



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO**

**EDITAL Nº 013/2017-GDG-PROAPA**

**MONITORAMENTO E CONTROLE IOT DE CONSUMO DE CARGAS E DE  
MICROGERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO IFCE - CAMPUS MARACANAÚ**

**ÁREA TEMÁTICA 2 – INTERNET DAS COISAS E ENERGIA**

**Maracanaú,  
Janeiro de 2018**

## 1. INTRODUÇÃO

Não há dúvida de que a eletricidade é um fator-chave do progresso da humanidade. De fato, para manter nosso modo de vida e o desenvolvimento econômico da nossa sociedade, é necessário um contínuo acesso à eletricidade a um preço compreensível. Baseadas em princípios de Internet das Coisas, a implementação de novas tecnologias de Redes Elétricas Inteligentes (REI) permitirá otimizar operações da infraestrutura da rede elétrica, melhorar a eficiência energética e apoiar o desenvolvimento de novos modelos baseados em geração descentralizada (GD) de eletricidade. A tecnologia de *REI* é o fator chave para o uso eficiente dos recursos distribuídos de energia. Considerando o aumento de consumo de energia elétrica nos últimos anos e o crescimento da poluição ambiental, o desenvolvimento de sistemas de geração de energias renováveis vem aumentando significativamente (PHUANGPORNPIITAK e TIA, 2013). No entanto, para alcançar a comercialização e uso generalizado destes sistemas, é necessário uma estratégia eficiente de monitoramento e gerenciamento de energia. Com a aplicação das *REI* na atual malha energética, haverá mudanças que tornarão a rede elétrica mais adaptável, permitindo a interligação dos equipamentos eletrônicos inteligentes (*IED - Inteligente Electronic Device*), descentralizando a rede e tornando o sistema cada vez mais distribuído.

A crise hídrica em que a Região Nordeste do Brasil está enfrentando é outro ponto de grande atenção. A energia elétrica no Brasil é principalmente fornecida por usinas hidrelétricas. Dessa forma, nestes momentos de crises, outras formas de geração precisam ser pesquisadas, implementadas e descritas para propiciar a difusão real dessas tecnologias e a integração com futuras REI. Uma forma de lidar com esse o problema é a instalação de outras fontes renováveis de energia para diversificação da matriz, impulsionando assim a implantação de sistemas de GD (LOPES *et. al.*, 2015). Os principais problemas relacionados com a implementação de uma rede de comunicação com suporte à GD são a escalabilidade e a segurança. O projeto de um sistema distribuído escalável é de alta complexidade, considerando que rede de controle e monitoramento tem que ser suficiente para atender as demandas do sistema elétrico e garantir a qualidade de serviço (MÜLLER *et al.*, 2012).

O desenvolvimento de novas fontes de geração de energias renováveis combinado com o monitoramento e controle utilizando IoT vem tornando a GD particularmente acessível e integrável com futuras REI. As *REI* são uma solução inovadora para as redes elétricas que proporcionam uma arquitetura integrada para todos os componentes do sistema, incluindo geração, transmissão e distribuição. Essa arquitetura é fortemente baseada nas redes de telecomunicações com vantagens

inerentes, tais como uma maior eficiência e confiabilidade para o sistema, permitindo também a comunicação entre dispositivos inteligentes (LOPES et al., 2012).

Para adicionar inteligência às infraestruturas existentes, novos equipamentos e dispositivos digitais estão sendo desenvolvidos com o objetivo de complementar os equipamentos de consumo, como aparelhos de ar-condicionado, e também de microgeração de energia elétrica. Esta nova camada de equipamentos digitais conecta todos os dispositivos no que pode ser descrito como "Internet de Energia", que na verdade representa um exemplo de aplicação de Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*) nos equipamentos de microgeração elétrica. A *IoT* pode ser construída integrando a internet em todos os tipos de instalações, equipamentos e dispositivos, propiciando o suporte desses dispositivos em REI, também conhecidas como *Smart Grids*, e possibilitando aquisição e análise dos dados. Nesse contexto, isso possibilita a distribuição inteligência computacional em toda a infraestrutura.

