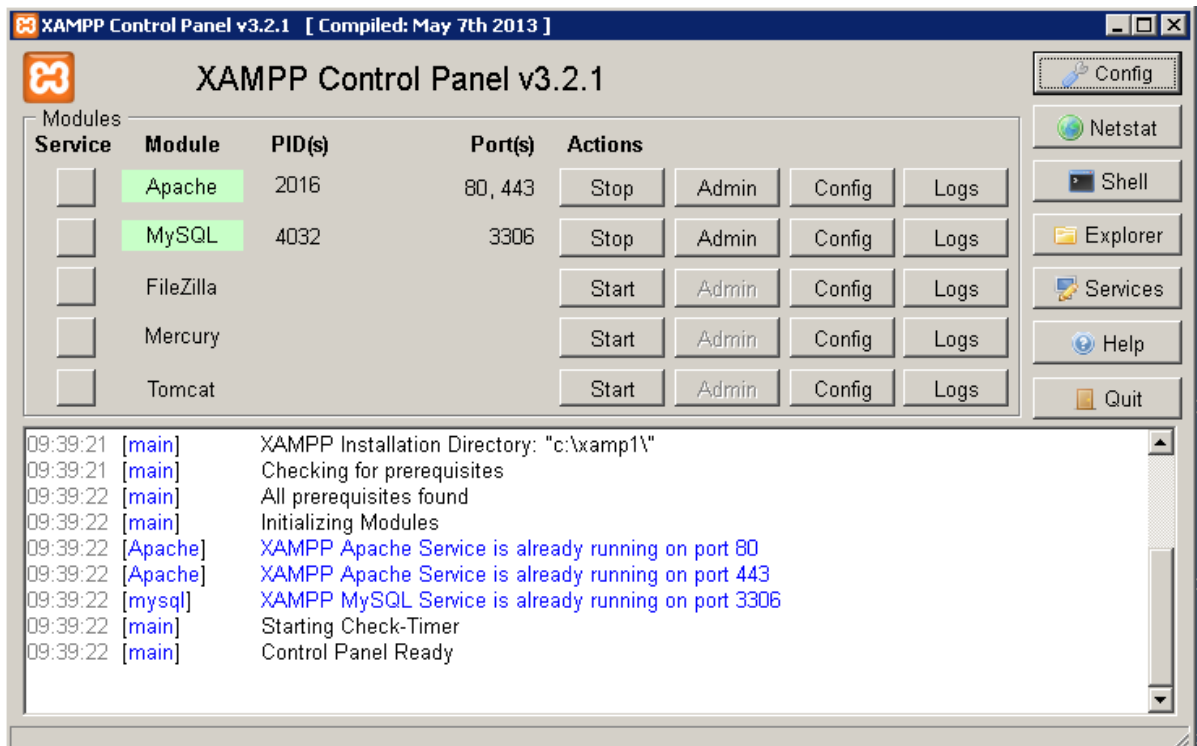


Figura 48 - XAMPP – é um ambiente de desenvolvimento PHP e MySql [28]

### 4.3.1 SERVIDOR WEB APACHE SERVER

Para correr uma aplicação *WEB* é necessário um servidor. Um servidor para páginas *Web*, também conhecido por “Servidor *Web*” ou “*Web Server*” é responsável pela interpretação do código original e sua transformação em código HTML, assim como é também responsável

por fazer as ligações à base de dados, comunicar com esta e receber de volta a informação pretendida, para depois voltar a comunicar com o *browser*, permitindo que este mostre o resultado final (por exemplo um gráfico ou uma página *web*). A arquitectura cliente/servidor, idêntica à que utiliza o servidor Apache é, nos dias que correm, utilizada em milhões de páginas de todo o mundo, tornando-as mais eficientes e rápidas, uma vez que transfere a carga de processamento para o servidor e deixa para o cliente apenas a parte de visualização e interação. Todos os servidores *Web* funcionam segundo o mesmo princípio:

- Recebe pedidos do cliente via http, através da Internet ou de uma intranet.
- Processa esses mesmos pedidos e, caso necessário, acede à base de dados para enviar/receber dados
- Redistribui uma resposta, em linguagem HTML, como resultado

### 4.3.2 SERVIDOR DE BASE DE DADOS MYSQL

Servidor que possui e manipula informações contidas na base de dados. Na opção phpMyAdmin, cria-se a base de dados e, no caso deste projecto, foram criadas duas Tabelas: a tabela dos utilizadores (Figura 49) e a tabela dos valores lidos e calculados pelos sensores (Figura 51).

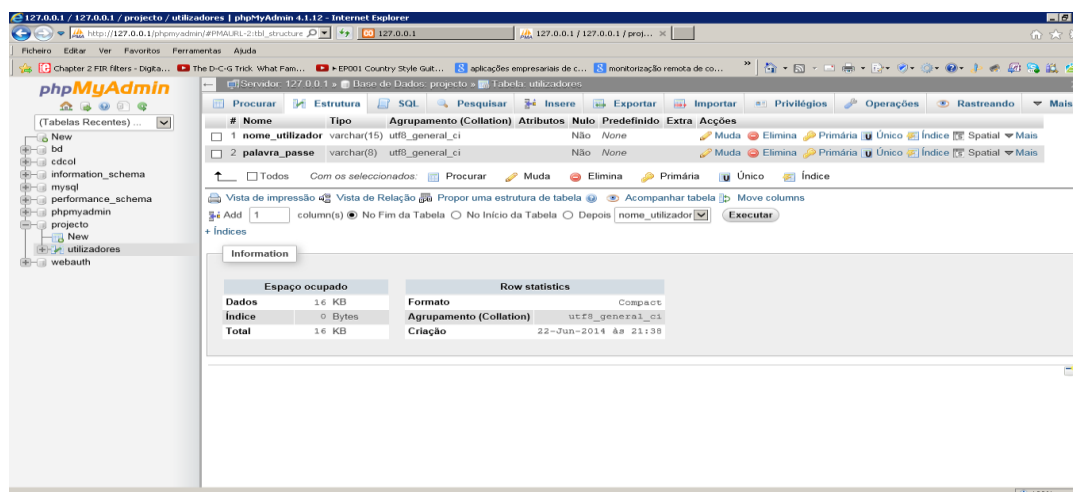


Figura 49 – Estrutura da Base de dados de Utilizadores

Depois de criada a tabela “Utilizadores” com os campos “nome de utilizador” e “palavra passe” introduziram-se os utilizadores que podem ter acesso à aplicação do servidor (Figura

50). Na figura 55 pode-se ver que foi introduzido o utilizador com o nome “mario” e a palavra passe “mario”, e estes dados têm que ser introduzidos manualmente pelo operador.

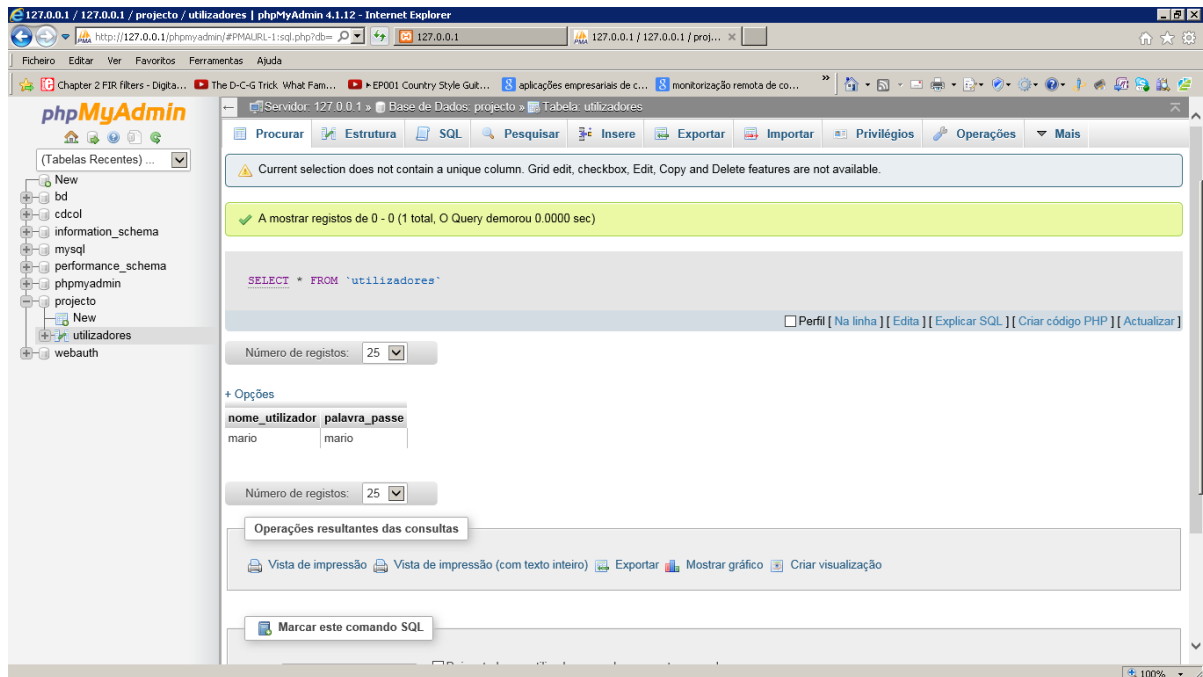


Figura 50 – Utilizadores registados

A Figura 51 mostra a estrutura da base de dados dos valores lidos e calculados pelos sensores, com o nome do campo, o tipo, o tamanho, etc.

The screenshot shows the 'tabeladados' table structure in phpMyAdmin. The table has the following fields:

Nome	Tipo	Tamanho/Valores	Predefinido	Agrupamento (Collation)	Atributos	Nulo	Índice	A.I.C
tensao	VARCHAR	5	None					
corrente	VARCHAR	6	None					
paparente	VARCHAR	7	None					
pacfica	VARCHAR	7	None					
preactiva	VARCHAR	7	None					
fpotencia	VARCHAR	4	None					
data	DATE		None					
tempo	TIME		None					

Below the table structure, there are options for 'Storage Engine' (InnoDB) and 'Collation'.

Figura 51 – Estrutura dos campos da Base de Dados para os valores que vão ser lidos e calculados

Na Figura 52 os campos estão preenchidos com valores reais vindos do Mbed e que foram armazenados na base de dados. Neste caso o preenchimento dos campos é automático.

The screenshot shows the phpMyAdmin interface for a database named 'bd' and a table named 'tc'. The table contains 15 rows of data. The columns are: tensao, corrente, pactiva, paparente, preactiva, fpotencia, data1, and tempo1. The data is as follows:

tensao	corrente	pactiva	paparente	preactiva	fpotencia	data1	tempo1
250.8	0.107	12.77	26.84	23.61	0.48	2014-09-06	17:28:26
251.5	0.105	12.78	26.41	23.11	0.48	2014-09-06	17:29:00
157.3	0.11	8.61	17.3	15.01	0.5	2014-09-06	17:29:51
250.4	0.105	13.07	26.29	22.81	0.5	2014-09-06	17:31:01
252	0.101	12.24	25.45	22.31	0.48	2014-09-06	17:31:16
251.5	0.101	11.65	25.4	22.57	0.46	2014-09-06	17:31:54
251.5	0.446	103.43	112.17	43.41	0.92	2014-09-06	17:48:03
250.8	0.446	102.42	111.86	44.98	0.92	2014-09-06	17:48:38
250.1	0.459	106	114.8	44.08	0.92	2014-09-06	17:49:30
250.2	0.457	105.44	114.34	44.23	0.92	2014-09-06	17:50:41
249.3	0.458	106.11	114.18	42.16	0.93	2014-09-06	17:50:56
250.1	0.451	104.04	112.8	43.58	0.92	2014-09-06	17:51:30

Figura 52 – Valores lidos e calculados existentes na Base de Dados

### 4.3.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADAS

As páginas a que o utilizador tem acesso têm linguagens de programação associadas e estas são: o HTML, JavaScript, CSS, PHP e MySQL. Esta secção tenta apresentar mais informação sobre estas linguagens utilizadas.

#### LINGUAGEM HTML

HTML (abreviação para a expressão inglesa HyperText Markup Language, que significa Linguagem de Marcação de Hipertexto) é uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Web. Documentos HTML podem ser interpretados por navegadores. A tecnologia é fruto da junção entre os padrões HyTime e SGML.

HyTime é um padrão para a representação estruturada de hipermídia e conteúdo baseado em tempo. Um documento é visto como um conjunto de eventos concorrentes dependentes de tempo (como áudio, vídeo, etc.), conectados por hiperligações. O padrão é independente de outros padrões de processamento de texto em geral.

SGML é um padrão de formatação de textos. Não foi desenvolvido para hipertexto, mas tornou-se conveniente para transformar documentos em hiper-objetos e para descrever as ligações.

## LINGUAGEM JAVASCRIPT

*JavaScript* é uma linguagem de programação interpretada. Foi originalmente implementada como parte dos navegadores *web* para que *scripts* pudessem ser executados do lado do cliente e interagissem com o usuário sem a necessidade deste script passar pelo servidor, controlando o navegador, realizando comunicação assíncrona e alterando o conteúdo do documento exibido.

É atualmente a principal linguagem para programação *client-side* em navegadores *web*. Começa também a ser bastante utilizada do lado do servidor através de ambientes como o *node.js*. Foi concebida para ser uma linguagem *script* com orientação a objetos baseada em protótipos, tipagem fraca e dinâmica e funções de primeira classe. Possui suporte à programação funcional e apresenta recursos como fechamentos e funções de alta ordem.

## LINGUAGEM CSS

*Cascading Style Sheets* (ou simplesmente CSS) é uma linguagem de folhas de estilo utilizada para definir a apresentação de documentos escritos em uma linguagem de marcação, como HTML ou XML. Seu principal benefício é prover a separação entre o formato e o conteúdo de um documento.

Em vez de colocar a formatação dentro do documento, o desenvolvedor cria um *link* (ligação) para uma página que contém os estilos, procedendo de forma idêntica para todas as páginas de um portal. Quando quiser alterar a aparência do portal basta portanto modificar apenas um arquivo.

## LINGUAGEM PHP

PHP (um acrônimo recursivo para "*PHP: Hypertext Preprocessor*", originalmente *Personal Home Page*) é uma linguagem interpretada livre, usada originalmente apenas para o desenvolvimento de aplicações presentes e atuantes no lado do servidor, capazes de gerar conteúdo dinâmico na World Wide Web. Figura entre as primeiras linguagens passíveis de

inserção em documentos HTML, dispensando em muitos casos o uso de arquivos externos para eventuais processamentos de dados. O código é interpretado no lado do servidor pelo módulo PHP, que também gera a página *web* a ser visualizada no lado do cliente. A linguagem evoluiu, passou a oferecer funcionalidades em linha de comando, e além disso, ganhou características adicionais, que possibilitaram usos adicionais do PHP, não relacionados a *web sites*. É possível instalar o PHP na maioria dos sistemas operacionais, gratuitamente.

## LINGUAGEM MYSQL

Apesar de existirem várias SGBD, utilizou-se a MySQL por ser um dos que melhor se integram com a linguagem PHP, no entanto é possível trabalhar com outros sistemas, pese embora as instruções de interação com o PHP sejam diferentes.

### 4.3.4 INTERFACE COM O UTILIZADOR – LAYOUTS

Para ter o acesso à página inicial ou seja a página que aparece sempre pela primeira vez, tem três maneiras de o fazer: (1) Digitar no Browser <http://127.0.0.1> ou <http://localhost>; (2) o IP dinâmico atribuído pelo ISP; ou (3) o URL fixo, como irei explicar na secção seguinte.

A página inicial tem que ter o nome “index.html” ou “index.php”. No caso deste projecto, aplicação é “index.html” e é mostrada na Figura 53.

