



Pedro Antônio da Silva Borges¹
Carlos Francisco Soares de Souza²
Luis Gustavo Fernandes dos Santos³

RESUMO

Este Trabalho busca desenvolver um medidor de baixo custo de energia capaz de enviar dados para um servidor web, onde o mesmo disponibiliza os dados coletados aos usuários de uma forma mais didática e agradável para o usuário, sendo que o mesmo pode acompanhar o seu consumo em tempo real e ter acesso a informações de determinados períodos onde o mesmo desejar para fazer a leitura dos dados de qualquer lugar onde tenha acesso a rede web, valor que cada equipamento consome de energia. Com estas informações, é possível que o usuário possa mudar sua forma de consumo, diminuindo custos e racionalizando seu consumo, pois uma vez que se consiga diminuir o consumo de energia, não se esgota os recursos naturais disponíveis para sua produção.

Palavras-chave: *medidor de energia, consumo real, visualizar dados*

1 INTRODUÇÃO

A. Motivação

Dada a necessidade de se conhecer o real consumo de energia elétrica dos equipamentos de uma residência e a capacidade de prever surtos de energia⁴ dentro da unidade consumidora.

Atualmente não existe forma de medição que possibilite ao consumidor residencial ter acesso ao seu histórico de consumo em tempo real para que seja possível a realização de uma análise do comportamento de seu consumo.

Desta forma, se o consumidor desconfiar ou tiver dúvidas quanto ao seu consumo excessivo, ou ainda, supor que o medidor individual esteja avariado ou com problemas no registro de seu consumo, ele não possui um parâmetro para comparação com a leitura atual do leitor do medidor, restando apenas como procedimento solicitar para a concessionária de energia uma verificação eventual de seu equipamento de medição, que será aferido em campo por um equipamento de precisão⁵, como o FRATELO, que pode ser visto na imagem 2, utilizado pela concessionária de energia CEEE[1], que é um equipamento capaz de assumir a configuração de qualquer medidor de energia, eletrônico ou eletromecânico, e é utilizado para inspeção de medidores.

¹ Instituto Federal do Sul-rio-grandense – Campus Charqueadas - Autor

² Instituto Federal do Sul-rio-grandense – Campus Charqueadas - Orientador

³ Instituto Federal do Sul-rio-grandense – Campus Charqueadas - Coorientador

⁴ Surto de energia: também conhecido por o curto-circuito, é a passagem de corrente elétrica acima do normal em um circuito. Ocorre devido à redução abrupta da impedância deste, e geralmente provoca danos tanto no circuito elétrico como no elemento que causou a redução de impedância.

⁵ Equipamento de precisão: é um equipamento que devido as suas melhores características físicas e elétricas, suas edições são mais precisas.

> Monitoramento individual de consumo de energia elétrica



2018 | Volume 1 | Nº 1

Nesta inspeção, o equipamento de precisão é ligado paralelamente e programado com as mesmas características ao medidor da residência a ser inspecionado, e aferirá, no local, o consumo instantâneo de acordo com o modelo do medidor do cliente, atestando somente se o medidor de energia está fazendo as medições corretas e com percentuais de erros toleráveis, o que limita muito a amplitude de leitura, coletando pequenas amostras de um momento em específico em que o consumo é registrado, porém sem qualquer continuidade que possa dar uma real noção de consumo para o cliente.

Figura 1. Imagem alicate voltamperímetro



Fonte: V. Equipamentos, "Alicates voltamperímetros," Vórtex Equipamentos, 2018, acessível em: <http://vortex.com.br/alicatestodos.html> Acesso em : 08/2018

Figura 2. FRATELO, medidor de aferição em campo



Fonte: P. análise em energia elétrica, "Medidor de inspeção de campo," Preditiva análise em energia elétrica, 2018, acessível em: <http://preditiva.eco.br/tecnologia.php> Acesso em: 08/2018.

> Monitoramento individual de consumo de energia elétrica



2018 | Volume 1 | Nº 1

Contudo, se ainda assim o cliente não estiver satisfeito com a aferição realizada em campo, o mesmo pode solicitar aferição com laudo a ser realizada pelo INMETRO⁶, sendo necessário a substituição do equipamento de medição para que o mesmo possa ser encaminhado ao mesmo.

