

# UTILIZAÇÃO DA PLATAFORMA GSM EM UM PROTÓTIPO DE MEDIDOR DE ENERGIA ELÉTRICA PRÉ-PAGO EM CONEXÃO COM REDES INTELIGENTES

Alcedir L. Finkler, Darlan R. Fischer

Universidade do Noroeste do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ

DETEC – Departamento de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica – Ijuí – RS

[alcedir.finkler@gmail.com](mailto:alcedir.finkler@gmail.com), [darlan\\_f@hotmail.com](mailto:darlan_f@hotmail.com)

**RESUMO:** *Esse documento apresenta o funcionamento de comunicação da tecnologia GSM aplicada em um protótipo de medidor de energia elétrica pré-pago. Resumidamente, relata o funcionamento do medidor de energia pré-pago, as características das plataformas GSM e GPRS e seus subsistemas, a conexão dos medidores eletrônicos as com redes inteligentes e suas tecnologias.*

**Palavras-chave:** *plataforma GSM, medidor pré-pago, redes inteligentes.*

## 1. INTRODUÇÃO

Muitas inovações vêm surgindo em nosso mundo moderno, e a automação de sistemas elétricos para planos de pagamento está em constante evolução. Nessas mudanças, os sistemas de energia pré-paga estão se intensificando em conjunto com os sistemas de telecomunicações. Essa nova modalidade, propicia ao usuário

uma melhor gestão do consumo de energia e também uma maior comodidade. Portanto, o foco principal desse artigo é descrever o funcionamento do sistema de telecomunicação de um medidor de energia elétrica com comunicação através da rede móvel de telefonia, ou seja, um medidor que possui uma plataforma GSM acoplada.

## 2. MEDIDORES ELETRÔNICOS

A tecnologia com medidores eletrônicos garante tanto para a concessionário como para o consumidor uma melhor exatidão em relação aos medidores eletromecânicos, também podendo oferecer informações detalhadas em relação ao consumo de energia. O medidor eletrônico oferece a tecnologia de monitoramento de dados à distância via modem, ou internet, dependendo do modelo a ser utilizado.

Através das coletas de dados, o sistema de distribuição de energia elétrica disponibilizado pela concessionária, pode ser melhor dimensionado e o consumidor ser privilegiado com uma energia de melhor qualidade, com menos variações e interrupções no fornecimento.

## 2.1 Descrição do Medidor de Energia Pré – Pago com Comunicação GSM

Um dos protótipos de medidores eletrônicos conhecido é o medidor de energia elétrica pré-pago com comunicação ao sistema de telefonia móvel. Ele possui no seu interior, um *SIM Card* acoplado, e o consumidor ao realizar uma recarga em seu número, é creditado pela concessionária com a quantia recarregada, facilitando um maior controle de seus gastos e possuindo uma maior comodidade.

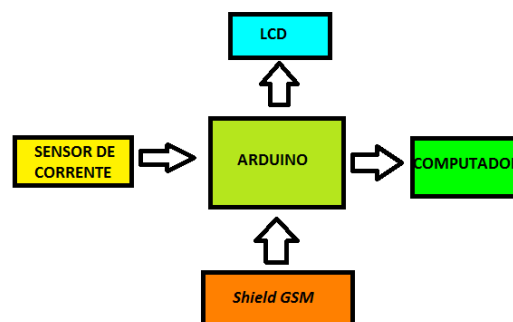
Na interface do medidor com o computador é possível visualizar informações como:

- Corrente;
- Potência;
- O consumo de kWh;
- O valor de crédito disponível;

A construção do medidor de energia é composta por um microprocessador *Arduino*, *shield GSM*,

um sensor de corrente e um display LCD.

Figura 1 - Diagrama de blocos do medidor de energia



FONTE: (PRÓPRIO AUTOR, 2015)

A utilização da comunicação sem fio é um elemento muito importante para o funcionamento do sistema, pois torna o sistema mais rápido e dinâmico. Usando a comunicação GSM é possível realizar a troca de mensagens entre a concessionária e o consumidor, além do usuário poder realizar as recargas de crédito.

O *Shield* que o medidor utiliza é um GSM/GPRS *Shield SIM 900*, ele é baseado no chip SIM900 de baixo consumo e tamanho resumido, fabricado pela empresa SIMCOM.