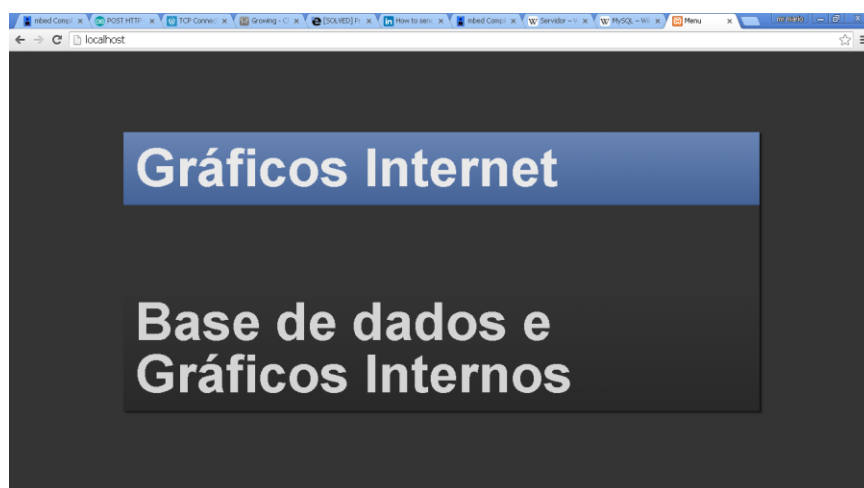
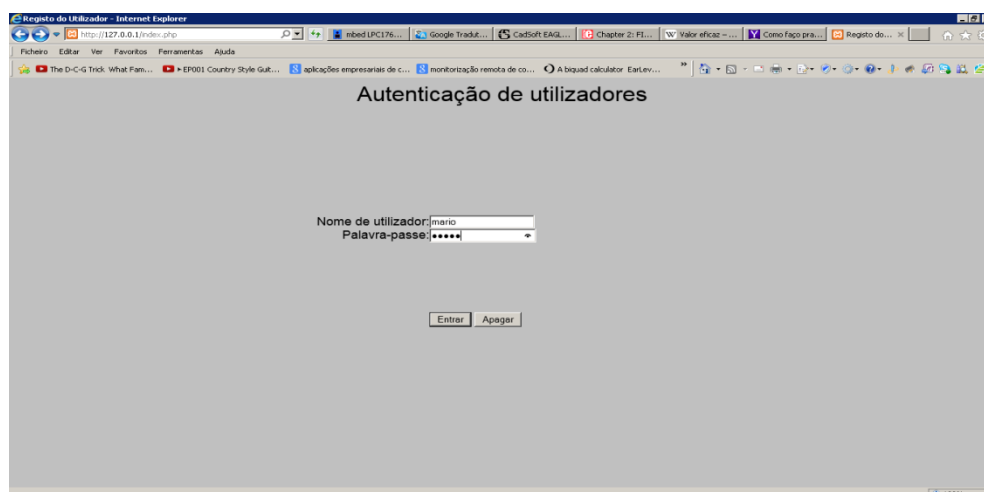
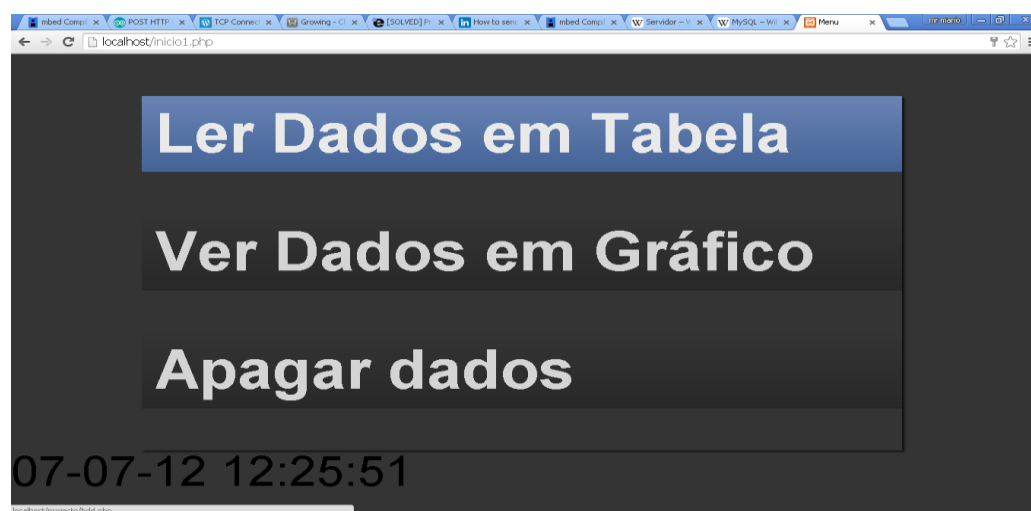


Figura 53 – Layout na página inicial

As duas opções presentes na Figura 53, Gráficos Internet e Base de dados e gráficos internos, correspondem respectivamente à solução da secção 4.2 e à solução da presente secção 4.3. Depois de seleccionada a opção “Gráficos e Base de dados interna”, temos acesso à página apresentada na Figura 54 (que funciona mesmo que não exista Internet) e dá acesso ao login do utilizador. Uma vez introduzido o login e password, temos acesso à página apresentada na Figura 55, com as opções possíveis para consulta dos valores na Base de Dados.



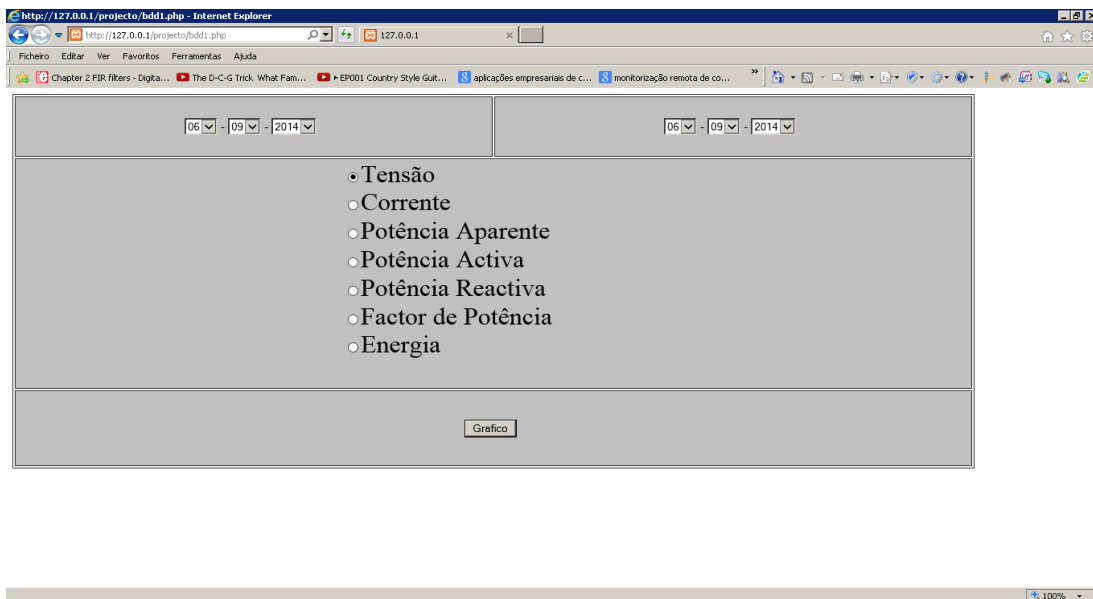
**Figura 54 - Login da aplicação**



**Figura 55 - Layout após login**

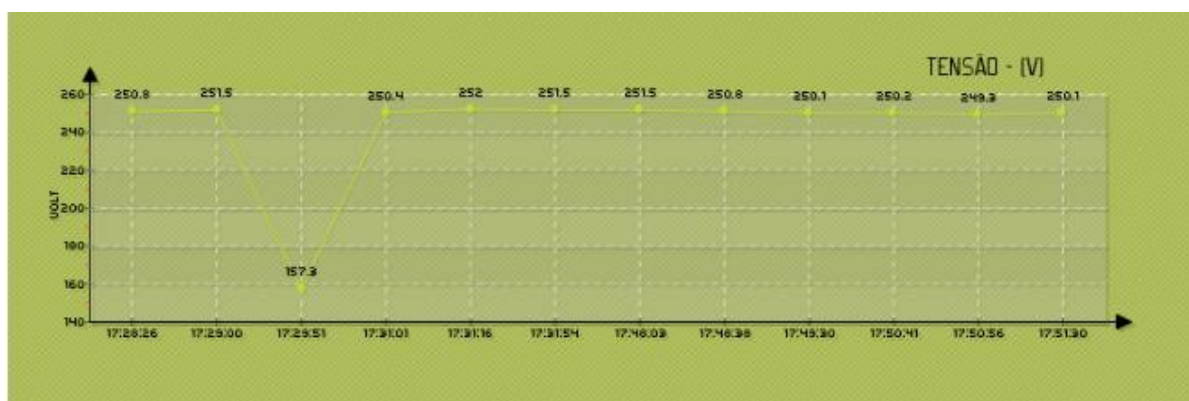
Neste caso podemos ter acesso aos dados em forma de tabela, gráfico ou, caso queiramos, podemos eliminar os dados que pretendemos. Em todos os casos aparece o menu da figura

que nos permite escolher os dados de um determinado dia, ou dias, mês ou meses e ano ou anos. Ou seja, permite-nos visualizar o período de tempo que desejarmos nas várias opções do menu (ver Figura 56).



**Figura 56 – Opções para visualização dos gráficos da aplicação**

Como exemplo, a Figura 57 apresenta um gráfico para a tensão medida durante um dia de utilização.



**Figura 57 – Gráfico dos Valores da Tensão do dia 06-09-2014**

### 4.3.5 CRIAÇÃO DE UMA LIGAÇÃO SEMPRE COM O MESMO ENDEREÇO, COMO SE O IP FOSSE FIXO

O NO-IP é um *software* gratuito que nos permite ter um acesso remoto do computador, DVR, *webcam*, câmara de segurança ou qualquer dispositivo conectado à Internet facilmente (Figura 58). Os pontos de DNS dinâmico podem ser facilmente lembrados pelo nome do *host* para o seu endereço IP dinâmico. Temos que fazer o “*sign up*” e adicionar o IP actual ao nosso endereço (no caso deste projecto foi: *mtinoco.ddns.net*).

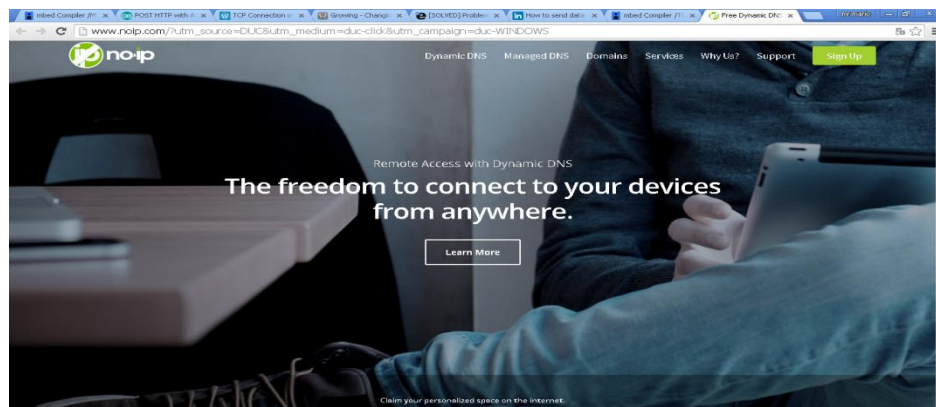


Figura 58 – Página inicial para ser feito o registo no NO-IP [33]

Uma vez registado é feito o *download* e instalação automática da aplicação (ver Figura 59).

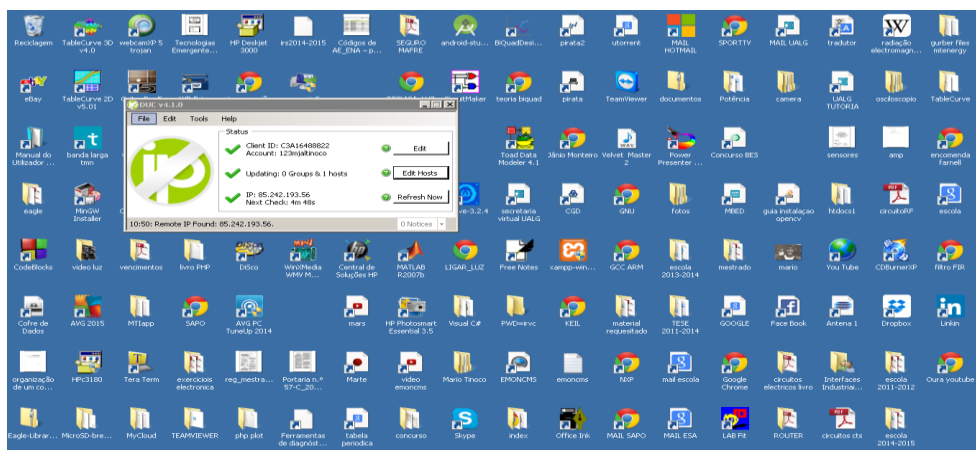


Figura 59 – Programa de ligação do NO-IP

## 4.4 CRIAÇÃO DE UMA APP PARA ANDROID (TABLET, SMARTPHONE, SMARTWATCH)

Foi usada uma plataforma *on-line*, o MIT APP Inventor, que permite criar uma aplicação para o sistema *android*. Na Figura 60, na opção “Creat” podemos programar a nossa APP para Android. O objectivo desta aplicação é disponibilizar de uma forma automática os dados do sistema MTEnergy em qualquer dispositivo *android*.

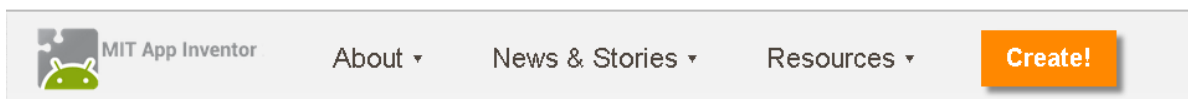


Figura 60 - plataforma on-line do MIT APP Inventor [34]

Para se iniciar a utilização desta aplicação web, é necessário ter uma conta de *email* associada e depois aparece a plataforma (ver Figura 61).

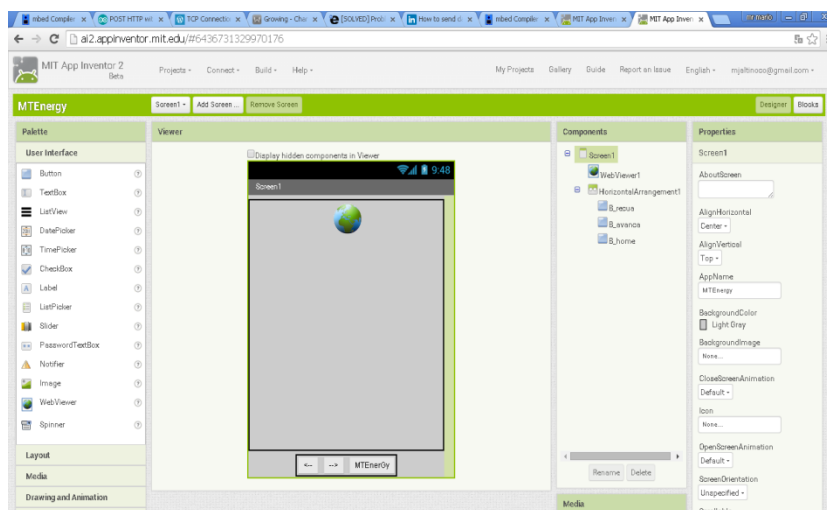


Figura 61 - plataforma on-line do MIT APP Inventor

A programação é feita por blocos, conforme se pode visualizar na Figura 62, e após ligação (opção “Connect”) com o *Tablet* ou *Smartphone* podemos ver em tempo real as alterações da programação feitas nestes. Na opção “Buid” a aplicação .APK (no caso MTEnergy.apk) criada é guardada em forma de “Icon” no nosso Email. Deste modo, foi desenvolvido uma aplicação dedicada para o sistema operativo android, que permite mostrar automaticamente os resultados do projecto MTEnergy num dispositivo móvel com este sistema.

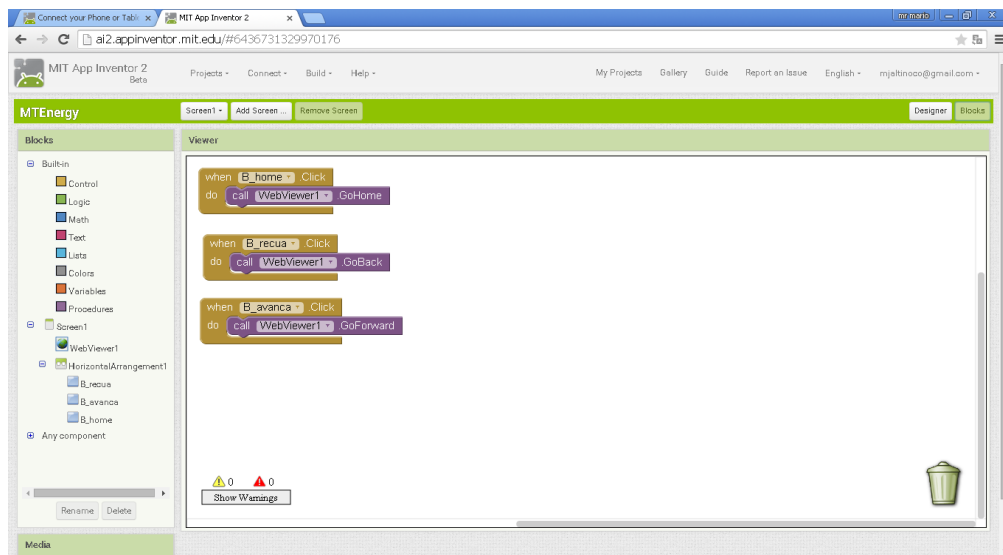


Figura 62 – Área de programação

A Figura 63, Figura 64 e Figura 65, mostram respectivamente o *Icon* da aplicação instalada no *SmartPhone*, o menu principal da aplicação e a página inicial dos gráficos, visualizados no telefone móvel.