Importante notar que, será verificado se o medidor está cumprindo seu papel corretamente, ou seja, ele está medindo a energia que efetivamente passou por ele, independente de sua origem ser de consumo regular ou curto-circuito, proveniente de um aterramento de tomada ou da perda de isolamento de um condutor interno de energia, o que pode representar algo extremamente perigoso, pois além de gerar um consumo excessivo pode ser um foco de incêndio eminente.

Adicionalmente, existe outro equipamento que pode ser utilizado para medir o consumo instantâneo do medidor, o alicate volt-amperímetro³, que mostra o consumo no momento em que está sendo lido.

Note que, tanto o FRATELO quanto o alicate voltamperímetro, não possuem a capacidade de armazenar leitura para utilização em momento posterior a aferição.

Um dos problemas no pedido de aferição da medição de consumidores domésticos é que os equipamentos disponíveis atualmente no mercado não são capazes de detectar um curto-circuito na rede interna da residência, que normalmente pode passar despercebido e que pode ser o gargalo de um consumo excessivo.

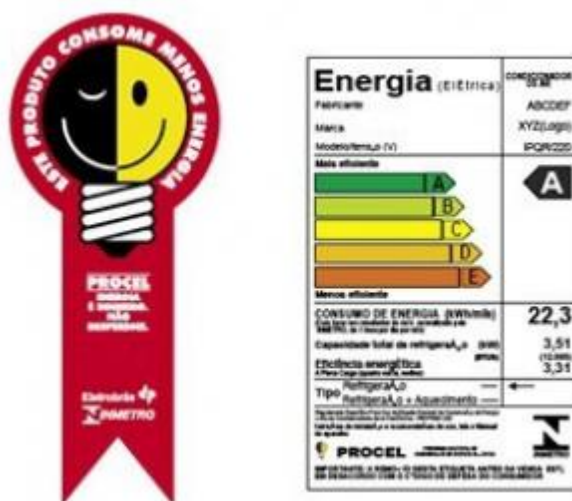
Outra informação relevante para uma estimativa de consumo é o selo PROCEL de Economia de Energia³⁷ que vem fixado em equipamentos novos, e traz uma expectativa aproximada de consumo do equipamento, levando em consideração o fato de que o mesmo equipamento pode ter um comportamento diferente se a fiação da residência onde ele for instalado não estiver com a mesma integridade ou aproximada do ambiente controlado no qual foi testado, conforme Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica 2018[2].

⁶ INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia. É uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, com a missão de prover confiança à sociedade brasileira nas medições e nos produtos, por meio da metrologia e da avaliação da conformidade, promovendo a harmonização das relações de consumo, a inovação e a competitividade do País.

⁷ Selo PROCEL de Economia de Energia ou simplesmente Selo PROCEL: Tem como finalidade ser uma ferramenta simples e eficaz que permite ao consumidor conhecer, entre os equipamentos e eletrodomésticos à disposição no mercado, os mais eficientes e que consomem menos energia.



Figura 3. Selo Procel de consumo de Energia.



Fonte: P. nacional de conservação de energia elétrica, "Selo procel de economia de energia," Programa nacional de conservação de energia elétrica, 2015, acessível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC7D> Acesso em: 08/2018.

Figura 4. Distribuição de energia através de redes - ABRADEE.



Conhecer o seu consumo e a possibilidade de monitoramento em tempo real, é um recurso contra um novo comportamento por parte das distribuidoras de energia, outrora utilizado em consumidores de alta tensão, agora também em consumidores domésticos, com foco principalmente na arrecadação e no controle da demanda em horários de pico⁸, independente do porte.

⁸ Horário de pico: período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia elétrica tende a ser maior



Esta abordagem tem sido mais sentida pelos clientes domésticos, que cada vez mais percebem um aumento no valor do *kilowatt-hora*⁹ em decorrência dos custos de energia consumida, podendo ainda ser mais sentida com a implantação da tarifa branca de consumo¹⁰, regulamentada pela ANEEL[3].

Figura 5. Tarifa de consumo de energia sem tributação da empresa CEEE-D

Tarifas e Custos dos Serviços

Vigentes a partir de 21/12/2017, conforme Resolução Homologatória ANEEL nº 2.361/2017.