## 3. PLATAFORMA GSM

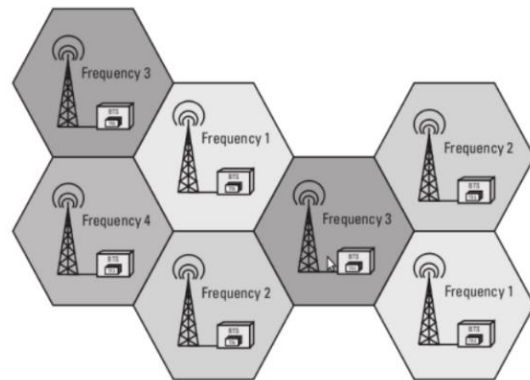
O sistema GSM (*Global System for Mobile Communications*), é um protocolo de comunicação para

dispositivos sem fio criado em 1982, e atualmente é o padrão mais popular para celulares digitais no mundo. A tecnologia GSM é considerada o primeiro sistema de celular no mundo a especificar modulação digital e arquiteturas de serviços de nível de rede, assim o GSM é conhecido como um sistema de telefonia celular da segunda geração, neste caso tecnologia 2G.

Segundo Braghetto et al. (ca. 2004), o padrão GSM foi inicialmente desenvolvido para ser um sistema pan-Europeu e prometia uma série de serviços utilizando a rede digital de serviços integrados RDSI (ou ISDN – *Integrated Services Digital Network*).

Para Liberalquino (2010), a arquitetura GSM utiliza uma estrutura celular, onde cada célula utiliza uma faixa de frequência de maneira que células vizinhas não utilizem a mesma faixa. O alcance de cada estação base é a menor possível, isso para que as frequências possam ser reusadas mais vezes.

**Figura 2 - Estrutura da rede GSM**



**FONTE: (LIBERALQUINO, 2010)**

O funcionamento do sistema GSM, é concentrado em dois conjuntos de frequências na banda dos 900 MHz. O primeiro conjunto de frequência é limitado na banda de 890 à 915 MHz, utilizando para as transmissões do terminal, já o segundo conjunto de banda é limitado entre 935 à 960 MHz, neste caso para as transmissões da rede. A frequência utilizada no método GSM é uma combinação de duas tecnologias o TDMA (*Time Division Multiple Access*) e o FDMA (*Frequency Division Multiple Access*).

A estrutura GSM possui algumas desvantagens, e uma delas é o grande custo de infraestrutura e manutenção, isso devido à grande quantidade de células que se necessita para manter uma boa conexão. Quando uma estação móvel, ou telefone celular, se desloca, ela pode sair de uma célula e migrar

para outra, sendo assim é necessário realizar uma outra conexão para a nova estação base, esse processo é conhecido como *handover*. Além disso, é necessário se manter a localização aproximada de cada estação móvel dentro de uma célula, para que se consiga entregar uma chamada realizada por outro dispositivo. Portanto, por causa dos problemas de *handover* e de localização, a estrutura se torna bastante complexa, com um grande volume de dados a ser analisados por apenas uma única central, sendo necessário várias centrais de menor porte, gerando um alto custo.

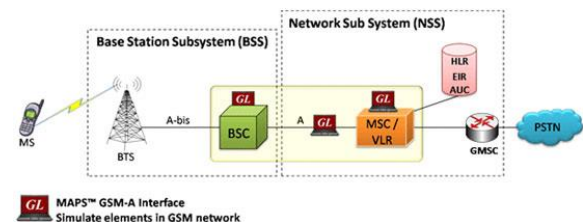
Em um sistema GSM, o usuário utiliza uma estação móvel, normalmente um aparelho celular, nela é inserido um chip SIM (*Subscriber Identity Module*), que possibilita identificar o usuário de maneira única. A identificação dos terminais, ou aparelhos, é dada através do IMEI (*International Mobile Equipment Identity*), um número de identificação único composto por 15 dígitos.

Cada cartão SIM possui um código de identificação único e secreto denominado IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*), esse código também pode ser protegido com o auxílio do código PIN, uma chave de 4 dígitos.

Nesse caso, independentemente de o usuário trocar de terminal, o cartão SIM irá identificar o usuário. A comunicação entre o usuário e a estação básica é realizada através de uma onda de rádio.

A arquitetura do sistema GSM, pode ser dividida em três subsistemas: subsistema estação rádio base (BSS - *Base Station Subsystem*), subsistema de rede e comutação (NSS - *Network and Switching Subsystem*) e o subsistema de suporte de operação (OSS - *Operation Support Subsystem*). Esses três subsistemas são conectados entre si e interagem diretamente com os usuários através de interfaces de rede.