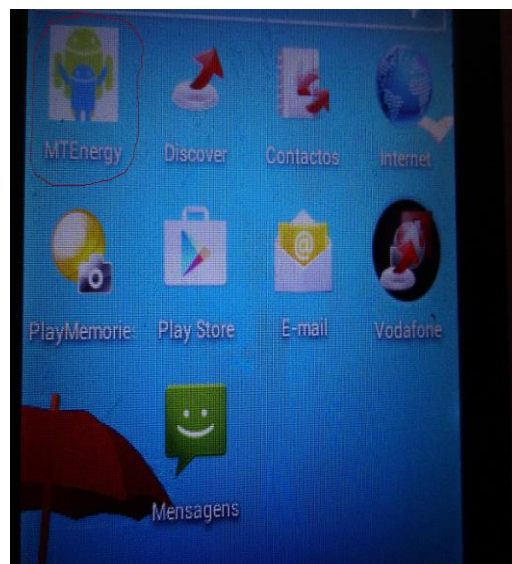


Figura 63 - Icon da aplicação no Smartphone

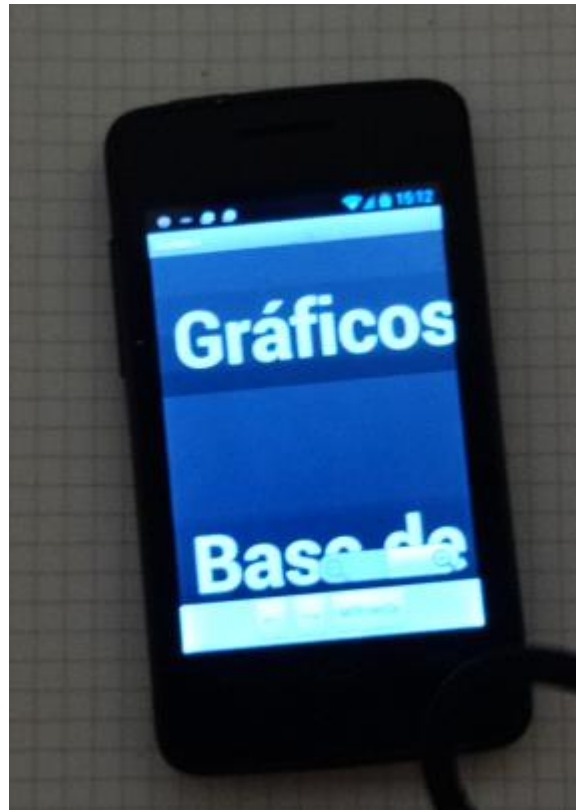


Figura 64 - Menu principal da aplicação

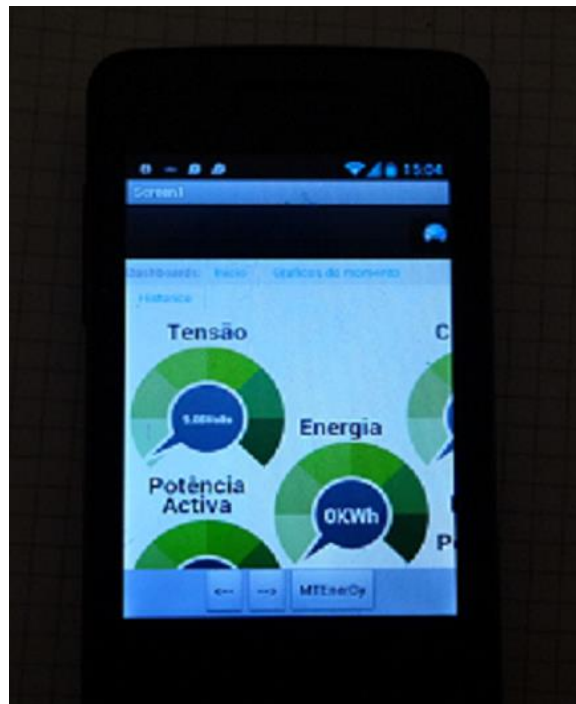


Figura 65 - página inicial dos gráficos

## 5. TESTES E RESULTADOS EXPERIMENTAIS

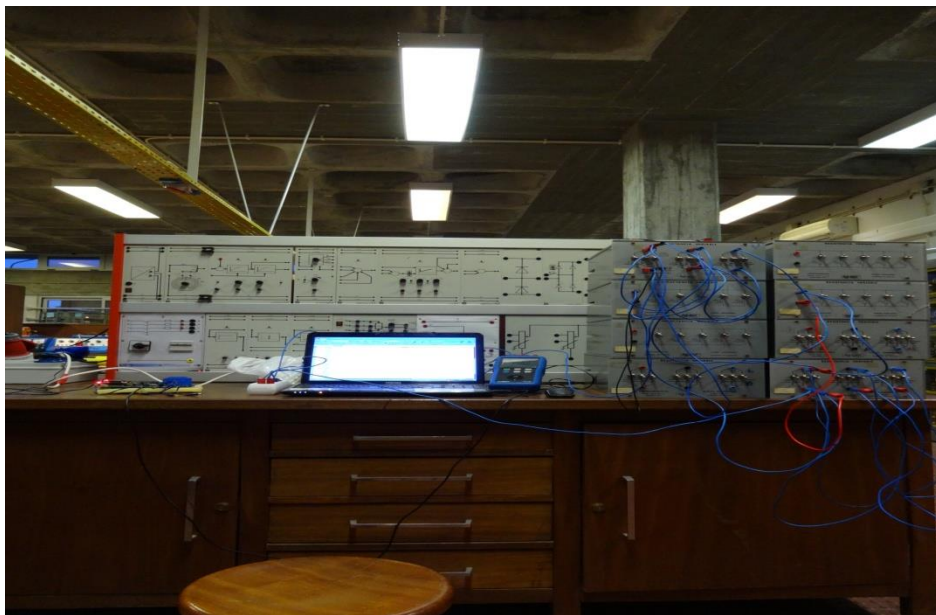
---

Neste capítulo serão apresentados os testes efectuados ao sistema MTEnergy e os resultados experimentais.

### 5.1 CALIBRAÇÃO

Os primeiros testes tiveram como objectivo realizar a calibração do medidor de potências implementado na placa de aquisição de dados. Assim, com o recurso a um wattímetro disponível no laboratório, e considerando este como o “*golden device*”, ou seja, o dispositivo livre de erros e perfeitamente calibrado, foram registadas numa várias medições para as tensões eficazes, correntes eficazes e factores de potência obtidos tanto pelo sistema MTEnergy como pelo “*golden device*”.

É de referir que o wattímetro do laboratório apresenta uma resolução mínima de 0,1 V e de 0,001 A, com um erro de medida inferior a 1 % para medição de tensões e correntes alternadas (ver Figura 66 com a bancada de trabalho em laboratório).



**Figura 66 – Medições das cargas em laboratório**

Para o processo de calibração foram medidos diferentes tipos de cargas: puramente resistivas (FP=1), “puramente” indutivas (FP aproximadamente 0,1), mistas com um FP de aproximadamente 0,5, e mistas com FP de aproximadamente 0,75. Destas medições foram construídas tabelas, como a seguir se exemplifica para FP=1 na Figura 67 (as restantes tabelas para os restantes factores de potência não são aqui apresentadas para não sobrecarregar o relatório com muitos dados intermédios de medições):

Wattímetro				MTEnergy				Erros e correcções		
Vef	Ief	FP	$\phi$	Vef	Ief	FP	$\phi$	Vef	Ief	$\phi$
236,6	0,12	1	0	0,172896	0,003755	-0,94816	198,529422	1368,453	31,95739	-198,529
236	0,135	1	0	0,172824	0,004133	-0,90097	205,714278	1365,551	32,66392	-205,714
236,5	0,2	1	0	0,172898	0,005907	-0,78593	218,19327	1367,859	33,85813	-218,193
234,6	0,387	1	0	0,171563	0,011212	-0,64895	229,537808	1367,428	34,51659	-229,538
235,1	0,538	1	0	0,172583	0,015548	-0,60789	232,563038	1362,243	34,60252	-232,563
235,3	0,95	1	0	0,17277	0,027278	-0,52643	238,235307	1361,926	34,8266	-238,235
235,1	1,162	1	0	0,172784	0,033364	-0,52643	238,235307	1360,658	34,82796	-238,235
233,4	1,5	1	0	0,172878	0,042976	-0,49236	240,504214	1350,085	34,9032	-240,504
234,8	1,885	1	0	0,172583	0,053966	-0,49236	240,504214	1360,505	34,9294	-240,504
233,6	2,55	1	0	0,173423	0,073141	-0,5095	239,369761	1346,995	34,86417	-239,37
235	3,25	1	0	0,172221	0,092897	-0,4866	240,882347	1364,526	34,98498	-240,882
232,7	5,35	1	0	0,170819	0,153168	-0,4866	240,882347	1362,261	34,92897	-240,882

Figura 67 – tabela com valores de cargas resistivas (FP=1), para calibração do MTEnergy.

### 5.1.1 CALIBRAÇÃO DA TENSÃO

Utilizando as medições efectuadas na Figura 67, verificou-se que o valor para a tensão medida seguia um padrão linear em função da corrente medida e nenhum padrão em função do factor de potência (ver Figura 68). Assim, optámos por fazer uma regressão linear para a calibração da tensão, de forma a obter uma equação, que pode ser utilizada pelo microcontrolador, para nos calcular o valor correcto da tensão em função das medições de corrente e tensão efectuadas.

Para a obtenção da equação mais aproximada que faça o *fitting* (ajuste) entre os valores medidos e os valores correctos da tensão eficaz, utilizou-se o *software* Table Curve 2D e obteve-se a fórmula resultante para o cálculo da Tensão Eficaz Corrigida (ver Figura 69).

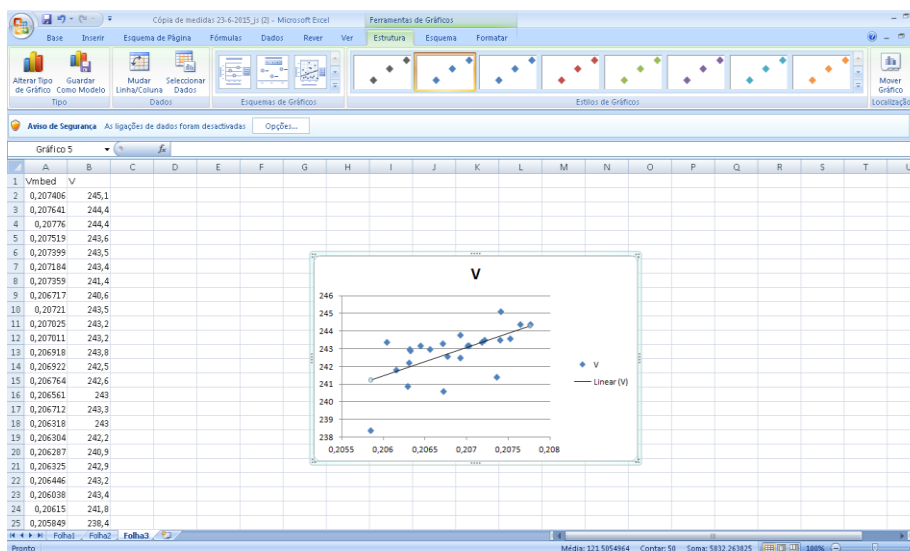


Figura 68 – Observação 2D das medições das Tensões

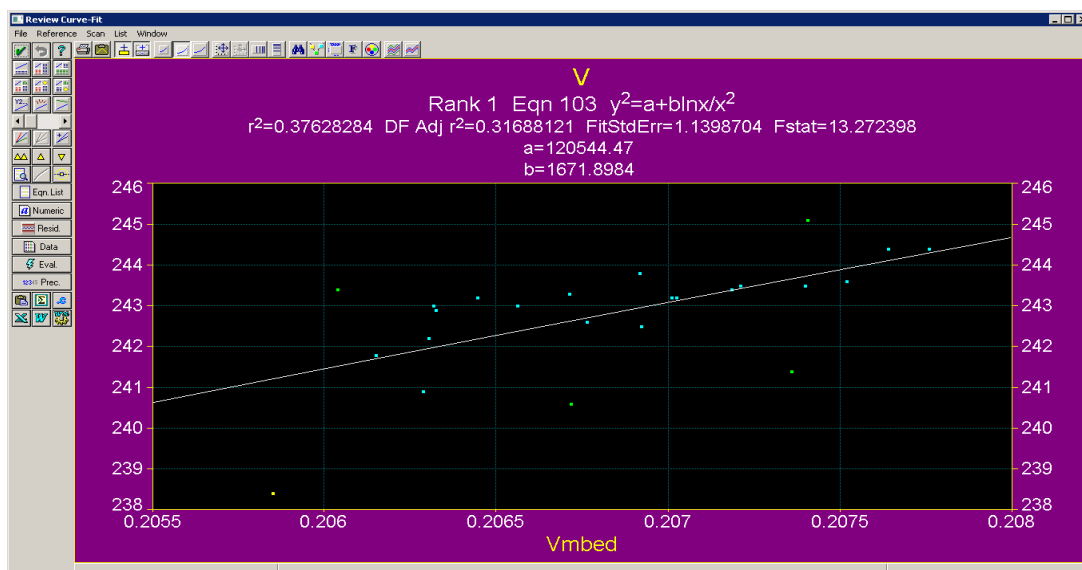


Figura 69 – Fitting 2D da Tensão

Depois de aplicada a fórmula obtida pelo *fitting* da Figura 69, foram calculados todos os erros de todas as medições efectuadas para o cálculo da tensão eficaz. A tabela da Figura 70, resume os resultados experimentais para a tenção. Pode-se observar que o erro maior obtido é de 1,17%, o que revela a boa preciação obtida pelo sistema MTEnergyY.

MTEnergyY	Wattímetro	Fitting	Erro  (%)
0,207406	245,1	243,7	0,57%
0,207641	244,4	244,1	0,12%
0,20776	244,4	244,3	0,04%
0,207519	243,6	243,9	0,12%
0,207399	243,5	243,7	0,08%
0,207184	243,4	243,4	0,00%
0,207359	241,4	243,7	0,95%
0,206717	240,6	242,6	0,83%
0,20721	243,5	243,4	0,04%
0,207025	243,2	243,1	0,04%
0,207011	243,2	243,1	0,04%
0,206918	243,8	243	0,33%
0,206922	242,5	243	0,21%
0,206764	242,6	242,7	0,04%
0,206561	243	242,4	0,25%
0,206712	243,3	242,6	0,29%
0,206318	243	242	0,41%
0,206304	242,2	242	0,08%
0,206287	240,9	241,9	0,42%
0,206325	242,9	242	0,37%
0,206446	243,2	242,2	0,41%
0,206038	243,4	241,5	0,78%
0,20615	241,8	241,7	0,04%
0,205849	238,4	241,2	1,17%

Figura 70 – Tabela de resultados dos erros para a tensão eficaz.

### 5.1.2 CALIBRAÇÃO DO FACTOR DE POTÊNCIA

Semelhante ao que foi verificado para a tensão, a análise dos dados feita para o factor de potência permitiu verificar uma relação entre a corrente e factor de potência (ou ângulo) medidos e o factor de potência medido pelo dispositivo considerado calibrado. Esta análise foi possível ao traçar um gráfico 3D no Excel, com dados aproximados retirados das tabelas com as medições realizadas, que é apresentado na Figura 71. Daqui se pode concluir que existe claramente uma evolução do factor de potência em função da corrente medida e do factor de potência medido. Assim, sabemos que é possível obter uma fórmula para calibração do factor de potência medido pelo MTEnergyY.

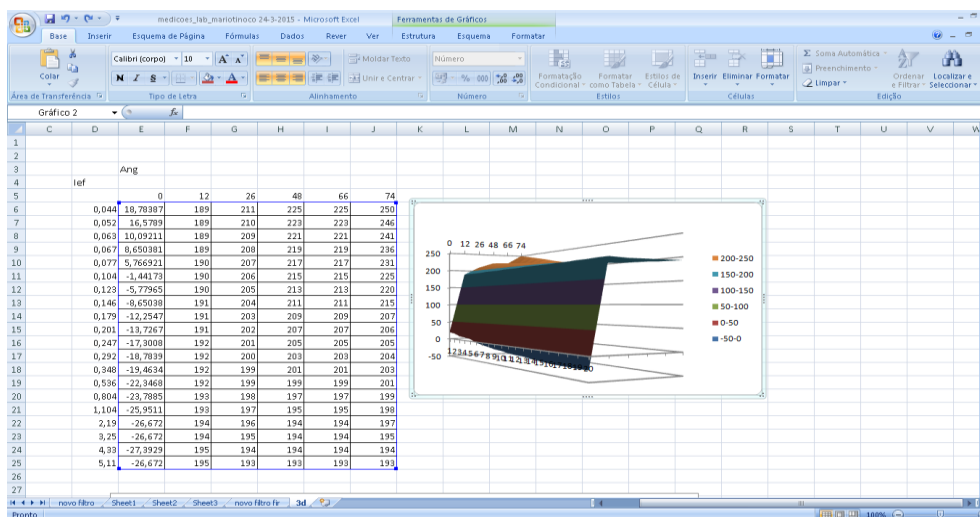


Figura 71 – Observação 3D das medições da corrente e do Ângulo7

Utilizando a ferramenta 3D do Table Curve, foi elaborada uma análise para obtenção da equação com o fitting realizado entre os valores da corrente eficaz, do valor do ângulo obtido e do valor do factor de potência medido pelo Wattímetro (*golden device*). Desta análise resultou o gráfico e equação apresentada na Figura 72, que foi possível de ser programada em C++ no microcontrolador.