Tarifas de Energia Elétrica Baixa Tensão - em R\$/kWh sem impostos

Subgrupo	Classe	Alíquota ICMS	Valor kWh			
			Modalidade Convencional	Modalidade Horária Branca		
				Ponta	Intermediário	Fora Ponta
B1	Residencial Baixa Renda até 30 kWh	Até 50 kWh	0,163177	Não se aplica		
	Residencial Baixa Renda 31-100 kWh	12%	0,279732			
	Residencial Baixa Renda 101-220 kWh	Acima de 50 kWh	0,419598			
	Residencial Baixa Renda acima de 220 kWh		0,466220			
	Residencial Convencional	30%	0,505420	0,948080	0,615330	0,428300
B2	Rural Sem CPR	30%	0,353790	0,641470	0,417410	0,295370
	Rural Com CPR	Diferido	0,141516	Não se aplica		0,118148
	Rural Irrigante/Hor. Especial (Art.107 REN 414)					
B3	Industrial - Reconhecido pela SEFAZ-RS	18%	0,505420	1,003550	0,648610	0,439390
	Industrial	30%				
	Comercial					
	Poder Público					
	Serviço Público					
B4	Iluminação Pública - Rede de distribuição	20%	0,277980	Não se aplica		

A necessidade de se ter ciência do real consumo e da forma como se lida com o comportamento social reflete diretamente na conta de energia, conforme tarifações das concessionárias como a CEMIG[4] e CEEE[1], tendo este trabalho o caráter de mapear o real consumo dos equipamentos de uma residência, para que os dados coletados possam servir de parâmetros em comparação a dados específicos e possam auxiliar na tomada de ações que possibilitem um melhor controle da eficiência energética residencial conforme Andreoli[5], que pode ser desde a propensão a um comportamento da unidade consumidora para a aquisição de uma unidade microgeradora de energia, a opção pela troca por equipamentos mais eficientes e, ainda, o monitoramento em tempo real do consumo dos equipamentos elétricos.

B. Justificativa

Considerando os aspectos apresentados na I-A, o monitoramento em tempo real do consumo elétrico de equipamentos de uma residência é uma atividade de grande importância, pois pode ajudar a identificar situações de risco.

Entretanto, o alto custo dos equipamentos citados anteriormente não justificariam a aquisição, uma vez que não possibilitam a realização do monitoramento do consumo, apenas a medição, uma vez que são equipamentos utilizados para fins de inspeção em equipamentos de medição e serviços realizados por concessionárias de energia elétrica.

⁹ Kilowatt-hora (kWh) é unidade de medida de energia em função do tempo, em horas

¹⁰ Tarifa branca de consumo: é a cobrança de kWh de uma forma diferenciada para consumidores de baixa tensão. Consiste em três horários específicos para a análise e cobrança de consumo.

> Monitoramento individual de consumo de energia elétrica



2018 | Volume 1 | Nº 1

O monitoramento e armazenamento do consumo dos equipamentos trazem o benefício de possuir informações históricas de consumo, tanto dos equipamentos quanto dos usuários da residência, o que podem conduzir a uma readequação do comportamento de consumo dos usuários quando necessário, ou ainda, a troca de equipamentos por outros com consumo menor.

Todas estas informações podem ser apresentadas ao usuário de forma organizada e interativa ao usuário através de uma interface mais amigável do que a fatura impressa, e que pode, ainda, ser disponibilizada através da internet, para ser acessada em qualquer lugar do mundo. Adicionalmente, a partir das informações de preço do kilowatt-hora, presente em contas de energia ou diretamente com as concessionárias, o consumidor pode acompanhar o valor real de sua fatura de forma de forma antecipada.

Por último, mas não menos importante, a evolução da tecnologia relacionada a microcontroladores permitem a construção deste protótipo com custo baixo, o que torna o projeto mais interessante.

C. *Objetivos*

Objetivo Geral. O presente trabalho pretende possibilitar às pessoas conhecer e monitorar, em tempo real, o consumo de energia elétrica de seus equipamentos eletroeletrônicos residenciais, a fim de identificar situações de risco e aumento indesejado de consumo de energia elétrica.

Objetivos Específicos.