**Figura 3 - Arquitetura GSM**



**Fonte: (GL COMMUNICATIONS INC, 2014)**

O subsistema estação rádio base (BSS), tem a finalidade de gerenciar as transmissões entre as estações móveis e a central de comutação, e também gerenciar a interface de rádio entre as estações móveis e todos os subsistemas GSM.

O subsistema de rede e comutação (NSS), é designado a gerenciar as funções de comutação do sistema e permitir que central de serviços móveis se comunique com outras redes, como rede de telefonia pública comutada.

O subsistema de suporte de operação (OSS), tem o objetivo de operação e manutenção do sistema GSM. Neste caso, os engenheiros possuem acesso ao sistema, assim podem monitorar, diagnosticar e resolver problemas, caso haja alguma falha no aspecto do sistema GSM. O subsistema OSS, interage com os demais subsistemas, assim oferece facilidade de serviços para a companhia operadora.

Atualmente, as possíveis fraudes em um sistema GSM são muito remotas, uma vez que há uma grande dificuldade em “burlar” esse sistema, isso ocorre pois se requer um alto número de equipamentos e também existe uma grande complexidade para que fraudadores usufruam desse sistema.

#### **4. PLATAFORMA GPRS**

O Serviço de Rádio Geral por Pacotes (*General Packet Radio Service* – GPRS), é um sistema que permite que sejam enviadas e recebidas informações

em forma de dados através de uma rede de telefonia móvel. O sistema GPRS complementa o sistema de telefonia móvel GSM e o serviço de envio de mensagens via telefonia móvel, SMS (*Short Message System*). Logo, com a implantação de comunicação via dados, esse sistema se tornou conhecido como sistema da terceira geração, ou 3G.

O sistema GPRS foi desenvolvido para operar os serviços de dados, utilizando como base de transmissão a comutação de pacotes, diferente do sistema GSM que utiliza como transmissão a comutação por circuitos. Na comutação por pacotes a banda é empregada de forma mais eficiente, isso ocorre pois a transmissão é dada por rajadas.

O sistema GSM e GPRS possuem várias características semelhantes, como frequência, técnicas de modulação e banda. Apesar de todas essas semelhanças, existe uma grande diferença entre os dois sistemas. No caso a cobrança por uso GPRS é realizada pela quantidade de dados (bits) usados, já no serviço GSM, a cobrança é realizada pelo tempo de conexão (segundos) gastos.

Segundo Braghetto et al. (ca. 2004), o sistema GPRS facilita o uso de diversas aplicações novas que não é possível utilizar em redes GSM devido

às limitações na velocidade de dados comutados circuito (9,6 kbps) e do comprimento de mensagem do SMS (160 caracteres). Existem dois grupos de aplicações: as verticais e as horizontais. As horizontais são aplicações voltadas para os clientes “person-to-person” incluindo as ferramentas comuns como: Web, chat, FTP (*File Transfer Protocol*), e-mails, leitor de cartão magnético. As verticais são aplicações adaptadas para resolver exigências.

Atualmente existem muitas aplicações utilizando o sistema GPRS, como:

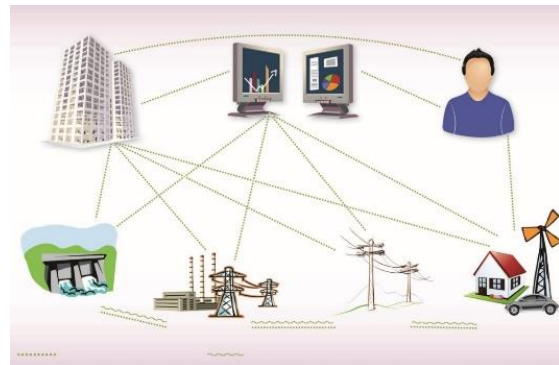
- Permite que os adeptos do sistema utilizem grupos de chat, fazendo com que pessoas possam distribuir frases simples para um grupo de pessoas;
- Serviço de informações, como textos com uma gama maior de caracteres e a inserção de gráficos e figuras;
- Gravar informações, como vídeo conferencia;
- Acesso à Web;
- Transferência de arquivos e imagens;
- Serviço de e-mail;
- Serviço de localização;

Nesse caso, existe uma vasta gama de aplicação utilizando como base o serviço GPRS, muitos ainda estão sendo desenvolvidos, e os atuais estão em constante implementação

## 5. MEDIÇÃO INTELIGENTE

Atualmente a medição inteligente vem acompanhando a nova era do setor elétrico brasileiro e mundial, onde os medidores inteligentes estão se tornando peças fundamentais para a comunicação *SmartGrid*, gerando assim uma ampla conectividade entre consumidor e concessionária principalmente.