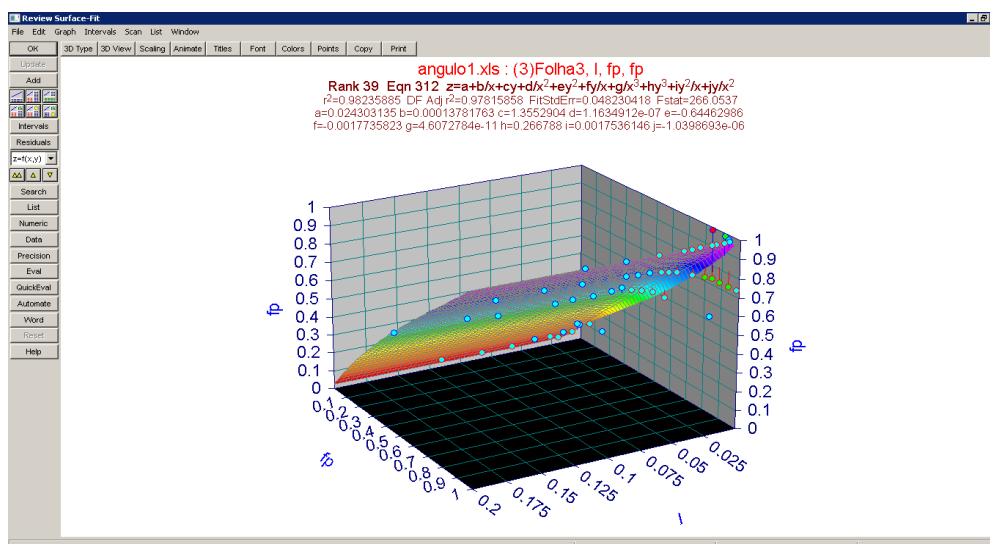


Figura 72 – Fitting 3D do Factor de Potência

Depois de aplicada a fórmula obtida pelo *fitting* da Figura 72, foram calculados todos os erros de todas as medições efectuadas para o cálculo do factor de potência. A tabela da Figura 73, resume os resultados experimentais para o factor de potência.

MTEnergyY		Wattímetro		Fitting		Erro
corrente	ângulo	ângulo	FP	ângulo	FP	FP
0,054	51,13	0	1	15,48	0,96	0,04
0,109	30,52	0	1	28,2	0,88	0,12
0,165	19,79	0	1	28,22	0,88	0,12
0,221	13,57	0	1	23,66	0,92	0,08
0,331	7,01	0	1	14,23	0,97	0,03
0,547	1,73	0	1	2,34	1	0
0,829	0,69	0	1	-3,02	1	0
1,105	2,02	0	1	-2,9	1	0
1,39	2,97	0	1	-2,56	1	0
1,665	3,43	0	1	-2,54	1	0
1,94	3,77	0	1	-2,5	1	0
2,77	4,37	0	1	-2,44	1	0
3,85	4,82	0	1	-2,29	1	0
5,21	5,16	0	1	-2,12	1	0
0,054	80,03	83,11	0,12	77,88	0,21	0,09
0,109	81,04	83,11	0,12	79,7	0,18	0,06
0,165	85,5	82,53	0,13	87,78	0,04	0,09
0,229	88,72	84,26	0,1	91,24	0,02	0,08
0,341	88,52	83,68	0,11	87,69	0,04	0,07
0,553	91,57	85,99	0,07	88,81	0,02	0,05
0,833	91,02	85,99	0,07	86	0,07	0
1,115	92,14	86,56	0,06	86,22	0,07	0,01
1,396	91,79	86,1	0,068	85,13	0,08	0,012
1,934	91,83	85,99	0,07	84,4	0,1	0,03
2,77	91,99	86,56	0,06	83,95	0,11	0,05
3,86	92,22	86,56	0,06	83,77	0,11	0,05
5,3	91,8	86,56	0,06	83,06	0,12	0,06
0,035	63,03	42,27	0,74	41,11	0,75	0,01
0,071	24,85	42,27	0,74	26,98	0,89	0,15
0,106	3,86	42,27	0,74	39,36	0,77	0,03
0,143	17,3	42,27	0,74	28,85	0,88	0,14
0,178	24,87	42,27	0,74	29,42	0,87	0,13
0,213	29,34	41,41	0,75	31,39	0,85	0,1
0,253	33,36	42,27	0,74	33,94	0,83	0,09
0,359	39,16	43,11	0,73	38,6	0,78	0,05
0,501	41,71	42,27	0,74	41,07	0,75	0,01
0,743	45,9	43,95	0,72	44,78	0,71	0,01
0,927	46,65	43,95	0,72	45,53	0,7	0,02
1,286	47,66	43,95	0,72	46,5	0,69	0,03
1,681	47,91	43,95	0,72	46,78	0,68	0,04
2,04	48,54	43,95	0,72	47,33	0,68	0,04
3,51	48,96	43,95	0,72	47,74	0,67	0,05
4,71	49,37	43,95	0,72	48,09	0,67	0,05
6,96	49,25	43,95	0,72	48,01	0,67	0,05
0,127	32,71	57,99	0,53	29,93	0,87	0,34
0,257	53,94	58,67	0,52	48,24	0,67	0,15
0,385	57,52	57,99	0,53	52,89	0,6	0,07
0,518	60,71	58,67	0,52	56,18	0,56	0,04
0,778	61,95	58,67	0,52	57,58	0,54	0,02
0,902	64,54	58,67	0,52	59,77	0,5	0,02
1,253	64,65	59,34	0,51	59,91	0,5	0,01
1,891	64,83	60	0,5	60,06	0,5	0
2,54	65,96	60,66	0,49	60,94	0,49	0
3,16	65,62	60,66	0,49	60,66	0,49	0
5,12	66,34	61,31	0,48	61,19	0,48	0
6,43	63,94	58,67	0,52	59,35	0,51	0,01
8,73	63,92	58,67	0,52	59,33	0,51	0,01

Figura 73 – tabela com valores experimentais do erro absoluto medido pelo fator de potência.

Pela observação da tabela anterior verifica-se que o valor absoluto do maior erro obtido para o factor de potência é de 0,34. No entanto os valores maiores de erro foram obtidos para as correntes baixas, neste caso inferiores a 150mA. Neste sentido, é preciso referir que o sensor de corrente utilizado, por ser de baixo custo, apresenta problemas com medições de corrente muito baixas (abaixo dos 150mA, ou seja, 10% do seu valor máximo). No entanto, ao realizarmos a calibração desta forma foi possível, tanto para a medição do ângulo como para a corrente (na secção seguinte), aumentar a gama de variação até cerca dos 50mA de valor mínimo de corrente, pois a sua resposta não era nada linear nestes valores baixos. No fundo, foi uma solução de *software* para um problema do *hardware*.

É preciso notar ainda que foram realizadas análises para o ângulo ou para o factor de potência, tendo sido a primeira a que obteve melhores resultados.

### 5.1.3 CALIBRAÇÃO DA CORRENTE

Da mesma forma como foi feito para o factor de potência, procedeu-se também para a calibração da corrente por identificar uma relação evolutiva entre a corrente real e os valores medidos para a corrente e para o factor de potência.

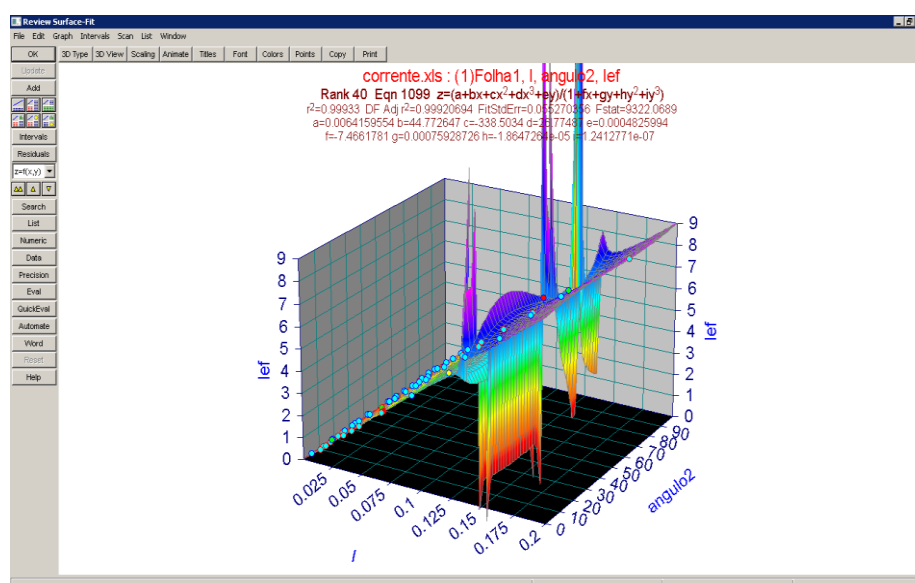


Figura 74 – Fitting da Corrente

MTEnergy		Wattmetro	Fitting	Erro  (%)
corrente	ângulo	corrente	corrente	
0,003	30,52	0,109	0,16	44%
0,004	19,79	0,165	0,2	20%
0,005	13,57	0,221	0,25	11%
0,008	7,01	0,331	0,35	4%
0,013	1,73	0,547	0,56	3%
0,019	0,69	0,829	0,84	1%
0,022	2,02	1,105	1	10%
0,031	2,97	1,39	1,4	1%
0,038	3,43	1,665	1,67	0%
0,044	3,77	1,94	1,95	1%
0,062	4,37	2,77	2,77	0%
0,087	4,82	3,85	3,86	0%
0,118	5,16	5,21	5,15	1%
0,001	80,03	0,054	0,08	55%
0,001	81,04	0,109	0,1	11%
0,002	85,5	0,165	0,16	6%
0,004	88,72	0,229	0,22	3%
0,006	88,52	0,341	0,33	2%
0,011	91,57	0,553	0,55	1%
0,017	91,02	0,833	0,83	0%
0,024	92,14	1,115	1,11	0%
0,03	91,79	1,396	1,39	0%
0,042	91,83	1,934	1,94	0%
0,062	91,99	2,77	2,79	1%
0,087	92,22	3,86	3,89	1%
0,119	91,8	5,3	5,2	2%
0,001	24,85	0,071	0,08	12%
0,002	3,86	0,106	0,08	21%
0,002	17,3	0,143	0,12	15%
0,003	24,87	0,178	0,16	11%
0,004	29,34	0,213	0,19	9%
0,005	33,36	0,253	0,24	7%
0,007	39,16	0,359	0,34	5%
0,016	41,71	0,501	0,72	44%
0,016	45,9	0,743	0,73	2%
0,02	46,65	0,927	0,91	2%
0,028	47,66	1,286	1,27	1%
0,037	47,91	1,681	1,66	1%
0,045	48,54	2,04	2,02	1%
0,078	48,96	3,51	3,48	1%
0,107	49,37	4,71	4,69	0%
0,144	49,25	6,96	6,79	3%
0,002	32,71	0,127	0,1	22%
0,004	53,94	0,257	0,24	7%
0,007	57,52	0,385	0,37	4%
0,01	60,71	0,518	0,5	3%
0,016	61,95	0,778	0,77	2%
0,019	64,54	0,902	0,9	1%
0,027	64,65	1,253	1,25	0%
0,041	64,83	1,891	1,89	0%
0,056	65,96	2,54	2,54	0%
0,07	65,62	3,16	3,17	0%
0,114	66,34	5,12	5,12	0%
0,142	63,94	6,43	6,3	2%
0,197	63,92	8,73	8,74	0%

Figura 75 – tabela com os valores de erro resultantes da calibração da corrente.

Utilizando novamente o Table Curve 3D, foi realizado o *fitting* dos valores. Desta análise resultou o gráfico e equação apresentada na Figura 74, que foi possível de ser programada em C++ no microcontrolador. Mais uma vez, depois de aplicada a fórmula obtida pelo *fitting*, foram calculados todos os erros de todas as medições efectuadas para o cálculo do valor eficaz da corrente. A tabela da Figura 75 resume os resultados experimentais para a corrente, onde se podem verificar os erros. Neste caso importa realçar novamente que os erros maiores foram obtidos para as correntes mais baixas, tipicamente abaixo dos 150mA, sendo o maior erro medido para cerca de 50mA, o que nos permite dizer que a estes valores mais baixos de corrente os erros aumentam.

#### 5.1.4 CÁLCULO DAS POTÊNCIAS

Como já foi referido na secção 4.1.2, foram implementadas duas formas de cálculo para as potências, nomeadamente calculando o factor de potência pelas potências Activa e aparente (equações (12), (13) e (14)), ou calculado primeiro o ângulo e depois calculando o factor de potência e as potências activa e reactiva pela potência aparente (equações (16), (17), (18) e 19)).

Dos resultados medidos verificou-se que a segunda hipótese apresenta menores erros, tendo sido esta a que está implementada por defeito no sistema MTEnergy.

## 5.2 EXEMPLOS DE RESULTADOS E TESTES

Durante os testes, para uma mais rápida verificação dos resultados e comparação com os valores lidos no wattímetro (*golden device*), foi utilizada a opção de programação do Mbed de fazer os output's via Porta Série no monitor do computador, através da instalação de um *software* de comunicação série. O software escolhido foi o *Tera Term* (Figura 76).

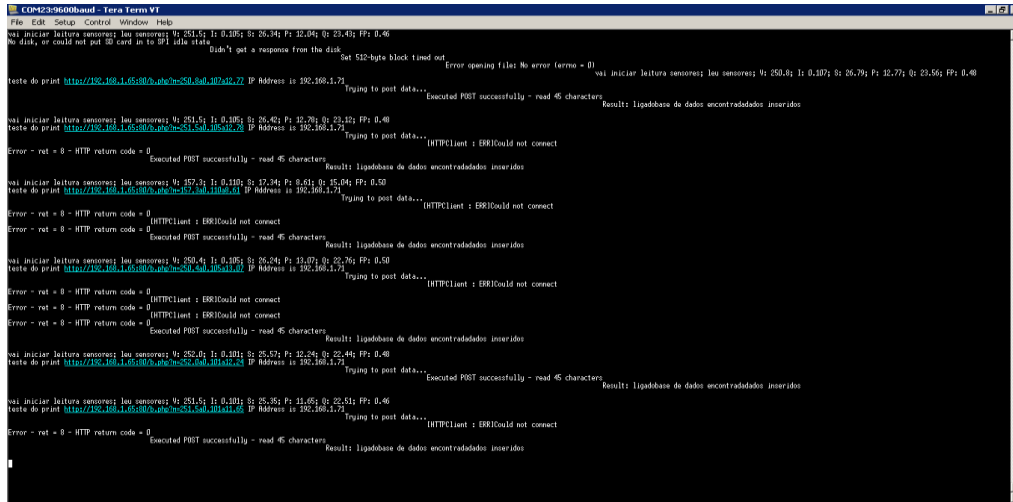


Figura 76 – Informação via USB para controlo com o Software Tera-Term [25]

Como exemplo de resultados obtidos, as figuras 74 a 78 apresentam resultados para a opção “Ver Dados em Gráfico” nas várias opções desde a Tensão até ao Factor de Potência (neste caso o dia 06-09-2014).