- Construir um protótipo de medidor que leia o consumo de energia.
- Gerar informações sobre o consumo de energia para o cliente nas condições de sua residência em tempo real.
- Disponibilizar as informações via wifi.
- Ter capacidade de identificar surtos de energia no momento em que ocorrem podendo causar gastos elevados na conta de energia.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

No cenário do consumo de energia residencial, é possível observar trabalhos em trabalhos de medições de energia com grande similaridade, nos quais possuem componentes semelhantes aos propostos neste trabalho para disponibilizar ao cliente o seu consumo de energia, contando com centrais que coletam os dados das medições de consumo de energia e disponibiliza para o cliente em uma rede interna que podem ser acessada através de uma rede web disponível, contudo esta preocupação já é pertinente a utilização de energia, como na pesquisa onde mais de 90 por cento dos consumidores optariam por uma forma de aferimento que pudesse discriminar o consumo e adicionalmente 95 por



cento dos entrevistados relataram que agiriam de uma forma mais econômica com relação ao consumo de energia elétrica se fosse detalhada por equipamento, conforme Rodrigo Rovere [6].

Uma outra mostragem desta tecnologia que se propõem a produzir um protótipo de baixo custo capaz de medir o consumo de uma residência e disponibilizar para o cliente um consumo com seus respectivos valores monetários o mais próximo dos medidores comerciais que estão em nossas residências, pois se visualiza consumo de energia como despesa em tempo real e muito menos o impacto ambiental. Devido à falta de consciência e preocupação com esse assunto, o consumo de forma eficiente parece ser um objetivo difícil de se alcançar, e com esta proposta se desenvolve o trabalho dos Engenheiros Elétricos Alysson Pericotty, Fernanda Ciniello e Gustavo Grzybowski (2016,p.11)[7]

Com um proposta semelhante, o engenheiro Elétrico Franciel de Freitas(2016,p.11)[8] desenvolve seu trabalho baseado na preocupação com o crescimento no consumo de energia imprime na pressão esgotante sobre os recursos naturais empregados em sua geração, e com este perfil, a relação e a disponibilização de dados através de protótipos construídos a baixo custo e disponibilizando através de um servidor web para o consumidor consultar seu histórico de leitura pode ser uma alternativa para mudar o comportamento dos usuários, tornando o conceito de medições inteligentes¹¹ mais atrativas e simples do que as concessionárias adotam agora estando direcionado aos consumidores residenciais.

3 DESENVOLVIMENTO

O presente trabalho está sendo realizado através da montagem de um ambiente controlado para que se possa fazer os testes de medições, tendo um parâmetro de comportamento dos dados que serão tratados no *web service*. Este ambiente foi criado contendo quatro partições com três pontos de entrega de energia, sendo eles duas tomadas e um suporte para lâmpadas, onde pode ser efetivamente feita uma comparação de consumo nestes distintos pontos de entrega de energia onde será ligado um protótipo que fará a medição da entrada total de energia do ambiente controlado, quando for requerido ele começará a enviar os dados para o servidor que armazenará e tratará os dados para que seja disponibilizado ao cliente com uma forma mais aceitável e simples de leitura, conforme abaixo a construção do ambiente controlado com os respectivos pontos de entrega de energia.

Para o desenvolvimento do hardware do protótipo, cogitou-se a utilização de um microcontrolador Arduino e *shields*¹² para medição de corrente e conexão com a internet. Um dos requisitos para a escolha do microcontrolador é a existência de portas analógicas, para que a medição de corrente pudesse ser realizada. No decorrer das pesquisas para a escolha deste hardware, deparou-se com o

¹¹ Medição Inteligente: Conjunto de medições que enviam dados para uma central que processa e controla o consumo de clientes, podendo gerar relatórios com uma maior precisão de informações a qualquer momento

¹² Arduino: placa composta por um microcontrolador Atmel, circuitos de entrada/saída e que pode ser facilmente conectada à um computador e programada via IDE (Integrated Development Environment, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado) utilizando uma linguagem baseada em C/C++, sem a necessidade de equipamentos extras além de um cabo USB.



módulo ESP8266 NodeMCU, que se trata de um Arduino já com conexão à internet sem fio integrado, e que apresentava uma porta analógica, suficiente neste momento, contra cinco do Arduino Uno.