*Figura 4 - Conectividade da medição inteligente*



**Fonte: (CEMIG, 2014)**

O novo sistema com redes elétricas inteligentes traz grandes vantagens em relação ao sistema convencional com medidores eletromecânicos, melhorando assim a

gestão e eficiência da medição, como por exemplo:

- Detecção de fraudes na rede elétrica;
- Corte e religamento remoto de energia;
- Comunicação bidirecional (consumidor e concessionária);
- Medição à distância, sem a necessidade de funcionário para realizar a medição.

O sistema de medição inteligente prevê a adoção de fatura de tarificação pré-paga de energia, possibilitando que o consumidor gerencie de uma forma mais eficaz os seus gastos com energia elétrica.

No parágrafo seguinte, a empresa Ecil Energia explica, de forma sucinta, a aplicação das redes inteligentes no funcionamento de distribuição de energia elétrica:

Segundo a empresa Ecil Energia, as redes NAN (*Neighborhood Area Network*) e WAN (*Wide Area Network*) serão a base que permitirá as concessionárias realizar a gestão no ponto de entrega, possibilitando o corte e religamento, a coleta de dados de energia, a identificação de eventos de fraude, a falta de energia em circuitos secundários e primários e outras funcionalidades ainda em fase de definição, de forma remota e instantânea. Além disso, o sistema fornece informações de gestão como perdas técnicas e comerciais por ramal, sobrecarga por circuito, desbalanceamento de fases e qualidade de energia, de forma dinâmica (Ecil Energia, 2014, pág. 3).

Neste caso, o sistema consiste basicamente na instalação de um medidor eletrônico em cada residência que interligados, trocam informações através de uma rede sem fio.

Os medidores inteligentes podem ser do modelo monofásico, bifásico e trifásico (direto e indireto), utilizados tanto para medições residenciais como para comerciais. Essa linha de medidor possui característica de utilização semelhante a de tecnologia de comunicação por rádio frequência, ou seja, cada medidor poderá operar como roteador de pacotes de outros medidores na rede de comunicação.

Neste caso, o roteamento de informações é realizado de forma dinâmica, tornando o sistema cada vez mais vigoroso, ou seja, quanto maior o número de dispositivos conectados à rede, maior será o fluxo de informações, permitindo assim o estabelecimento de diversos caminhos para o tráfego das informações.

A implantação de REIs (Redes Elétricas Inteligentes), como é conhecido atualmente no Brasil, pode ser analisado em três etapas complementares e independentes.

Segundo Bandeira (2012), na primeira etapa, as intervenções são feitas com o objetivo de agregar inteligência ao sistema de fornecimento

de energia elétrica (geração, transmissão e distribuição), promovendo robustez, segurança e agilidade na rede.

A segunda etapa, tem como finalidade a substituição dos medidores eletromecânicos convencionais pela tecnologia dos medidores eletrônicos, assim, nesse caso o consumidor possui informações sobre o seu consumo de energia, registros das faturas anteriores, indicativos da qualidade da energia fornecida pela concessionária. Já as concessionárias de energia, irão poder realizar cortes e religamentos imediatos, oferecer novas tarifas de energia elétrica (energia pré-paga), além de reduzir custos com funcionários e manutenção de rede.

Na última etapa, se pode analisar o uso da automação por parte dos consumidores, principalmente pelo emprego de eletrodomésticos interligados aos medidores, permitindo uma gestão da qualidade de energia utilizada. Além disso, também pode se ter a comunicação bidirecional da energia elétrica, através da geração de energia solar e eólica.

## **5.1 Tecnologias AMR, AMI, AMM E MDM**

Segundo Júnior e Oliveira (2012), dentro do contexto da Medição

Inteligente existem alguns termos que devem ser explorados para melhor entendimento da evolução deste conceito que são Leitura Automática do Medidor (AMR), Infraestrutura de Medição Avançada (AMI), Gerenciamento Avançado do Medidor (AMM) e Gerenciamento de Dados do Medidor (MDM).