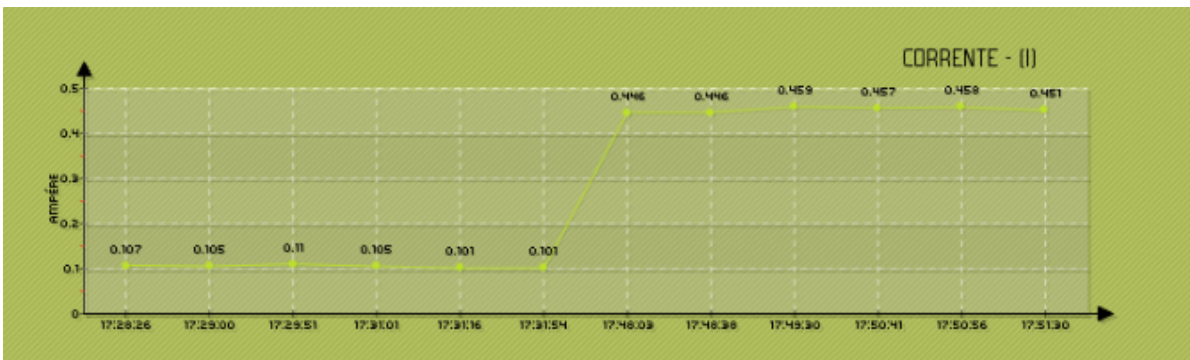


Figura 77 - Gráfico dos Valores da Tensão do dia 06-09-2014

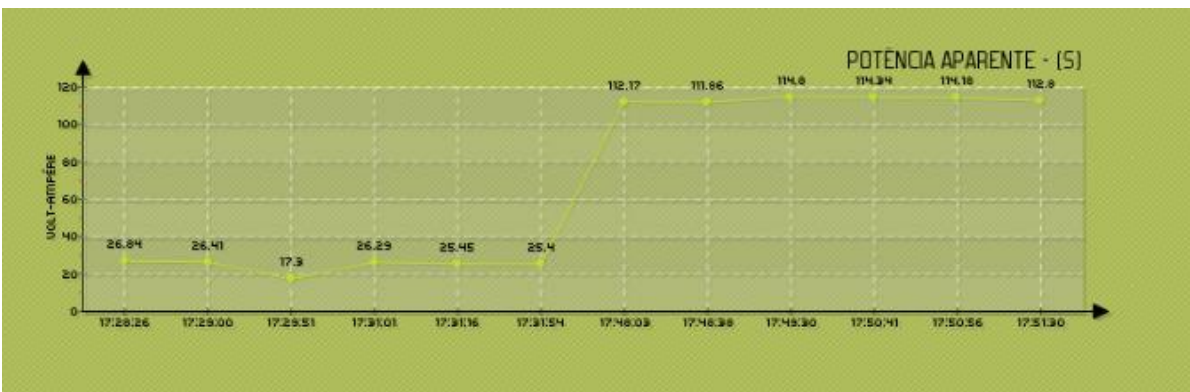


Figura 78 – Gráfico dos Valores da Potência Aparente do dia 06-09-2014



Figura 79 – Gráfico dos Valores da Potência Activa do dia 06-09-2014

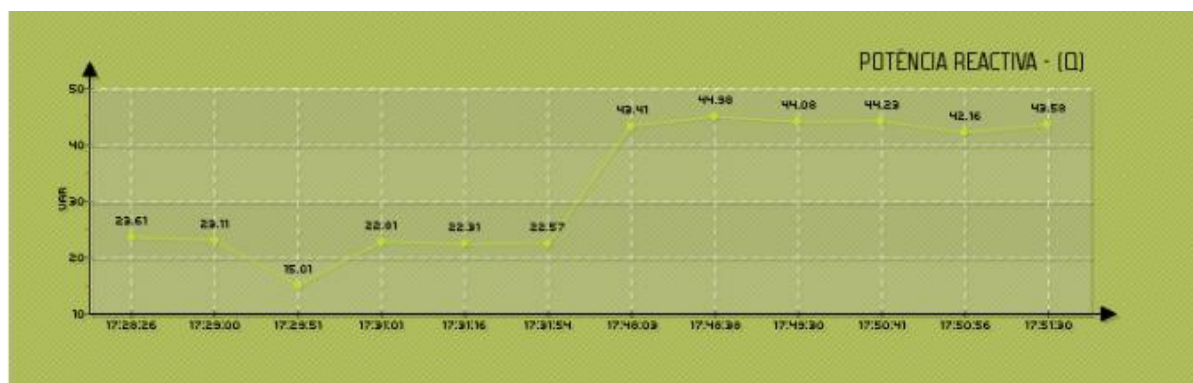


Figura 80 – Gráfico dos Valores da Potência Reactiva do dia 06-09-2014

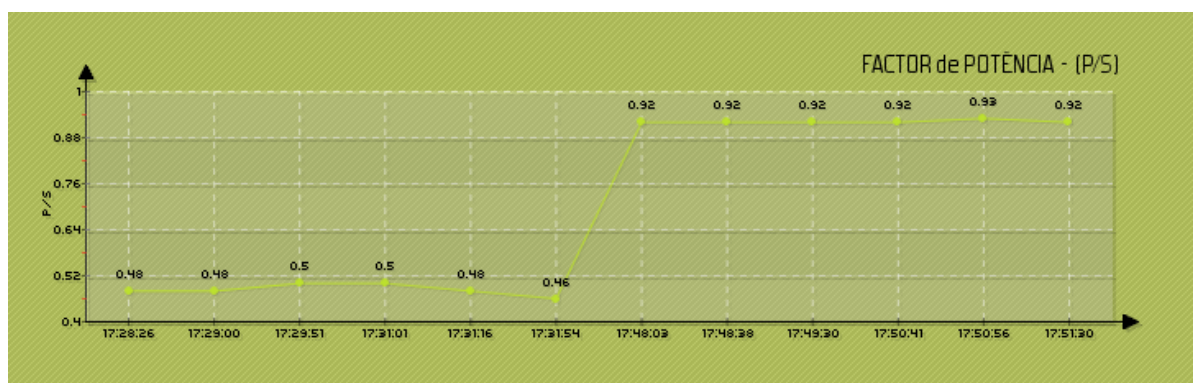


Figura 81 – Gráfico dos Valores do Factor de Potência do dia 06-09-2014



## 6. CONCLUSÕES

---

De acordo com o que foi apresentado ao longo deste relatório, o projecto MTEnergy é uma solução para medir e monitorizar a energia produzida em sistemas de produção de energias renováveis. Uma vez que a medição da energia é similar tanto na produção como no consumo, todo o projecto foi desenvolvido com esse duplo objectivo, embora a aplicação para a qual o sistema foi desenvolvido seja para medir a produção de energia.

### 6.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O sistema MTEnergy é constituído fundamentalmente por 2 partes: (1) uma placa de aquisição de dados, que interliga um microcontrolador, sensores para a corrente e tensão e vários módulos de comunicação; (2) sistema de *software* para interface com o utilizador, que inclui base de dados e ferramentas na *cloud*.

A placa de aquisição de dados inclui um sensor de corrente intrusivo, de baixo custo, que apresenta boas medições (fiáveis) para valores acima de 1A, razoáveis medições (fiabilidade) para medições entre os 150mA e os 1A, mas apresenta uma grande não-linearidade quando os valores medidos são inferiores a 150mA, conduzindo a muitos erros de medida. Porém, a utilização de regressões lineares durante a calibração permitiu aumentar a sua fiabilidade para os valores entre os 150mA e os 1A. Para conseguir boas precisões para os valores baixos de corrente, por exemplo até aos 50mA, serão necessárias mais medições e uma análise muito detalhada de testes exaustivos para permitir melhorar as fórmulas de calibração e assim melhorar os resultados obtidos nessa gama de medições.

Ainda sobre o sensor de corrente, verificou-se que este tipo de sistemas, para serem comercialmente viáveis, não devem ser intrusivos, pois apresentam diversos problemas, nomeadamente: (1) difíceis de instalar; (2) em caso de avaria do sensor, a corrente é cortada ficando o utilizador sem fonte de energia; (3) por ser intrusivo, picos de corrente e de tensão podem danificar todo o sistema de aquisição de dados, diminuindo por isso a robustez do sistema. Assim, aconselha-se a utilização de sensores não intrusivos, que embora mais caros não apresentam as desvantagens atrás mencionadas.

O sensor de tensão utilizado foi um transformador que se revelou muito preciso e fiável. O único ponto menos positivo é que, considerando que este sistema pode ser comercializado, o transformador pode ser substituído por uma solução mais barata que não prejudica a precisão e fiabilidade do sistema, como por exemplo o recurso a resistências, ou até a transformadores mais pequenos e mais baratos.

Relativamente à própria placa de circuito impresso realizada, é preciso referir que o seu tamanho e optimização do desenho não foi a melhor. Isto deveu-se à necessidade de desenvolver cedo uma placa durante a integração dos diferentes módulos, mas que depois não foi possível ser substituída por uma versão mais optimizada por questões de tempo e de orçamento para o projecto.

Relativamente aos diferentes interfaces de comunicação, foi muito positivo verificar que um sistema pode ser tão versátil, facilitando a sua utilização. A criação de diferentes produtos configurados em função das necessidades do cliente permitem um funcionamento como *stand-alone* com o recurso ao GSM/GPRS, mas também permite re-utilizar o sistema de internet do cliente, com as ligações Wi-fi ou ethernet, tendo ainda a possibilidade de utilizar o sistema GSM como alerta excepcional.

Relativamente ao sistema de interface com o utilizador, foram desenvolvidas 3 soluções de base: (1) interface baseado na *cloud*; (2) interface com página web que inclui base de dados; (3) interface para dispositivos móveis *android*, com o desenvolvimento de uma aplicação.

O trabalho foi aliciante, muito trabalhoso, com curto-circuitos à mistura, uns “leves” esticões e uma boa dose de paciência no laboratório. Concluo que valeu a pena este desafio...

## **6.2 DIRECÇÕES DE TRABALHO FUTURO**

Em todos os projectos, à medida que vão sendo desenvolvidos, é possível identificar opções que permitem melhorar a solução final, mas que não foi possível incluir no seu desenvolvimento. Neste projecto não é excepção.

Assim, a substituição do sensor de corrente por um não intrusivo (tipo *clamp*) é uma direcção clara para trabalho futuro deste projecto. Para além disso, o sensor de tensão também pode ser melhorado, substituindo o existente por um transformador mais pequeno, ou até recorrendo a resistências para capturar uma tensão da rede mais baixa.

Uma outra direcção de trabalho futuro é a extensão deste projecto para medições de energia em sistemas trifásicos. O problema é semelhante, embora tenhamos que trabalhar com mais entradas de dados, o que fará prever a utilização de outros *chips* como sensores, que já permitem medir simultaneamente a tensão e a corrente e disponibilizar as potências directamente ao microcontrolador.

A placa de circuito impresso também deve ser optimizada, reduzindo o seu tamanho, inclusivamente pela escolha de componentes SMD ou de outros módulos pequenos (como um cartão micro SD).



## REFERÊNCIAS

---

- [1] “G7 encerra reunião com compromisso sobre mudanças climáticas”, <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2015/06/g7-encerra-reuniao-com-compromisso-sobre-mudancas-climaticas.html>
- [2] <http://futurcompet.aeportugal.pt/Documentation/EnergiasRenovaveis>
- [3] <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197>
- [4] [http://eeas.europa.eu/delegations/cape\\_verde/key\\_eu.../index\\_pt.htm](http://eeas.europa.eu/delegations/cape_verde/key_eu.../index_pt.htm)
- [5] <http://www.telecom.pt/NR/rdonlyres/2AE125FB-C35A-43C5-8079-B39D01365954/1455190/SMART2020.pdf>
- [6] <http://efergy.com/>
- [7] <http://refrisun.pt/>
- [8] <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/rede/InovGrid/Pages/InovGrid.aspx>
- [9] <http://www.energycircle.com/shop/emonitor-energy-monitor-powerhouse-dynamics.html>
- [10] <https://github.com/openenergymonitor/documentation/blob/master/Applications/HomeEnergyMonitor/HomeEnergyMonitor.md#home-energy-monitor>
- [11] <http://www.qenergia.pt/120/contagem-de-energia-wireless.htm>
- [12] <http://www.optimalcomms.net/OptimalSystem/Overview.aspx>
- [13] <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142113371/Tese.pdf>
- [14] <https://mbed.org/>
- [15] <https://www.sparkfun.com/products/12072>
- [16] [http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS\\_Shield\\_V1.0](http://www.seeedstudio.com/wiki/GPRS_Shield_V1.0)
- [17] <https://pt.wikipedia.org/wiki/MAX232>
- [18] [http://www.block.eu/en\\_UK/products/electro\\_transformers/](http://www.block.eu/en_UK/products/electro_transformers/)
- [19] <https://www.sparkfun.com/products/9456>
- [20] [http://comphaus.com.br/home/?page\\_id=1299](http://comphaus.com.br/home/?page_id=1299)
- [21] <https://support.apple.com/en-us/HT204384>
- [22] <http://t-filter.appspot.com/fir/index.html>
- [23] <https://developer.mbed.org/compiler>
- [24] [http://download.cnet.com/TableCurve-2D/3000-2053\\_4-10308067.html](http://download.cnet.com/TableCurve-2D/3000-2053_4-10308067.html)
- [25] <http://tablecurve-3d.software.informer.com/4.0/>

- [26] <http://logmett.com/index.php?/download/tera-term-487-freeware.html>
- [27] <http://Emoncms.org>
- [28] <https://www.apachefriends.org/download.html>
- [29] <https://pt.wikipedia.org/wiki/HTML>
- [30] <https://pt.wikipedia.org/wiki/JavaScript>
- [31] [https://pt.wikipedia.org/wiki/Cascading\\_Style\\_Sheets](https://pt.wikipedia.org/wiki/Cascading_Style_Sheets)
- [32] <https://pt.wikipedia.org/wiki/PHP>
- [33] <https://pt.wikipedia.org/wiki/MySQL>
- [34] [http://www.noip.com/?utm\\_source=DUC&utm\\_medium=duc-click&utm\\_campaign=duc-WINDOWS](http://www.noip.com/?utm_source=DUC&utm_medium=duc-click&utm_campaign=duc-WINDOWS)
- [35] <http://appinventor.mit.edu/explore/ai2/setup-device-wifi.html>
- [36] <http://www.cadsoftusa.com/download-eagle/freeware/>
- [37] <http://gracianotorrao.com/2008/09/17/manipulacao-de-ficheiros-de-texto-em-linguagem-c-leituraescrita-caracter-a-caracter/>
- [38] [https://energia.edp.pt/pdf/pme/CorrecaoFatorPotencia\\_EDP\\_PME.pdf](https://energia.edp.pt/pdf/pme/CorrecaoFatorPotencia_EDP_PME.pdf)
- [39] <http://www.eurocircuits.com/>
- [40] Desenvolvimento de Aplicações em PHP – Frederico Tavares
- [41] Linguagem C – Luís Damas
- [42] Base de Programação – Artur Augusto Azul
- [43] Guia do Programador em SQL – Umang Gupta/William Gietz
- [44] Linguagens WEB – Alexandre Pereira/Carlos Poupa
- [45] Learning to fly with EAGLEv6 – Mitchell Duncan

# **ANEXOS**



## ANEXO A – PROGRAMAÇÃO DO MICROCONTROLADOR MBED

---

### SOLUÇÃO MTENERGY 1000

```
#include "mbed.h"
#include "EthernetInterface.h"
#include "rtos.h"
#include "HTTPClient.h"
#include "mbed.h"
#include "SDFileSystem.h"
#include <math.h>
#include <iostream>
#include <string.h>
using namespace std;
SDFileSystem sd(p11, p12, p13, p14, "sd"); // the pinout on the mbed Cool Components
workshop board
FILE *fp;
//Serial pc(USBTX, USBRX);

int contador = 0;

Serial pc(USBTX, USBRX);
AnalogIn inputV(p17);
AnalogIn inputI(p20);
Timer t;
```

```
HTTPClient http;
int main() {

int N;
N=500;// % comprimento do vetor de amostras 481
float sampleVcorrigido[500];
float sampleIcorrigido[500];
float samplesV[500];
float samplesI[500];
float somatensaoirede;
float somacorrenteirede;
float somapotencia;
float tensaoeficaz;
float correnteeficaz;
float potenciaaparente;
float potenciaactiva;
float potenciareactiva;
float factorpotencia;
char VEFICAZ[5];
char IEFICAZ[6];
char PACTIVAC[7];
char VI[20];
char M[64];
strcpy(M,"");
strcpy(VI,"");
char L[20];
char str1[20];
strcpy(L,"");
int ret1;
int j;
float energia;
int k;
```

```
float mediaV;
float mediaI;
float b0;
float a1;
float a2;
float b2;
/*k=1;
while (k<=3){
    energia=0;
    j=1;

    while (j<=30){

        */
//for (int l=1;l<=12;l++){
/* for(int i=0; i<N; i++) {
        samplesV[i] = 0;
        samplesI[i] = 0;
    }*/
pc.printf("vai iniciar leitura sensores; ");
for(int i=0; i<N; i++) {
    samplesV[i] = inputV.read();
    //pc.printf("%f ",samplesV[i]);
    samplesI[i] = inputI.read();
    //pc.printf("%f ; %f ",samplesV[i],samplesI[i]);
    wait_us(400);//Ts=0.0004
}
/* pc.printf("\nWriting data to the sd card \n\r");

fp = fopen("/sd/DADOST1.txt", "a+");
if (fp == NULL) {
    pc.printf("Unable to write the file \n\r");
} else {
    //fprintf(fp, "mbed SDCard application!");
```

```
//for (int i=0;i<200;i++){
//  fprintf(fp, "%f ; %f ;%f \n",samplesV[i], Modulo[i],sampleVcorrigido[i]);}
for (int i=0;i<500;i++){
    fprintf(fp, " %f; %f \n",samplesV[i],samplesI[i]);
}
    // wait(.001);}
fprintf(fp, "\n\r");
fclose(fp);
pc.printf("File successfully written! \n\r");
}
*/

pc.printf("leu sensores; ");
/* //valores de 0.002 Q=300
const float b0=0.0892235;
//const float b1=0.00000;
const float b2=-0.0892235;
const float a1=-1.47367;
const float a2=0.821553;*/
//valores de 0.0005 Q=300
/*const float b0=0.0254099;
//const float b1=0.00000;
const float b2=-0.0254099;
const float a1=-1.92518;
const float a2=0.949180;*/
//valores de 0.001 Q=300 leitura no excel
/*const float b0=0.0489802;
//const float b1=0.00000;
const float b2=-0.0489802;
const float a1=-1.80895;
const float a2=0.902040;*/
//valores de 0.001 Q=20000 leitura no BIQUADDESIGNER
/*const float b0=0.000771946;
//const float b1=0.00000;
const float b2=-0.000771946;
```

```

const float a1=-1.90064;
const float a2=0.998456;*/
//valores de 0.001 Q=80 leitura no BIQUADDESIGNER
b0=0.0303814;
//const float b1=0.00000;
b2=-0.0303814;
a1=-1.92395;
a2=0.939237;
sampleVcorrigido[0]= b0*samplesV[0]+b2*0.5;
sampleVcorrigido[1]= b0*samplesV[1]+b2*0.5-a1 *sampleVcorrigido[0];
sampleIcorrigido[0]= b0*samplesI[0]+b2*0.5;
sampleIcorrigido[1]= b0*samplesI[1]+b2*0.5-a1 *sampleIcorrigido[0];
for(int i=2; i<N; i++) {
    sampleVcorrigido[i]=      b0*samplesV[i]+b2*samplesV[i-2]-a1 *sampleVcorrigido[i-1]-
a2*sampleVcorrigido[i-2];
    sampleIcorrigido[i]=      b0*samplesI[i]+b2*samplesI[i-2]-a1 *sampleIcorrigido[i-1]-
a2*sampleIcorrigido[i-2];
}

for(int i=0; i<N; i++) {
    sampleVcorrigido[i]= sampleVcorrigido[i]*1460;
    sampleIcorrigido[i]= sampleIcorrigido[i]*40;
}
somensaoirede=0;
somacorrenteirede=0;
somapotenciai=0;
for (int i=100;i<N;i++){
    somensaoirede=somensaoirede+(sampleVcorrigido[i]*sampleVcorrigido[i])/(N-100);
    //}

//for (int i=0;i<N;i++){
    somacorrenteirede=somacorrenteirede+(sampleIcorrigido[i]*sampleIcorrigido[i])/(N-
100);
    //}