Serão desenvolvidos os protótipos contendo sensores de medição de corrente elétrica e um dispositivo que faz a conexão com a internet e envia os dados para um servidor com certo intervalo programável.

Figura 6. Ambiente controlado em fase de construção



Fonte: Aatoria Própria

Para a criação deste protótipo serão utilizados:

- **ESP 8266 nodeMCU:** plataforma open-source para desenvolvimento e conexão com a internet.
- **Resistor de Precisão:** um resistor de precisão de 165 oms,
- **Resistor:** um resistor de 12 koms,
- **Diodo:** um diodo,
- **display:** um display LCD 16x2
- Ter capacidade de identificar surtos de energia no momento em que ocorrem podendo causar gastos elevados na conta de energia.



Figura 8. Transformador de corrente 100A sct-013



Fonte: "Filipeflop, "Medidor de corrente não invasivo com Arduino," Filipeflop loja virtual, 2018, acessível em: <https://www.filipeflop.com/blog/medidor-decorrente-sct013-com-arduino/> Acesso em: 08/2018."

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No estágio atual do desenvolvimento deste trabalho, já é possível a realização da medição de corrente elétrica individual de um equipamento em uma tomada, possibilitando em um próximo momento o cálculo do consumo total da residência, para disponibilização em uma ferramenta web de visualização de dados.

Também neste momento, conseguiu-se fazer o protótipo se conectar e se comunicar com um *web service* de teste, o que nos leva a próxima etapa deste trabalho, que é o desenvolvimento do serviço web intermediário entre o protótipo de medição e a ferramenta de visualização. Serviço este que será responsável por receber os dados de cada protótipo medidor e enviar para o banco de dados da aplicação.

Adicionalmente a construção deste dispositivo, se observou a necessidade de construir um ambiente que pudesse simular o consumo de energia de uma residência em um ambiente pequeno e compacto, o que nos levou a realizar uma nova fase no projeto, como realmente saber o que o dispositivo é capaz de poder medir e como ele se comporta com o consumo de uma residência.

Com o ambiente construído, partimos para a conclusão do protótipo de medição, o qual contou com uma jornada que dificultou muito a elaboração do componente, pois não somente se tratando da programação do microcontrolador, mas sim a prototipação com relação a ligação dos componentes, o qual demandaram um determinado passeio pela planície da eletrônica, com uma série de elaborações e tentativas para calcular com uma maior proximidade os resistores que atuavam no circuito do Arduino, para poder fazer a ligação do mesmo e poder medir as correntes e tensão respectivas com uma precisão mais próxima do real possível, o que nos fez contar com cálculos utilizados para poder cercar a Lei de

> Monitoramento individual de consumo de energia elétrica



2018 | Volume 1 | Nº 1

Ohm¹³ e trazer uma leitura de nosso transformador de corrente mais precisa, utilizando a fórmula mais conhecida como:

$$V = IR \quad (1)$$

$$I = V/R \quad (2)$$

$$R = V/I \quad (3)$$

Onde denota-se que a lei de Ohm pode ser reescrita de três maneiras para calcular corrente, resistência e tensão onde se uma corrente I deve fluir através de uma resistência R , a tensão V pode ser calculado, conforme equação 1.

Se há uma tensão V através de uma resistência R , uma corrente flui através dele pode ser calculada através da equação 2.

Contudo, quando uma corrente I flui através de um resistor, e se tiver uma tensão V através da resistência R pode ser calculado pela equação 3.

Estes fatores tornaram a construção do protótipo do medidor bem interessantes, pois foi onde se teve uma maior dificuldade pois os cálculos a serem realizados através deste contexto um tanto prático, foi um grande aprendizado para poder calibrar e acertar o projeto de uma forma linear, levando-se em conta o fator de se tomar como alimentação de nosso Arduino uma corrente de 2,5 volts, uma corrente de 70,5mA, onde não se poderia ter uma corrente direta de 50mA pois a porta analógica não consegue ler corrente alternada, mas sim corrente contínua, e isso levou a necessidade de conversão da corrente através do cálculo 4