### **5.1.1 Tecnologia AMR**

Atualmente o método do serviço de leitura envolve gastos operacionais, com pagamento de funcionários, transporte e material de trabalho. Apesar de ser um sistema eficaz, é trabalho manual que se torna lento, além de ter possibilidades de erros nos registros de informações.

Nesse caso, a medição remota de consumo, conhecida como Leitura Automática do Medidor (AMR), é uma tecnologia promissora para as concessionárias de energia elétrica.

Segundo Fernandes (2006), implantar um sistema automático para a leitura do consumo permite o conhecimento da curva da demanda, a identificação precisa da frequência e duração das falhas no fornecimento (FEC e DEC) e o corte e religação remotos de clientes inadimplentes.



Assim, a empresa pode melhorar seu desempenho e aumentar o lucro final.

No sistema AMR os medidores de energia se comunicam eletronicamente a uma central local. Essa central pode ser um computador que é responsável por fazer o armazenamento e o processamento das informações do consumo de todos os medidores conectados ao mesmo barramento.

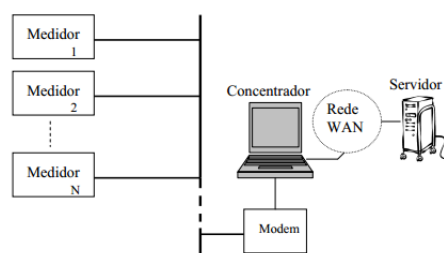
Em um sistema AMR podem ser utilizados medidores eletromecânicos convencionais, sem que haja a necessidade da substituição por outro tipo de medidor. Nesse caso, é necessário o desenvolvimento de um circuito eletrônico para monitorar o medidor eletromecânico e armazenar as suas informações de consumo. O dispositivo acoplado no medidor eletromecânico envia os dados para a central local. Essa solução se torna interessante uma vez que a empresa utiliza os medidores já adquiridos, evitando assim gastos maiores na troca por novos medidores.

Uma outra alternativa, seria a troca dos medidores eletromecânicos por eletrônicos. Nesse caso, o sistema de comunicação e monitoramento eletrônico do consumo de energia já estaria acoplado dentro do circuito do medidor.

Segundo Fernandes (2006), na topologia AMR, cada medidor deve possuir um endereço distinto para que possa ser identificado na linha. Por exemplo, todos os medidores deverão estar conectados através de uma rede comum a um mesmo computador que deverá realizar pedidos regulares de leitura dos totalizadores e armazenar estes dados.

A Figura 5 mostra a conexão de uma unidade local com os demais medidores.

**Figura 5 - Conexão entre medidores e unidade local**



**Fonte: (FERNANDES, 2006)**

Após agrupar as informações de consumos coletadas em um único ponto, as mesmas devem ser enviadas a um servidor da companhia de distribuição de energia através de uma rede interna privada ou uma rede pública, como a Internet. Assim, as informações de consumo dos clientes são armazenadas em banco de dados e são utilizadas pelo sistema de cobrança da distribuidora. Nesse caso, a concessionária possui um

ponto, onde o monitoramento de consumo e de cobrança é realizado de forma automatizada.

### **5.1.2 Tecnologia AMI**

O sistema de Infraestrutura de Medição Avançada (AMI) é um aprimoramento do sistema AMR, nesse caso existe um fluxo de dados duplo entre o medidor inteligente instalado na residência e o Centro de Controle de Medição da fornecedora de energia.

No parágrafo seguinte, pode-se ter uma explicação sucinta da atuação do sistema AMI:

Segundo Júnior e Oliveira, além de atuar no processo de geração de fatura, este sistema analisa a demanda de energia na unidade consumidora podendo atuar diretamente sobre dispositivos do consumidor, principalmente em períodos de pico, ou estimulando a participação ativa do consumidor através da sinalização do preço da energia no display da interface de controle através do conceito “preço em tempo real” (dinâmica de preços), configurando o controle pelo lado da demanda. (JÚNIOR E OLIVEIRA, 2012, pág. 9)

### **5.1.3 Tecnologia AMM**

O sistema de Gerenciamento do Medidor Avançado (AMM), tem como função permitir o gerenciamento e o controle de vários medidores eletrônicos, fazendo com que a concessionária possa atuar sobre eles. Nesse caso o medidor eletrônico deixa de ser um dispositivo passivo e passa ser um equipamento ativo na rede,

garantindo assim uma maior credibilidade e segurança no tráfego de informações entre o medidor eletrônico e o centro de controle de e medição.