```

```
//for (int i=0;i<N;i++){
somapotenciai=somapotenciai+(sampleVcorrigido[i]*sampleIcorrigido[i])/(N-100);
}

tensaoeficaz=sqrt(somatensaoirede);
correnteeficaz=sqrt(somacorrenteirede);
/*
mediaV=0;
mediaI=0;
tensaoeficaz=0;
correnteeficaz=0;
potenciaactiva=0;
for (int i=0;i<N;i++){
    mediaV=mediaV+samplesV[i];
    mediaI=mediaI+samplesI[i];
}
mediaV=mediaV/(N);
mediaI=mediaI/(N);
// for(int i=116; i<(N-12); i++) {
    for(int i=100; i<N; i++) {
        samplesV[i]= (samplesV[i]-mediaV);
        samplesI[i]= (samplesI[i]-mediaI);
//    samplesI[i]=sampleIcorrigido[i+2]*41.93;
        corrienteeficaz=correnteeficaz+samplesI[i]*samplesI[i];
        potenciaactiva=potenciaactiva+(samplesV[i]*samplesI[i]);
        tensaoeficaz=tensaoeficaz+samplesV[i]*samplesV[i];

    }
}
*/
/* tensaoeficaz=sqrt(tensaoeficaz/351);
// corrienteeficaz=sqrt(correnteeficaz/N);
```

```

correnteeficaz=sqrt(correnteeficaz/351);
potenciaactiva=potenciaactiva/351;*/
//// tensaoeficaz=sqrt(tensaoeficaz/(N-100));
//// correnteeficaz=sqrt(correnteeficaz/(N-100));
//// potenciaactiva=potenciaactiva/(N-100);

//////////cálculo da tensão e corrente eficaz////////
/* pc.printf("\nWriting data to the sd card \n\r");

fp = fopen("/sd/DADOST2.txt", "a+");
if (fp == NULL) {
    pc.printf("Unable to write the file \n\r");
} else {
    //fprintf(fp, "mbed SDCard application!");
    //for (int i=0;i<200;i++){
    //    fprintf(fp, "%f ; %f ;%f \n",samplesV[i], Modulo[i],sampleVcorrigido[i]);}
    for (int i=116;i<(N-12);i++){
        fprintf(fp, " %f; %f \n",samplesV[i],samplesI[i]);
    }
    // wait(.001);}
    fprintf(fp, "\n\r");
    fclose(fp);
    pc.printf("File successfully written! \n\r");
}
*/

/*maxV=sampleVcorrigido[0];
for (int i=1;i<N;i++){
    if (sampleVcorrigido[i] > maxV){
        maxV=sampleVcorrigido[i];}
}
maxV=maxV/sqrt(2.0);

maxI=sampleIcorrigido[0];

```

```
for (int i=1;i<N;i++){
    if (sampleIcorrigido[i] > maxI){
        maxI=sampleIcorrigido[i];}
}

maxI=maxI/sqrt(2.0);
*/
pc.printf("V: %3.1f; ",tensaoeficaz);
pc.printf("I: %2.3f; ",correnteeficaz);
////////cálculo da Potência Aparente [S](VA) //////////
potenciaaparente=tensaoeficaz*correnteeficaz;
pc.printf("S: %4.2f; ",potenciaaparente);
////////cálculo da Potência Média ou Activa [P](W) //////////
potenciaactiva=somapotenciai;
pc.printf("P: %4.2f; ",potenciaactiva);
////////cálculo da Potência Reactiva [Q](VAR) //////////
potenciareactiva=sqrt((potenciaaparente*potenciaaparente)-
(potenciaactiva*potenciaactiva));
pc.printf("Q: %4.2f; ",potenciareactiva);
////////cálculo do Factor de Potência ou coseno de fi //////////
factorpotencia=potenciaactiva/potenciaaparente;
pc.printf("FP: %1.2f \r\n",factorpotencia);
////////cálculo da Energia //////////

//energia=energia+potenciaactiva;

//wait(2);
//j=j+1;

//} //fim do ciclo while de j
```

```

////////////////////////////////// cartão SD ////////////////////////////////////

/* pc.printf("Hello World!\n");
   fp = fopen("/sd/DADOST1.txt", "r");
   if (fp != NULL) {
       fclose(fp);
       remove("/sd/DADOST1.txt");
       pc.printf("Remove an existing file with the same name \n\r");
   }

*/

//escrever no cartão SD

/* pc.printf("\nWriting data to the sd card \n\r");

   fp = fopen("/sd/DADOST1.txt", "a+");
   if (fp == NULL) {
       pc.printf("Unable to write the file \n\r");
   } else {
       //fprintf(fp, "mbed SDCard application!");
       //for (int i=0;i<200;i++){
       //  fprintf(fp, "%f ; %f ;%f \n",samplesV[i], Modulo[i],sampleVcorrigido[i]);}
       for (int i=0;i<500;i++){
           fprintf(fp, "          %f;          %f          ;          %f          ;          %f
\n",samplesV[i],sampleVcorrigido[i],samplesI[i],sampleIcorrigido[i]);
       }
       // wait(.001);}
       fprintf(fp, "\n\r");
       fclose(fp);
       pc.printf("File successfully written! \n\r");
   }

*/

```

```
/*
fp = fopen("/sd/config.ini", "r");
if (fp == NULL) perror ("Error opening file");
else {
fgets (str1, 60, fp);}
strcat(L,str1);
fclose(fp);

*/
/*

strcpy(M, "");
strcpy(VI, "");
sprintf(VEFICAZ, "%3.1f", tensaoeficaz);

    strcat(VEFICAZ, "a");

    sprintf(IEFICAZ, "%2.3f", correnteeficaz);
    strcat(IEFICAZ, "a");
    sprintf(PACTIVAC, "%4.2f", potenciaactiva);
    strcat(VI, VEFICAZ);
    strcat(VI, IEFICAZ);
    strcat(VI, PACTIVAC);
    strcat(M, L);
    strcat(M, "/b.php?m=");
strcat(M, VI);
pc.printf("teste do print %s ", M);

/////ligação HTTP

char str[64];
EthernetInterface eth;
eth.init(); //Use DHCP
eth.connect();
```

```
HTTPMap map;
HTTPText text(str,64);
//printf("Trying to post data...\n");
printf("IP Address is %s\n", eth.getIPAddress());

printf("Trying to post data...\n");

while (http.getHTTPResponseCode()==0){
ret1 = http.post(M, map,&text);
if(!ret1){
printf("Executed POST successfully - read %d characters\n", strlen(str));
printf("Result: %s\n", str);}
else{
printf("Error - ret = %d - HTTP return code = %d\n", ret1,
http.getHTTPResponseCode());
}
}

//////////////////////////////////fim de ligação HTTP//////////////////////////////////

eth.disconnect();// fim de ligação ETHERNET

k=k+1;
//} //fim de k
*/
pc.printf("\r\n");
//}
while(1) {}
}
```

**SOLUÇÃO MTENERGY 1100 (MÓDULO GSM)**

```
#include "mbed.h"
char a;
char c[13];
char d[9];
char e[30];
int i;
int j;
DigitalIn pin(p19);

Serial pc(USBTX, USBRX);
Serial uart(p9, p10);

int main() {
//if (pin==19){
    uart.printf("AT%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CMGF=1%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CPIN=7512%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CSCA=\"+351911616161\"%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CMGS=\"966442893\"%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("teste ao envio de SMS liga-me para casa");
    uart.printf("%c",0x1A);
    wait(2);
```

## SOLUÇÃO MTENERGY 3000

```
#include "mbed.h"
#include "WiflyInterface.h"
#include "rtos.h"
#include "HTTPClient.h"
#include "SDFileSystem.h"
#include <math.h>
#include <iostream>
#include <string.h>
using namespace std;
WiflyInterface wifly(p28, p27, p25, p26, "Teste", "EC4626FD00", WPA);
SDFileSystem sd(p11, p12, p13, p14, "sd"); // the pinout on the mbed Cool Components
workshop board
FILE *fp;
//Serial pc(USBTX, USBRX);

int contador = 0;

Serial pc(USBTX, USBRX);
AnalogIn inputV(p16);
AnalogIn inputI(p20);

HTTPClient http;
int main() {
int N;
float Ts;
N=500;// % comprimento do vetor de amostras
Ts=0.002; // % Período de Amostragem
float sampleVcorrigido[N];
float sampleIcorrigido[N];
float samplesV[500];
float samplesI[500];
```

```
float somatensaoirede;  
float somacorrenteirede;  
float tensaoeficaz;  
float correnteeficaz;  
float potenciaaparente;  
float potenciaactiva;  
float somapotenciai;  
float potenciareactiva;  
float factorpotencia;  
char VEFICAZ[5];  
char IEFICAZ[6];  
char PACTIVAC[7];  
char VI[20];  
char M[64];  
strcpy(M, "");  
strcpy(VI, "");  
char L[20];  
char str1[20];  
strcpy(L, "");  
int ret1;
```

```
//for (int l=1;l<=10;l++){
```

```
    for(int i=0; i<N; i++) {  
        samplesV[i] = 0;  
        samplesI[i] = 0;  
    }
```

```
pc.printf("vai iniciar leitura sensores; ");
```

```

for(int i=0; i<N; i++) {
    samplesV[i] = inputV.read();
    //pc.printf("%f ",samplesV[i]);
    samplesI[i] = inputI.read();
    //pc.printf("%f ; %f ",samplesV[i],samplesI[i]);
    wait_ms(2);//Ts=0.001
}
pc.printf("leu sensores; ");

const float b0=0.0892235;
//const float b1=0.00000;
const float b2=-0.0892235;
const float a1=-1.47367;
const float a2=0.821553;

sampleVcorrigido[0]= b0*samplesV[0]+b2*0.5;
sampleVcorrigido[1]= b0*samplesV[1]+b2*0.5-a1 *sampleVcorrigido[0];
sampleIcorrigido[0]= b0*samplesI[0]+b2*0.5;
sampleIcorrigido[1]= b0*samplesI[1]+b2*0.5-a1 *sampleIcorrigido[0];
for(int i=2; i<N; i++) {
    sampleVcorrigido[i]=      b0*samplesV[i]+b2*samplesV[i-2]-a1 *sampleVcorrigido[i-1]-
a2*sampleVcorrigido[i-2];
    sampleIcorrigido[i]=      b0*samplesI[i]+b2*samplesI[i-2]-a1 *sampleIcorrigido[i-1]-
a2*sampleIcorrigido[i-2];
}
for(int i=0; i<N; i++) {
    sampleVcorrigido[i]= sampleVcorrigido[i]*901;
    sampleIcorrigido[i]= sampleIcorrigido[i]*38.8;
}

```

```
//////////cálculo da tensão e corrente eficaz////////
```

```
somatensaoirede=0;
somacorrenteirede=0;
somapotenciai=0;
for (int i=100;i<N;i++){
    somatensaoirede=somatensaoirede+(sampleVcorrigido[i]*sampleVcorrigido[i]/(N-100));
    somacorrenteirede=somacorrenteirede+(sampleIcorrigido[i]*sampleIcorrigido[i]/(N-100));
    somapotenciai=somapotenciai+(sampleVcorrigido[i]*sampleIcorrigido[i]/(N-100));
}
```

```
tensaoeficaz=sqrt(somatensaoirede);
```

```
correnteeficaz=sqrt(somacorrenteirede);
```

```
pc.printf("V: %3.1f; ",tensaoeficaz);
```

```
pc.printf("I: %2.3f; ",correnteeficaz);
```

```
//////////cálculo da Potência Aparente [S](VA) //////////
```

```
potenciaaparente=tensaoeficaz*correnteeficaz;
```

```
pc.printf("S: %4.2f; ",potenciaaparente);
```

```
//////////cálculo da Potência Média ou Activa [P](W) //////////
```

```
potenciaactiva=somapotenciai;
```

```
pc.printf("P: %4.2f; ",potenciaactiva);
```

```
//////////cálculo da Potência Reactiva [Q](VAR) //////////
```

```
potenciareactiva=sqrt((potenciaaparente*potenciaaparente)-
(potenciaactiva*potenciaactiva));
```

```
pc.printf("Q: %4.2f; ",potenciareactiva);
```

```
//////////cálculo do Factor de Potência ou coseno de fi //////////
```

```
factorpotencia=potenciaactiva/potenciaaparente;
```

```
pc.printf("FP: %1.2f \r\n",factorpotencia);
```

```
//////////cálculo da Energia //////////
```

```

////////////////////////////////// cartão SD //////////////////////////////////

/* pc.printf("Hello World!\n");
   fp = fopen("/sd/DADOST.txt", "r");
   if (fp != NULL) {
       fclose(fp);
       remove("/sd/DADOST.txt");
       pc.printf("Remove an existing file with the same name \n\r");
   }
*/

//escrever no cartão SD
/*
   pc.printf("\nWriting data to the sd card \n\r");

   fp = fopen("/sd/DADOST1.txt", "a+");
   if (fp == NULL) {
       pc.printf("Unable to write the file \n\r");
   } else {
       //fprintf(fp, "mbed SDCard application!");
       //for (int i=0;i<200;i++){
       //  fprintf(fp, "%f ; %f ;%f \n",samplesV[i], Modulo[i],sampleVcorrigido[i]);}
       for (int i=0;i<250;i++){
           fprintf(fp, "          %f;          %f          ;          %f          ;          %f
\n",samplesV[i],sampleVcorrigido[i],samplesI[i],sampleIcorrigido[i]);
       }
       // wait(.001);}
       fprintf(fp, "\n\r");
       fclose(fp);
       pc.printf("File successfully written! \n\r");
   }
*/

```

```
fp = fopen("/sd/config.ini", "r");
if (fp == NULL) perror ("Error opening file");
else {
    fgets (str1, 60, fp);}
strcat(L,str1);
fclose(fp);

strcpy(M, "");
strcpy(VI, "");
sprintf(VEFICAZ, "%3.1f", tensaoeficaz);

    strcat(VEFICAZ, "a");

    sprintf(IEFICAZ, "%2.3f", correnteeficaz);
    strcat(IEFICAZ, "a");
    sprintf(PACTIVAC, "%4.2f", potenciaactiva);
    strcat(VI, VEFICAZ);
    strcat(VI, IEFICAZ);
    strcat(VI, PACTIVAC);
    strcat(M, L);
    strcat(M, "/b.php?m=");
strcat(M, VI);
pc.printf("teste do print %s ", M);

/////ligação HTTP

char str[64];
wifly.init(); // use DHCP
while (!wifly.connect()); // join the network
printf("IP Address is %s\n\r", wifly.getIPAddress());
```

```
HTTPMap map;
HTTPText text(str,64);

printf("Trying to post data...\n");

while (http.getHTTPResponseCode()==0){
ret1 = http.post(M, map,&text);
if(!ret1){
printf("Executed POST successfully - read %d characters\n", strlen(str));
printf("Result: %s\n", str);}
else{
printf("Error - ret = %d - HTTP return code = %d\n", ret1,
http.getHTTPResponseCode());
}
}

////////////////////////////////fim de ligação HTTP////////////////////////////////

wifly.disconnect();

pc.printf("\r\n");

while(1) {}
}
```