O objetivo principal da cadeia de energia elétrica e seus sistemas associados é suprir a demanda do usuário de forma oportuna e eficiente, atendendo aos requisitos de qualidade e serviço de confiabilidade. Para enfrentar esses desafios, são utilizadas técnicas de Resposta à Demanda (*Demand Response*) e de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (*Demand-side management*), a fim de motivar os usuários a reduzir o consumo nos horários de pico e, assim, modificar a curva de demanda. Por outro lado, com a aplicação destas técnicas se contribui para a flexibilidade de fornecimento de energia, dando participação ativa à geração renovável.

Dessa forma, o presente projeto de pesquisa visa o desenvolvimento de uma plataforma de controle e monitoramento em tempo real aplicada em uma planta fotovoltaica de microgeração de energia elétrica, já adquirida através de um projeto aprovado no Edital Universal/CNPq, a ser integrada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú e regulamentada junto a Enel Distribuição Ceará. O monitoramento e controle do consumo de cargas e da microgeração descentralizada de energia elétrica será projetado para integrar conceitos de *Cloud Computing* e segurança em *IoT*.

Uma ilustração da arquitetura do sistema de microgeração proposta é apresentada na Figura 1. Como pode ser observado, a arquitetura é constituída por um sistema de geração FV conectado à rede elétrica, um bloco de aquisição de dados e automação, medidores inteligentes, mecanismos de segurança para a comunicação bidirecional de dados e serviços em *IoT*, serviços em nuvem e uma camada de apresentação ao usuário.

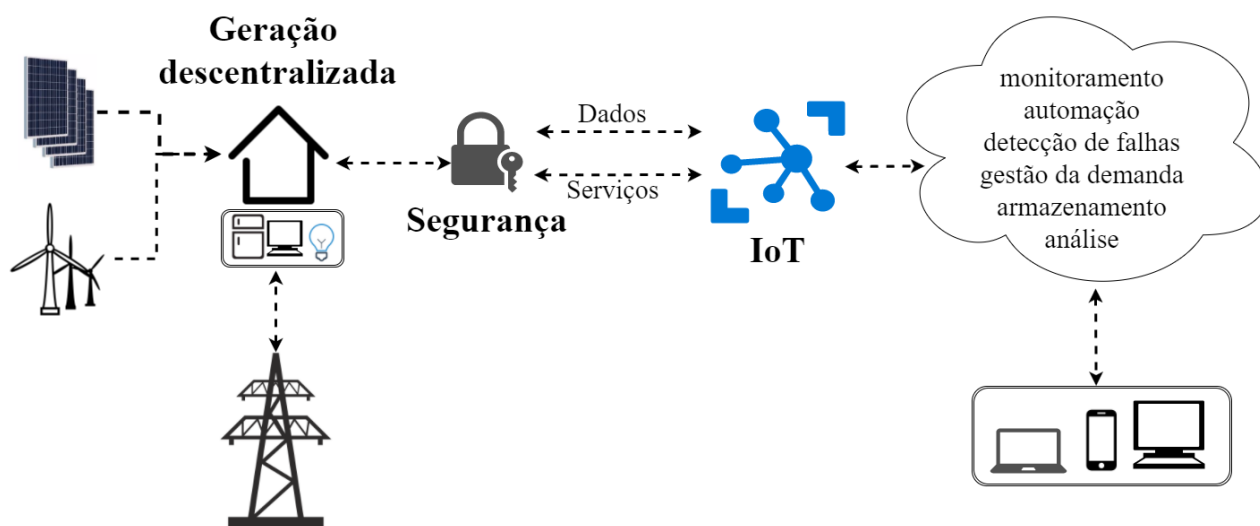


Figura 1 - Arquitetura do sistema de microgeração proposto.

Os objetivos geral e específicos do projeto estão descritos abaixo:

### Objetivo Geral

Considerando que equipamentos aplicados em *Cloud Computing* terem um custo relativamente alto e usem tecnologia majoritariamente importada, o objetivo geral da presente pesquisa é projetar, desenvolver e implementar uma plataforma de monitoramento e controle IoT em baixo custo do consumo de cargas, como aparelhos de ar-condicionado, e de uma planta fotovoltaica de microgeração de energia, a ser integrada à rede elétrica do IFCE – Campus Maracanaú e regulamentada junto a Enel Distribuição Ceará.