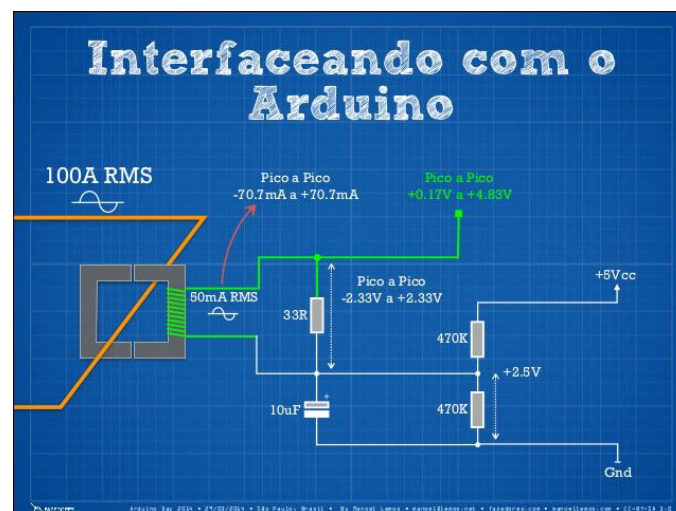
$$V = I \times R, \text{ o que denota-se } V = 50\text{mA} \times R = 70,5\text{mA} \quad (4)$$

Onde foi possível poder calcular a resistência necessária para que o circuito pudesse ser medido, através das mesmas equações 3, onde se coloca os valores de tensão onde se define 2,5 pois é a voltagem que vai alimentar o Arduino, e 70,5mA que é a corrente que irá ser lida de forma contínua, trazendo como resultado uma resistência de 33 oms, que com esta resistência foi possível poder elaborar o circuito de medição de nosso Arduino, utilizando além disso dois resistores de 10k para fazer um divisor de corrente e um capacitor.

¹³ Lei de Ohm: para um condutor mantido à temperatura constante, a razão entre a tensão entre dois pontos e a corrente elétrica é constante. Essa constante é denominada de resistência elétrica.



Figura 9. Ambiente de ligação o Arduino



Fonte: "M. Lemos, "Arduino day 2014," In SlideShare, 2014, acessível em: <https://pt.slideshare.net/mlemos/energy-monitorarduino2014reduced> Acesso em: 08 2018."

5 CONCLUSÃO ES E TRABALHOS FUTUROS

Até o presente momento, concluiu-se que o microcontrolador Arduino é uma ferramenta que possibilita uma infinidade de aplicações através de seus *shields* de expansão, e que sua curva de aprendizado é suave, mesmo aos profissionais sem prévio conhecimento técnico.

O opção pelo web service abre um horizonte de possibilidades ao projeto, permitindo a expansão em momentos futuros, como o desenvolvimento de um aplicativo móvel para controlar as tomadas elétricas residenciais, independente da localização, podendo fazer com que a internet das coisas IoT¹⁴ torne-se a cada dia mais presente nas atividades cotidianas, o que já está acontecendo, e a interação destas tecnologias estão ampliando-se além dos setores mais comuns e conhecidas como os setores da indústria e da tecnologia, as produções primárias de alimentos, no setor agrícola, no setor automobilístico, e este momento nos leva a repensar o quanto importante é e está sendo a interação da internet das coisas na vida do ser humano e de nossas capacidades de conhecimento, produção e até mesmo na melhoria de nosso comportamento perante a necessidade de interagirmos cada vez mais com o ambiente em que estamos inseridos de uma forma mais racional e menos invasiva.

¹⁴ IoT: este conceito permite a supervisão de locais remotos, alimentando informações constantemente em aplicativos e armazéns de dados.



REFERÊNCIAS

- [1] CEEE, "Ceee: valores e consumo de serviços." [Online]. Available: <http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/Tarifas B-2017-12 26152.pdf>
- [2] P. N. de Conservação de Energia Elétrica, "Selo procel de economia de energia." [Online]. Available: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?Team=7B505FF883-A273-4C47-A14E-0055586F97FC7D>
- [3] ANEEL, "Aneel:." [Online]. Available: <http://www.aneel.gov.br/> [4] Cemig, "Cemig: valores e consumo de serviços." [Online]. Available: http://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx
- [5] A. L. ANDREOLI, Controlador de demanda e fator de Potência de baixo custo para unidades consumidoras de energia elétrica. Bauru, São Paulo.: DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO UNESP, 2005.