**SOLUÇÃO MTENERGY 3100 (MODULO GSM)**

```
har a;
char c[13];
char d[9];
char e[30];
int i;
int j;
DigitalIn pin(p19);

Serial pc(USBTX, USBRX);
Serial uart(p9, p10);

int main() {
//if (pin==19){
    uart.printf("AT%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CMGF=1%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CPIN=7512%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CSCA=\"+351911616161\"%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("AT+CMGS=\"966442893\"%c",13);
    wait(1);
    uart.printf("teste ao envio de SMS liga-me para casa");
    uart.printf("%c",0x1A);
    wait(2);
```

---

## ANEXO B – PROGRAMAÇÃO DA PÁGINA DO SERVIDOR

---

### FICHEIRO INDEX.HTML

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN"
"http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=iso-8859-1" />
<title>Registo do Utilizador</title>
</head>

<body bgcolor="#C0C0C0">

<form id="form_registo" name="form_registo" method="POST"
action="verifica_login.php">
<table width="600" border="0" align="center" cellpadding="0" cellspacing="0">
<tr>
<td colspan="2" align="center" valign="top" ><font face="Arial" size="6">Autenticação
de utilizadores</font></td>
</tr>
<tr>
<td>&nbsp;
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
<p>&nbsp;</p>
</td>
</tr>
</table>
</form>
```

```
</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td align="right" valign="top" width="200"><font face="Arial" size="4">Nome de
utilizador:</font></td><td><input type="text" name="nome" id="nome" /></font></td>
</tr>
<tr>
  <td align="right" valign="top" width="200"><font face="Arial" size="4">Palavra-
passe:</font></td><td><input type="password" name="password" id="password"
/></font></td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <td>&nbsp;</td>
</tr>
<tr>
  <td>&nbsp;</td>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</p>
  <p>&nbsp;</td><td><input type="submit" name="entrar" id="entrar" value="Entrar"
/>
  <input type="reset" name="apagar" id="apagar" value="Apagar" /></td>
</tr>
</table>
</form>
```

**FICHEIRO B.PHP**

```

<?php
$a=$_GET['m'];

//echo $a;
//$a="226.093a226.054a4.155192a0.999831a";
?>

<?php
$arquivo = fopen('meuarquivo1.txt','w');
//$t=wordwrap($a,1,"\r\n");
if (!fwrite($arquivo,$a."\r\n")) die('Não foi possível atualizar o arquivo. ');
    // echo 'Arquivo atualizado com sucesso';
fclose($arquivo);
clearstatcache();
$arquivo = fopen('meuarquivo1.txt','r');
if ($arquivo == false) die('Não foi possível abrir o arquivo. ');
//while(true) {
    $linha = fgets($arquivo);
    if ($linha==null) echo "fx vazio";
// echo $linha;
//}
fclose($arquivo);

$b= str_replace('a', ' ', $linha);
$t=wordwrap($b,1,"\r\n");
$arquivo = fopen('meuarquivo1.txt','w');
if (!fwrite($arquivo,$t)) die('Não foi possível atualizar o arquivo. ');
    // echo 'Arquivo atualizado com sucesso';
fclose($arquivo);
$arquivo = fopen('meuarquivo1.txt','r');
if ($arquivo == false) die('Não foi possível abrir o arquivo. ');
// linha por linha ate detectar o final

```

```
$i=0;
while(!feof($arquivo)) {
    $d[]= fgets($arquivo);
    $i++;
}
fclose($arquivo);

/*
//echo $d[0]; tensao
$arquivo = fopen('C:\xampp1\htdocs\projecto\graficos\tensao.txt','a+');
if (!fwrite($arquivo,$d[0])) die('Não foi possível atualizar o arquivo. ');
fclose($arquivo);

//echo $d[1];corrente
$arquivo = fopen('C:\xampp1\htdocs\projecto\graficos\corrente.txt','a+');
if (!fwrite($arquivo,$d[1])) die('Não foi possível atualizar o arquivo. ');
fclose($arquivo);

//echo $d[2];activa
$arquivo = fopen('C:\xampp1\htdocs\projecto\graficos\pactiva.txt','a+');
if (!fwrite($arquivo,$d[2])) die('Não foi possível atualizar o arquivo. ');
fclose($arquivo);
*/
//aparente

$aa= (float) ($d[0]);
$bb= (float) ($d[1]);
$cc= $aa*$bb;
$parente1=number_format($cc,2);
//echo $cc;
//echo $parente1;
//$arquivo = fopen('C:\xampp1\htdocs\projecto\graficos\parente.txt','a+');
```

```
//if (!fwrite($arquivo,$paparente1) die('Não foi possível atualizar o arquivo.');
```

---

```
//fclose($arquivo);

//reativa
//potenciareactiva=sqrt((potenciaaparente*potenciaaparente)-
(potenciaactiva*potenciaactiva));
$dd= (float) ($d[2]);
$ee=$dd*$dd;
$preactiva1=sqrt($paparente1*$paparente1 - $ee);
$preactiva1=number_format($preactiva1,2);

//fator de potência
// factorpotencia=potenciaactiva/potenciaaparente;
$dd=number_format($dd,2);
$cc=number_format($cc,2);
$fpotencia1=$dd/$cc;
$fpotencia1=number_format($fpotencia1,2);

//$date=date('d-m-y H:i:s');
//$time=time('H:i:s');
//$date=sysdate();

//ligação à bd
$host="localhost";
$bd="bd";
$user='root';
$senha="";
$tabela="tc";

$ligacao=mysql_connect("$host","$user","$senha") or die(mysql_error());
echo "ligado";
mysql_select_db("$bd") or die(mysql_error());
echo "base de dados encontrada";
```

```
mysql_query("INSERT INTO
$tabela(tensao,corrente,pactiva,paparente,preactiva,fpotencia,data1,tempo1)
($d[0],$d[1],$d[2],$paparente1,$preactiva1,$fpotencia1,curdate(),curtime())"
or
die(mysql_error());
echo "dados inseridos";
mysql_close();
```

?>

**FICHEIRO VERIFICA\_LOGIN.PHP**

```
<?php
// iniciar a sessão
session_start();

// ligar à base de dados
require('ligacao_bd.php');

// verificar se os campos do formulário estão preenchidos
if (!empty($_POST) AND (empty($_POST['nome']) OR empty($_POST['password']))) {
    header("Location: index.php"); exit;
}

// definir $username and $password
$username=$_POST['nome'];
$password=$_POST['password'];
// consulta a base de dados
$sql="SELECT nome_utilizador, palavra_passe FROM utilizadores WHERE
nome_utilizador='$username' AND palavra_passe='$password' ";

$con consulta = mysql_query($sql);

if (mysql_num_rows($con consulta) == 1) {
// Caso os dados de login estejam corretos, envia para página calendario.php
    header("Location: inicio1.php"); exit;
} else {
// Caso os dados de login estejam incorretos, envia para página login.php
    header("Location: index.php"); exit;
}
mysql_free_result($con consulta);
?>
```

**FICHEIRO INICIO1.PHP**

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<body>
<table border="1" width="1070" height="427">
  <tr>
    <td width="1060" height="133" align="center" bgcolor="#C0C0C0">
      <font size="6">
        <a href="/projecto/bdd.php"><span style="background-color: #008000">
          <br>
        </span>Ler Dados em Tabela</a>
      </font>
    <p>&nbsp;</p>
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td width="1060" height="137" align="center" bgcolor="#C0C0C0">
      <font size="6">
        <br>
        <a href="/projecto/bdd1.php">Ver Dados em Gráfico</a>
      </font>
    <p>&nbsp;</p>
    </td>
  </tr>
  <tr>
    <td width="1060" height="139" align="center" bgcolor="#C0C0C0">
      <br>
      <a href="/projecto/bdd2.php"><font size="6">Apagar dados</font></a>
    <p>&nbsp;</p>
    </td>
  </tr>
</table>
```

</body>

</html>

**FICHEIRO BDD.PHP**

```
<html>
```

```
<body>
```

```
<table border="1" width="89%" height="482">
```

```
<tr>
```

```
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
```

```
<form action="dadostabela.php" id="consulta" name="form_consulta" method="GET">
```

```
<p align="center">
```

```
<select name="s_d" id="s_d">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=31;$time++){
```

```
echo('<option value="'. $time. "'');
```

```
if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
```

```
echo('>'.sprintf("%02d",$time).'</option>');
```

```
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_m" id="s_m">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=12;$time++){
```

```
echo('<option value="'. $time. "'');
```

```
if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
```

```
echo('>'.date("m",mktime(0,0,0,$time)).'</option>');
```

```
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_y" id="s_y">
```

```

<?php
    for($time=2014;$time<=2050;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("Y")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. $time. '</option>');
    }
?>
</select>

&nbsp;</td>
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
<p align="center">
<select name="s1_d" id="s1_d">
<?php
    for($time=1;$time<=31;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. sprintf("%02d", $time). '</option>');
    }
?>

</select> -
<select name="s1_m" id="s1_m">
<?php
    for($time=1;$time<=12;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. date("m",mktime(0,0,0,$time)). '</option>');
    }
?>
</select> -

<select name="s1_y" id="s1_y">
<?php

```



Potência Activa<br>

Potência Reactiva<br>

Factor de Potência<br>

Energia<br>

&nbsp;</font></p>

</td>

</tr>

<tr>

<td width="101%" height="98" colspan="2" bgcolor="#C0C0C0">

<p align="center">

<input type="submit" name="sub" id="tabela" value="Tabela" />

&nbsp;</p>

</td>

</tr>

</table>

</body>

</html>

**FICHEIRO BDD1.PHP**

```
<html>
```

```
<body>
```

```
<table border="1" width="89%" height="482">
```

```
<tr>
```

```
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
```

```
<form action="graficos/graficos.php" id="consulta" name="form_consulta"
method="GET">
```

```
<p align="center">
```

```
<select name="s_d" id="s_d">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=31;$time++){
echo('<option value="'. $time. "'');
if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
echo('>'.sprintf("%02d",$time).'</option>');
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_m" id="s_m">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=12;$time++){
echo('<option value="'. $time. "'');
if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
echo('>'.date("m",mktime(0,0,0,$time)).'</option>');
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_y" id="s_y">
  <?php
    for($time=2014;$time<=2050;$time++){
      echo('<option value="'. $time. '"');
      if(date("Y")==$time) echo(' selected="selected"');
      echo('>'. $time. '</option>');
    }
  ?>
</select>

  &nbsp;</td>
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
  <p align="center">
  <select name="s1_d" id="s1_d">
  <?php
    for($time=1;$time<=31;$time++){
      echo('<option value="'. $time. '"');
      if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
      echo('>'. sprintf("%02d", $time). '</option>');
    }
  ?>

  </select> -
  <select name="s1_m" id="s1_m">
  <?php
    for($time=1;$time<=12;$time++){
      echo('<option value="'. $time. '"');
      if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
      echo('>'. date("m", mktime(0,0,0,$time)). '</option>');
    }
  ?>
  </select> -
```





```
        &nbsp;</p>
    </td>
</tr>
</table>

</body>

</html>
```

**FICHEIRO BDD2.PHP**

```
<html>
```

```
<body>
```

```
<table border="1" width="89%" height="482">
```

```
<tr>
```

```
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
```

```
<form action="dadosapagar.php" id="consulta" name="form_consulta" method="GET">
```

```
<p align="center">
```

```
<select name="s_d" id="s_d">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=31;$time++){
```

```
echo('<option value="'. $time. "'');
```

```
if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
```

```
echo('>'.sprintf("%02d",$time).'</option>');
```

```
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_m" id="s_m">
```

```
<?php
```

```
for($time=1;$time<=12;$time++){
```

```
echo('<option value="'. $time. "'');
```

```
if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
```

```
echo('>'.date("m",mktime(0,0,0,$time)).'</option>');
```

```
}
```

```
?>
```

```
</select> -
```

```
<select name="s_y" id="s_y">
```

```

<?php
    for($time=2014;$time<=2050;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("Y")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. $time. '</option>');
    }
?>
</select>

&nbsp;</td>
<td width="50%" height="78" bgcolor="#C0C0C0">
<p align="center">
<select name="s1_d" id="s1_d">
<?php
    for($time=1;$time<=31;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("j")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. sprintf("%02d", $time). '</option>');
    }
?>

</select> -
<select name="s1_m" id="s1_m">
<?php
    for($time=1;$time<=12;$time++){
        echo('<option value="'. $time. '"');
        if(date("m")==$time) echo(' selected="selected"');
        echo('>'. date("m",mktime(0,0,0,$time)). '</option>');
    }
?>
</select> -

<select name="s1_y" id="s1_y">
<?php

```



Potência Activa<br>

Potência Reactiva<br>

Factor de Potência<br>

Energia<br>

&nbsp;</font></p>

</td>

</tr>

<tr>

<td width="101%" height="98" colspan="2" bgcolor="#C0C0C0">

<p align="center">

<input type="submit" name="sub" id="tabela" value="Apagar" />

&nbsp;</p>

</td>

</tr>

</table>

</body>

</html>

**FICHEIROS DADOSTABELA.PHP**

```
<?php
// iniciar a sessão
session_start();

// ligar à base de dados

// credenciais de acesso à base de dados
$servidor = "localhost";
$base_dados = "bd";
$nome_administrador = "root";
$password_administrador = "";

// estabelecer ligação à base de dados
$ligacao = mysql_connect($servidor, $nome_administrador, $password_administrador) or
die ('Não foi possível ligar à base de dados');

// ativar a base de dados pretendida
mysql_select_db($base_dados, $ligacao) or die (mysql_error($ligacao));

// verificar se os campos do formulário estão preenchidos
//if (!empty($_POST) AND (empty($_POST['nome']) OR empty($_POST['password']))) {
// header("Location: login.php"); exit;
//}

// definir $username and $password
//$username=$_POST[""];
//$password=$_POST['password'];
$dia=$_GET['s_d'];
$mes=$_GET['s_m'];
$ano=$_GET['s_y'];
```

```
$dia1=$_GET['s1_d'];
$mes1=$_GET['s1_m'];
$ano1=$_GET['s1_y'];

if (($dia==$dia1) AND ($mes=$mes1) AND ($ano=$ano1)){
if (($dia>=10 AND $dia <=31) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){
$data=$ano."-".$mes."-".$dia;}
elseif (($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){
$data=$ano."-".$mes."-0".$dia;}
elseif (($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=1 AND $mes <= 9)){
$data=$ano."-0".$mes."-0".$dia;}
else {$data=$ano."-0".$mes."-".$dia;}
}

$submit=$_GET['sub'];
$opcao=$_GET['pot'];
//echo $submit;
if ($submit=="Tabela"){
switch ($opcao){

case "V":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT tensao FROM tc WHERE date_format(data1,'% Y-%m-%d')='$data'";
$con consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($con consulta)){echo $row['tensao'];}
//mysql_free_result($con consulta);
break;
case "I":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT corrente FROM tc WHERE date_format(data1,'% Y-%m-%d')='$data'";
$con consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($con consulta)){echo $row['corrente'];}
//mysql_free_result($con consulta);
break;
```

```
case "PA":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT paparente FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['paparente'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "PAC":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT pactiva FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['pactiva'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "PR":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT preactiva FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['preactiva'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "FP":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT fpotencia FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['fpotencia'];}
```

```
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "E":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT pectiva,tempo FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
//echo $sql;
$consulta = mysql_query($sql);
$i=0;
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);
    $energia[]=floatval($row['pectiva']);
    $energias[]=(3600* floatval($row['pectiva']))/1000;
    $datas[]= $row['tempo'];
    $i++;
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
$j=$i-1;
$menergias=0;
$menergia=0;
for ($i=0;$i<=$j;$i++){
$menergia+=$energia[$i];
$menergias+=$energias[$i];
}
$tempo=strtotime($datas[$j])-strtotime($datas[0]);
$stenergia=(( $menergia/$j)*$tempo)/3600;
echo "A Energia média de gasto é = ".$menergias/$j." KiloWatts/Hora.<br>";
echo "A Energia gasta enquanto a luz esteve ligada foi = ".$stenergia."KiloWatts/Hora.<br>";
echo "tempo ligado = ".$tempo." em segundos.";
    break;
}
?>
```