### Objetivos específicos

Para cumprir com o objetivo geral acima definido, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre sistemas de supervisão e monitoramento aplicados em consumo e microgeração de energia elétrica integrando *IoT* e *Cloud Computing*.
- Pesquisar mecanismos de segurança e padrões e protocolos abertos necessários para permitir a convergência e interligação da plataforma IoT com a geração descentralizada de energia.
- Descrever e implementar um sistema de supervisão e monitoramento para plantas de geração de energia elétrica descentralizada no IFCE – Campus Maracanaú, integrando conceitos de *Cloud Computing* e segurança em *IoT*.
- Seleção de equipamentos, estudo do protocolo e construção do hardware para controle IoT de consumo de energia de equipamentos.

- Realizar experimentos em ambientes reais para avaliar o sistema de monitoramento proposto desenvolvido no IFCE – Campus Maracanaú.

## 2. JUSTIFICATIVA

O sistema proposto, desenvolvido em software livre, visa desenvolver uma interface de monitoramento e controle utilizando princípios de *IoT* e *Cloud Computing* para ser aplicada em uma planta de microgeração fotovoltaica instalada no IFCE – Campus Maracanaú, com intuito de disponibilizar as informações e de facilitar a gestão da demanda e do consumo dos usuários em tempo real. Em relação à segurança das informações, o sistema proposto visa publicar também especificações detalhadas para diferentes níveis de segurança e padrões de criptografia.

Por outro lado, aparelhos de ar-condicionado são amplamente utilizados no IFCE – Campus Maracanaú. O uso desses equipamentos pode representar um valor significativo no consumo de energia. Segundo Almeida (2016), o consumo médio mensal em prédios públicos, é estimado que o uso de sistemas de refrigeração contribua com cerca de 48% do consumo de energia elétrica.

Um fator agravante é o desperdício decorrente do controle manual e individual dos condicionadores de ar. Ambientes que convivem com uma grande quantidade de pessoas são propensos a possuírem aparelhos ligados desnecessariamente. Além do aumento do consumo de energia, problemas de suprimento da demanda de energia elétrica pode se tornar uma realidade quando se tem um consumo excessivo proveniente dos equipamentos de ar-condicionado.

Um dos caminhos propostos para a redução de desperdícios pode através de automação e monitoramento. Mais recentemente, o advento da Internet das Coisas (IoT) possibilitou ainda mais a automação para ambientes residenciais também conhecida como domótica. Entretanto, tais alternativas necessitam que equipamentos possuam o suporte à tecnologia empregada, são economicamente proibitivas para residências e entidades, ou são invasivas, necessitando adaptações na infraestrutura do ambiente para que seja possível o controle.

Buscando oferecer uma alternativa viável, é proposto também neste projeto, desenvolver um sistema embarcado de baixo custo, composto por hardware e software, para controle IoT não invasivo de equipamentos de ar-condicionado através de infravermelho (IR).

O desenvolvimento desta etapa do projeto será composto pela seguinte sequência: (i) análise bibliográfica de trabalhos relacionados; (ii) seleção de equipamentos, estudo do protocolo e construção do hardware para controle IoT de consumo de equipamentos de ar-condicionado (iii); desenvolvimento do sistema para gerenciamento remoto IoT; e, (iv) testes para comprovação da funcionalidade e da usabilidade.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o objetivo de diminuir o uso de fontes não renováveis e intensificar a produção de energia elétrica, a GD aparece como uma opção para a diversificação da matriz energética brasileira, sendo capaz de mitigar a sobrecarga e o congestionamento do sistema de transmissão, proporcionando confiabilidade e diminuindo perdas por transporte de energia elétrica. A GD aplicada às *REI* fornece uma rede de energia elétrica que integra tanto o consumo como os padrões de injeção de todos os participantes conectados à rede; garantindo assim a eficiência econômica e um sistema de energia sustentável, com baixas perdas e alta disponibilidade como base de tecnologias sustentáveis.