Segundo Júnior e Oliveira (2012), esta configuração também poderá permitir, além da geração remota da fatura, que a concessionária de energia elétrica realize o desligamento e o religamento remoto dos medidores, o que representará a menor necessidade de atuação de equipes no campo.

### **5.1.4 Tecnologia MDM**

Segundo Júnior e Oliveira (2012), o Gerenciamento de Dados de Medidor (MDM), possibilita a aquisição de dados adicionais tais como fator de potência (FP), duração de interrupção por unidade consumidora (DIC), frequência de interrupção por unidade consumidora (FIC), duração máxima de interrupção por unidade consumidora (DMIC), além de supervisionar e controlar grupos de medidores inteligentes, possibilitando dessa forma a atualização de firmware remotamente, garantindo a segurança da análise dos dados e o trânsito seguro das informações.

Portanto, o projeto de uma rede com medição inteligente, tem seu início com a instalação de medidores eletrônicos nas residências dos

consumidores, permitindo assim a leitura automática do consumo por parte da concessionária de energia elétrica, até a instalação de um sistema que conecta o medidor da unidade consumidora com a rede de distribuição de energia da concessionária.

## 6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir, que a utilização da plataforma *GSM*, em medidores eletrônicos de energia, permite um monitoramento de informações à distância de forma eficiente. Além disso, utilização da tecnologia *GSM* se dá pela segurança que oferece, pois utiliza uma proteção via criptografia para impedir que dados dos usuários sejam indevidamente interceptados.

O sistema de redes elétricas inteligentes com comunicação *GSM* traz grandes vantagens, tanto para a concessionária como para os consumidores. Atualmente, as possíveis fraudes em um sistema *GSM* são muito remotas, uma vez que há uma grande dificuldade em “burlar” esse sistema.

A medição inteligente consiste na instalação de um medidor eletrônico em cada residência que interligados,

trocam informações através de uma rede sem fio.

Neste caso, o roteamento de dados é realizado de forma ativa, tornando o sistema cada vez mais robusto, ou seja, quanto maior o número de dispositivos conectados à rede, maior o fluxo de informações, permitindo o tráfego de dados por diversos caminhos.

## REFERÊNCIAS

BANDEIRA, Fausto de Paula Menezes. **Redes de Energia Elétrica Inteligente (Smart Grids)**. Nota Técnica. Consultoria Legislativa, 2012. Disponível em: <[http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2012\\_7872.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2012_7872.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2015.

BRAGHETTO, Luis Fernando B. et al. **Redes GSM e GPRS**. Monografia UNICAMP, [ca. 2004]. Disponível em: <<http://www.braghetto.eti.br/files/Trabalho%20Final%20GSM.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2015.

CEMIG. **O QUE SÃO AS REDES INTELIGENTES DE ENERGIA**. Notícia, 2014. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade)>

de/nossos\_programas/Redes\_Inteligentes/Paginas/as\_redes\_inteligentes.aspx>. Acesso em: 25 mar. 2015.

ECIL Energia. **Medição Inteligente**. Informativo, 2014. Disponível em: <<http://www.ecilenergia.com.br/download/Medidores.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2015.

FERNANDES, Paulo Gentil Gibson. **Medidor Eletrônico de Consumo de Energia Elétrica**. Monografia UFRJ, 2006. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10002468.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

FERREIRA, Nuno António Dias. **Sistema de contagem de energia eléctrica baseado em tecnologia GSM**. Monografia Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2011. Disponível em: <[repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61507/1/000148272.pdf](http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61507/1/000148272.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2015.

GL COMMUNICATIONS. **VoIP Analysis and Simulation – MAPS**. Disponível em: <<http://www.gl.com/maps-gsma.html>>. Acesso em: 21 mar. 2015

LIBERALQUINO, Diego. **Desenvolvimento de Plataforma de Comunicação GSM/GPRS para Sistemas Embarcados**. Monografia, UPE, 2010. Disponível em: <[tcc.ecomp.poli.br/20102/diegotcc.pdf](http://tcc.ecomp.poli.br/20102/diegotcc.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2015.

OLIVEIRA, Rafael Deléo; JÚNIOR, José Carlos de Melo Vieira. **Benefícios e Desafios de Redes Inteligentes**. Revista eletrônica de energia UNIFACS, 2012. Disponível em: <[www.revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/download/1609/1531](http://www.revistas.unifacs.br/index.php/ree/article/download/1609/1531)>. Acesso em: 02 abr. 2015.