**FICHEIRO GRAFICO/GRAFICO.PHP**

```
<?php

include("class/pData.class.php");
include("class/pDraw.class.php");
include("class/pImage.class.php");

//session_start();

// ligar à base de dados

// credenciais de acesso à base de dados
$servidor = "localhost";
$base_dados = "bd";
$nome_administrador = "root";
$password_administrador = "";

// estabelecer ligação à base de dados
$ligacao = mysql_connect($servidor, $nome_administrador, $password_administrador) or
die ('Não foi possível ligar à base de dados');

// ativar a base de dados pretendida
mysql_select_db($base_dados, $ligacao) or die (mysql_error($ligacao));

$dia=$_GET['s_d'];
$mes=$_GET['s_m'];
$ano=$_GET['s_y'];

$dia1=$_GET['s1_d'];
```

```
$mes1=$_GET['s1_m'];
```

```
$ano1=$_GET['s1_y'];
```

```
if (($dia==$dia1) AND ($mes=$mes1) AND ($ano=$ano1)){  
if (($dia>=10 AND $dia <=31) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){  
$data=$ano."-".$mes."-".$dia;}  
elseif (($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){  
$data=$ano."-".$mes."-0".$dia;}  
elseif(($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=1 AND $mes <= 9)){  
$data=$ano."-0".$mes."-0".$dia;}  
else {$data=$ano."-0".$mes."-".$dia;}  
}
```

```
$submit=$_GET['sub'];
```

```
$opcao=$_GET['pot'];
```

```
//if ($submit=="grafico"){
```

```
switch ($opcao){
```

```
case "V":
```

```
// consulta a base de dados
```

```
$sql="SELECT tensao,tempo1 FROM tc WHERE date_format(data1,'%Y-%m-%d')='$data'";
```

```
//echo $sql;
```

```
$consulta = mysql_query($sql);
```

```
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
```

```
    //var_dump($row);
```

```
    $tensaos[]= floatval($row['tensao']);
```

```
    $datas[]= $row['tempo1'];
```

```
}
```

```
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($paparentes);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($tensasos,"Serie1");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","S");
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0,"VOLT");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1200,800,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1200,700,$myData);
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1200,700,$Settings);

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
$myPicture->drawText(600,25,"TENSÃO - (V)", $TextSettings);
```

```
$myPicture->setShadow(TRUE);
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
$myPicture-
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",
FontSize"=>6));

//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
//$myPicture->drawScale($Settings);

$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
$myPicture->drawScale($Settings);

$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));

//$Config = "";
////$myPicture->drawSplineChart($Config);
//$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```

//$Config      =      array("FontR"=>0,      "FontG"=>0,      "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,  "Margin"=>6,  "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
//);
//$myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
$Config = "";

$myPicture->drawLineChart($Config);
//$Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,
"BreakB"=>26);
$myPicture->drawPlotChart($Config);

$Config      =      array("FontR"=>0,      "FontG"=>0,      "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,  "Margin"=>6,  "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
);
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);

$myPicture->stroke();
break;
case "I":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT corrente,tempo1 FROM tc WHERE date_format(data1,'%Y-%m-
%d')='$data'";
//echo $sql;
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);

```

```
$correntes[]= floatval($row['corrente']);
$datas[]= $row['tempo1'];
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($paparentes);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($correntes,"I");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","I");
//$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0," AMPÉRE");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1200,800,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1200,700,$myData);
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1200,700,$Settings);

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
```

```
$myPicture->drawText(600,25,"CORRENTE - (I)", $TextSettings);
```

```
$myPicture->setShadow(TRUE);
```

```
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
```

```
$myPicture-
```

```
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  
FontSize"=>6));
```

```
//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
```

```
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
```

```
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
```

```
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,  
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,  
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,  
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
```

```
//$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
```

```
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
```

```
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
```

```
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,  
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,  
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,  
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
```

```
$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$myPicture-
```

```
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));
```

```
// $Config = "";
// $myPicture->drawSplineChart($Config);
// $myPicture->drawLineChart($Config);

// $Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
//);
// $myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
$Config = "";

$myPicture->drawLineChart($Config);
// $Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,
"BreakB"=>26);
$myPicture->drawPlotChart($Config);

$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
);
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);

$myPicture->stroke();
break;
case "PA":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT paparente,tempo1 FROM tc WHERE date_format(data1,'%Y-%m-
%d')='$data'";
//echo $sql;
```

```

$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);
    $paparentes[]= floatval($row['paparente']);
    $datas[]= $row['tempo1'];
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($paparentes);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($paparentes,"Serie1");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","S");
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0,"VOLT-AMPÉRE");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1200,800,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1200,700,$myData);
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1200,700,$Settings);

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

```

```
$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
$myPicture->drawText(600,25,"POTÊNCIA APARENTE - (S)", $TextSettings);
```

```
$myPicture->setShadow(TRUE);
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
$myPicture-
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf","
FontSize"=>6));
```

```
// $Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
// $myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
$myPicture->drawScale($Settings);
```

```

$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));

//$Config = "";
///  

$myPicture->drawSplineChart($Config);
$myPicture->drawLineChart($Config);

//$Config      =      array("FontR"=>0,          "FontG"=>0,          "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,    "Margin"=>6,    "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
//);
$myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
$Config = "";

$myPicture->drawLineChart($Config);
//$Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,
"BreakB"=>26);
$myPicture->drawPlotChart($Config);

$Config      =      array("FontR"=>0,          "FontG"=>0,          "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,    "Margin"=>6,    "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
);
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);

$myPicture->stroke();
break;
case "PAC":
// consulta a base de dados

```

```
$sql="SELECT  pactiva,tempo1  FROM  tc  WHERE  date_format(data1,'% Y-% m-% d')='$data'";
//echo $sql;
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);
    $pactivas[]= floatval($row['pactiva']);
    $datas[]= $row['tempo1'];
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($paparentes);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($pactivas,"Serie1");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","P");
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0,"WATT");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1200,800,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1200,700,$myData);
$Settings  =  array("R"=>170,  "G"=>183,  "B"=>87,  "Dash"=>1,  "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1200,700,$Settings);
```

```

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
$myPicture->drawText(600,25,"POTÊNCIA ACTIVA - (P)", $TextSettings);

$myPicture->setShadow(TRUE);
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
$myPicture-
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",
FontSize"=>6));

//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
//$myPicture->drawScale($Settings);

$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);

```

```
$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$myPicture-
```

```
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));
```

```
//$Config = "";
```

```
///$myPicture->drawSplineChart($Config);
```

```
//$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```
//$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,  
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,  
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER  
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL  
//);
```

```
//$myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
```

```
$Config = "";
```

```
$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```
//$Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
```

```
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,  
"BreakB"=>26);
```

```
$myPicture->drawPlotChart($Config);
```

```
$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,  
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,  
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER  
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL  
);
```

```
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);
```

```
$myPicture->stroke();
break;
case "PR";
// consulta a base de dados
$sql="SELECT preactiva,tempo1 FROM tc WHERE date_format(data1,'%Y-%m-%d')='$data'";
//echo $sql;
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);
    $preactivas[]= floatval($row['preactiva']);
    $datas[]= $row['tempo1'];
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($paparentes);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($preactivas,"Serie1");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","S");
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0,"VAR");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1200,800,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,699,229,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1200,700,$myData);
```

```
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,  
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
```

```
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1200,700,$Settings);
```

```
//$myPicture-
```

```
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));
```

```
$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
```

```
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE  
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
```

```
$myPicture->drawText(600,25,"POTÊNCIA REATIVA - (Q)", $TextSettings);
```

```
$myPicture->setShadow(TRUE);
```

```
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
```

```
$myPicture-
```

```
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  
FontSize"=>6));
```

```
//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
```

```
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
```

```
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
```

```
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,  
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,  
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,  
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
```

```
//$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
```

```
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
```

```
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
```

```
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$myPicture-
```

```
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));
```

```
//$Config = "";
```

```
///$myPicture->drawSplineChart($Config);
```

```
//$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```
//$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
//);
```

```
//$myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
```

```
$Config = "";
```

```
$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```
//$Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
```

```
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,
"BreakB"=>26);
```

```
$myPicture->drawPlotChart($Config);
```

```
$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
```

```
);  
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);  
  
$myPicture->stroke();  
break;  
case "FP";  
// consulta a base de dados  
$sql="SELECT fpotencia,tempo1 FROM tc WHERE date_format(data1,'%Y-%m-%d')='$data';"  
//echo $sql;  
$consulta = mysql_query($sql);  
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){  
    //var_dump($row);  
    $fpotencias[]= floatval($row['fpotencia']);  
    $datas[]= $row['tempo1'];  
}  
//mysql_free_result($consulta);  
mysql_close();  
  
//var_dump($parentes);  
  
$myData = new pData();  
$myData->addPoints($fpotencias,"Serie1");  
$myData->addPoints($datas,"DATA");  
//$myData->AddAllSeries();  
$myData->setSerieDescription("Serie1","S");  
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);  
$myData->setAbscissa("DATA");  
  
$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);  
$myData->setAxisName(0,"P/S");  
$myData->setAxisUnit(0,"");
```

```

//$myPicture = new pImage(1000,500,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,800,300,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1000,500,$myData);
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1000,500,$Settings);

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
$myPicture->drawText(600,25,"FACTOR de POTÊNCIA - (P/S)", $TextSettings);

$myPicture->setShadow(TRUE);
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
$myPicture-
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",
FontSize"=>6));

//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
//$myPicture->drawScale($Settings);

```



```

$Config      =      array("FontR"=>0,      "FontG"=>0,      "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,  "Margin"=>6,  "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
);
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);

$myPicture->stroke();
break;
case "E":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT  pactiva,tempo1  FROM  tc  WHERE  date_format(data1,'%Y-%m-
%d')='$data'";
//echo $sql;
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){
    //var_dump($row);
    $pactivas[]=(3600* floatval($row['pactiva']))/1000;

    $datas[]= $row['tempo1'];
}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();

//var_dump($pactivas);

$myData = new pData();
$myData->addPoints($pactivas,"Serie1");
$myData->addPoints($datas,"DATA");
//$myData->AddAllSeries();
$myData->setSerieDescription("Serie1","S");
$myData->setSerieOnAxis("Serie1",0);
$myData->setAbscissa("DATA");

```

```
$myData->setAxisPosition(0,AXIS_POSITION_LEFT);
$myData->setAxisName(0,"KILOWATT/HORA");
$myData->setAxisUnit(0,"");

//$myPicture = new pImage(1000,500,$myData);
//$myPicture->drawRectangle(0,0,800,300,array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0));
$myPicture = new pImage(1000,500,$myData);
$Settings = array("R"=>170, "G"=>183, "B"=>87, "Dash"=>1, "DashR"=>190,
"DashG"=>203, "DashB"=>107);
$myPicture->drawFilledRectangle(0,0,1000,500,$Settings);

//$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>20));

$myPicture->setFontProperties(array("FontName"=>"fonts/Forgotte.ttf","FontSize"=>14));
$TextSettings = array("Align"=>TEXT_ALIGN_TOPMIDDLE
, "R"=>0, "G"=>0, "B"=>0);
$myPicture->drawText(600,25,"ENERGIA - (KWatt/Hora)", $TextSettings);

$myPicture->setShadow(TRUE);
$myPicture->setGraphArea(50,50,675,190);
$myPicture-
>setFontProperties(array("R"=>0,"G"=>0,"B"=>0,"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf","
FontSize"=>6));

//$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
//, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
//, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
//, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
```

```
"DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255, "SubTickG"=>0,
"SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
//$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$Settings = array("Pos"=>SCALE_POS_LEFTRIGHT
, "Mode"=>SCALE_MODE_FLOATING
, "LabelingMethod"=>LABELING_ALL
, "GridR"=>255, "GridG"=>255, "GridB"=>255, "GridAlpha"=>50, "TickR"=>0,
"TickG"=>0, "TickB"=>0, "TickAlpha"=>50, "LabelRotation"=>0, "CycleBackground"=>1,
"DrawArrows"=>1, "DrawXLines"=>1, "DrawSubTicks"=>1, "SubTickR"=>255,
"SubTickG"=>0, "SubTickB"=>0, "SubTickAlpha"=>50, "DrawYLines"=>ALL);
$myPicture->drawScale($Settings);
```

```
$myPicture-
>setShadow(TRUE,array("X"=>1,"Y"=>1,"R"=>50,"G"=>50,"B"=>50,"Alpha"=>10));
```

```
//$Config = "";
////$myPicture->drawSplineChart($Config);
//$myPicture->drawLineChart($Config);
```

```
//$Config = array("FontR"=>0, "FontG"=>0, "FontB"=>0,
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf", "FontSize"=>6, "Margin"=>6, "Alpha"=>30,
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER
//, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL
//);
//$myPicture->drawLegend(647,16,$Config);
$Config = "";
```

```
$myPicture->drawLineChart($Config);
//$Config = array("DisplayValues"=>1, "PlotSize"=>3, "PlotBorder"=>1, "BorderSize"=>2);
```

```
$Config = array("DisplayValues"=>1, "BreakVoid"=>0, "BreakR"=>234, "BreakG"=>55,  
"BreakB"=>26);
```

```
$myPicture->drawPlotChart($Config);
```

```
$Config      =      array("FontR"=>0,      "FontG"=>0,      "FontB"=>0,  
"FontName"=>"fonts/pf_arma_five.ttf",  "FontSize"=>6,  "Margin"=>6,  "Alpha"=>30,  
"BoxSize"=>5, "Style"=>LEGEND_NOBORDER  
, "Mode"=>LEGEND_HORIZONTAL  
);
```

```
$myPicture->drawLegend(1098,16,$Config);
```

```
$myPicture->stroke();
```

```
break;
```

```
}
```

```
//}
```

```
?>
```

**FICHEIRO DADOSAPAGAR.PHP**

```
<?php
// iniciar a sessão
session_start();

// ligar à base de dados

// credenciais de acesso à base de dados
$servidor = "localhost";
$base_dados = "bd";
$nome_administrador = "root";
$password_administrador = "";

// estabelecer ligação à base de dados
$ligacao = mysql_connect($servidor, $nome_administrador, $password_administrador) or
die ('Não foi possível ligar à base de dados');

// ativar a base de dados pretendida
mysql_select_db($base_dados, $ligacao) or die (mysql_error($ligacao));

// verificar se os campos do formulário estão preenchidos
//if (!empty($_POST) AND (empty($_POST['nome']) OR empty($_POST['password']))) {
// header("Location: login.php"); exit;
//}

// definir $username and $password
//$username=$_POST[''];
//$password=$_POST['password'];
$dia=$_GET['s_d'];
$mes=$_GET['s_m'];
$ano=$_GET['s_y'];

$dia1=$_GET['s1_d'];
```

```
$mes1=$_GET['s1_m'];
```

```
$ano1=$_GET['s1_y'];
```

```
if (($dia==$dia1) AND ($mes=$mes1) AND ($ano=$ano1)){  
if (($dia>=10 AND $dia <=31) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){  
$data=$ano."-".$mes."-".$dia;}  
elseif (($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=10 AND $mes <= 12)){  
$data=$ano."-".$mes."-0".$dia;}  
elseif(($dia>=1 AND $dia < 10) AND ($mes >=1 AND $mes <= 9)){  
$data=$ano."-0".$mes."-0".$dia;}  
else {$data=$ano."-0".$mes."-".$dia;}  
}
```

```
$submit=$_GET['sub'];
```

```
$opcao=$_GET['pot'];
```

```
//echo $submit;
```

```
if ($submit=="Ver Dados em Tabela"){
```

```
switch ($opcao){
```

```
case "V":
```

```
// consulta a base de dados
```

```
$sql="SELECT tensao FROM tc WHERE date_format(data1,'% Y-%m-%d')='$data';"
```

```
$consulta = mysql_query($sql);
```

```
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['tensao'];}
```

```
//mysql_free_result($consulta);
```

```
break;
```

```
case "I":
```

```
// consulta a base de dados
```

```
$sql="SELECT corrente FROM tc WHERE date_format(data1,'% Y-%m-%d')='$data';"
```

```
$consulta = mysql_query($sql);
```

```
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['corrente'];}
```

```
//mysql_free_result($consulta);
```

```
break;
```

```
case "PA":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT paparente FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['paparente'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "PAC":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT pactiva FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['pactiva'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "PR":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT preactiva FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['preactiva'];}
//mysql_free_result($consulta);
mysql_close();
    break;
case "FP":
// consulta a base de dados
$sql="SELECT fpotencia FROM tabeladados WHERE date_format(data,'%Y-%m-%d')='$data'";
$consulta = mysql_query($sql);
While ($row=mysql_fetch_array($consulta)){echo $row['fpotencia'];}
//mysql_free_result($consulta);
```

```
mysql_close();
    break;
case "E":
    break;
}
}
if ($submit=="Grafico"){
switch ($opcao){
case "PA":
    echo          "<img          src          =
'http://localhost/projecto/graficos/graficoPA1.php?s_d=$dia&s_m=$mes&s_y=$ano&pot=$
opcao&sub=grafico'> </img>";
    break;
case "PAC":
    echo          "<img          src          =
'http://localhost/projecto/graficos/graficoPAC1.php?s_d=$dia&s_m=$mes&s_y=$ano&pot=
$opcao&sub=grafico'> </img>";
    break;
//echo          "<img          src          =
'http://localhost/projecto/graficos/graficoPAC1.php?s_d=$dia&s_m=$mes&s_y=$ano&pot=
$opcao&sub=Ver+Dados+em+Gr%E1fico'> </img>";
}
}
if ($submit=="Apagar Registos"){
echo "c";
}

else {//caso não seja o mesmo dia mês e ano
}

?>
```