Recentemente muitos estudos e pesquisas vêm sendo realizadas nesse sentido. (SALAMANCA e GARCÍA, 2016) apresenta o desenho e a implementação de uma plataforma computacional para modelos de fluxo de potência em tempo real com a integração de medição inteligente, monitoramento em tempo real e um sistema de gerenciamento de informações desenvolvido na Universidade Nacional da Colômbia, Campus Bogotá. A capacidade do sistema FV instalado é 15 kWp. A arquitetura de comunicação utilizada consiste num computador com uma placa de rede sem fio que coleta os dados do medidor inteligente via *WiFi*. O medidor é conectado à saída de um modem GSM para transmissão de dados via Ethernet e o computador está conectado à Internet para enviar dados ao servidor remoto. O sistema de gerenciamento em tempo real consiste em três servidores *OSIsoft PI*, dois para coletar e armazenar um grande volume de dados e outro para organizar as informações em estruturas hierárquicas para localização rápida. São mostrados gráficos de comportamento em tempo real de tensão, corrente e potência do sistema FV gerados.

Um sistema flexível de monitoramento a longo prazo em tempo real para plantas FV desenvolvido na Universidade de Huddersfield, Reino Unido, pode ser encontrado em (DHIMISH, *et al.*, 2016). A ferramenta proposta permite monitorar uma estação meteorológica e um sistema FV conectado à rede que produz 1,98 kWp usando *hardware* e *software* comerciais. O sistema é construído em torno de dispositivos com/sem fio e utiliza tecnologia *IoT* para integrar o monitoramento de dados fotovoltaicos e ambientais. Diferentes plataformas de programação foram utilizadas no desenvolvimento como *LabVIEW*, *Arduino* e *Weather Link*. Dois enlaces de comunicação para monitorar todos os dados de forma local e remota foram utilizados. Módulos de Rádio Frequência, chip *Bluetooth* e proteção *Ethernet* baseada em um endereço IP estático são usadas para oferecer diferentes opções de monitoramento.

(WANG *et al.*, 2016) apresenta o desenvolvimento de um sistema de monitoramento em tempo real para *REI* que realiza a gestão inteligente de dispositivos de proteção contra sobre tensões

(SDP - *Surge Protection Devices*). O sistema proposto é constituído por um sistema de aquisição de dados, um sistema de monitoramento de dados e um sistema de consulta de dados. Os dados são enviados para o terminal cliente ou para o centro de monitoramento por meio de métodos de comunicação RS-232, 2.4G e *GPRS*. O sistema de monitoramento de dados é composto do computador e do *software* cliente. O computador está equipado com várias portas seriais e interfaces *USB* para receber dados do sistema de aquisição de dados. Os dados podem ser armazenados no banco de dados do computador local e também podem ser carregados para o sistema de consulta de dados. O sistema de consulta de dados é construído no servidor em Nuvem. O *software Visual Basic 6.0* foi usado para o desenvolvimento da interface gráfica e os bancos de dados no computador local e do sistema de consulta de dados foram criados usando o *software Microsoft SQL Server*.

No Laboratório de Energias Alternativas da UFC (LEA) em parceria com o IFCE foram desenvolvidas pesquisas relacionadas com o monitoramento de sistemas de GD aplicados a energias renováveis. (PEREIRA e CARVALHO, 2015) descreve como projetar e montar um sistema de monitoramento *online* de aquisição de dados *WiFi* de baixo custo usando *software* livre aplicado à microgeração com base em fontes de energia renováveis. O sistema foi desenvolvido utilizando um modem Wifly acoplado a uma placa microcontrolada. Este sistema foi aplicado a uma planta de bombeamento FV sem baterias. O *software* é gratuito e permite a análise de dados e gráficos armazenados através de dispositivos móveis como *notebooks*, *tablets* e *smartphones*. Um sistema baseado em *hardware* e *software* livres para monitoramento *online*, utilizando um modem *WiFi* embarcado, aplicado a uma planta de microgeração elétrica baseada em microgeradores termoeletrônicos (GTEs) foi desenvolvido em (PEREIRA e CARVALHO, 2016). O objetivo principal do sistema desenvolvido foi analisar variáveis da planta através do *software* de monitoramento *online* desenvolvido para permitir o armazenamento de dados em uma base de dados *online* e geração de gráficos com a possibilidade de acesso remoto. (DUPONT et al., 2016) apresenta o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados e monitoramento em nuvem, aplicado a uma planta de bombeamento FV. O sistema possibilita o sensoriamento e o controle de plantas de microgeração descentralizadas com comunicação a um banco de dados e servidor *online* através de um Sistema Embarcado Linux (ELS - *Embedded Linux System*) desenvolvido para este fim. O sistema permite ainda a conexão de sensores digitais e analógicos e a atualização do *firmware* do microcontrolador e configuração do ELS via Internet.

A partir de uma revisão bibliográfica resumida na Tabela 1, é evidente que são usadas uma ampla variedade de plataformas como *LabVIEW*, *MATLAB/Simulink*, aplicativos Web com *software* livre e em nuvem, assim como sistemas especializados como *NEPLAN*. A presente pesquisa de doutorado pretende implementar as principais vantagens encontradas nas experiências

mundiais. Foi verificado que em nenhuma das referências citadas foram utilizados mecanismos de segurança para o monitoramento em nuvem.

Tabela 1 – Resumo dos principais sistemas analisados.

<b>Trabalho</b>	<b>Tipo de conexão</b>	<b>Forma de monitoramento</b>	<b>Tecnologia de transferência de dados (Com fio)</b>	<b>Tecnologia de transferência de dados (Sem fio)</b>	<b>Sistema de Monitoramento Usado</b>
(DHIMISH; HOLMES; MEHRDADI, 2016)	Conectado à rede	Local e Remota	Ethernet	Rádio Frequência, Bluetooth	LabVIEW, Arduino e Weather Link
(SALAMANCA; GARCÍA, 2016)	Conectado à rede	Remota	Ethernet	WiFi, GSM	Microsoft Excel, Visual Studio 2015, NEPLAN (Monitoramento em nuvem)
(WANG et al., 2016)	Conectado à rede	Local e Remota	Serial, USB	GPRS	Microsoft Visual Basic 6.0 (Monitoramento em nuvem)
(PEREIRA e CARVALHO, 2016)	Não conectado à rede	Remota	Serial, USB	Wifi	Aplicação Web (Software livre)
(DUPONT et al., 2016)	Não conectado à rede	Remota	Serial, USB	Wifi	Aplicação Web (Software livre e Monitoramento em nuvem)
(REZVANI; GANDOMKAR, 2016)	Conectado à rede	Local	Não definido	Não incluído	MATLAB/Simulink
(SHARIFF; ABD; WOOL, 2015)	Conectado à rede	Remota	Não incluído	XBee Pro	LABVIEW
(GUERRIERO et al., 2016)	Não conectado	Remota	Não incluído	Sensor sem fio baseado no	Estação remota



	à rede			Microchip MiWi	
(NGO et al., 2016)	Conectado à rede	Local	Serial, USB	GSM	APLICAÇÃO WEB
(HU et al., 2015)	Não definido	Remoto	Não incluído	Rede de Sensores Sem Fios	Armazenamento em nuvem com página da Web (Monitoramento em Nuvem)
(RICCOBONO et al., 2016)	Conectado à rede	Local	Não definido	Não incluído	LABVIEW
( PEREIRA e CARVALHO, 2015)	Não conectado à rede	Remota	Serial, USB	Wifi	Aplicação Web (Software livre)

Com base nestas observações, o projeto de um sistema proposto visa reunir as melhores técnicas discutidas nesta análise.

#### 4. METODOLOGIA PROPOSTA

A sequência metodológica e das metas do projeto é composta pelas seguintes etapas:

1. Revisão bibliográfica para identificar os principais desafios para o desenvolvimento da plataforma de supervisão e monitoramento de plantas de GD aplicados que utilizam princípios de IoT e de *Cloud Computing*.
2. Identificar tendências e tecnologias necessárias para o desenvolvimento do projeto de pesquisa de acordo com as restrições das instalações utilizadas.
3. Pesquisar e comparar padrões e protocolos de comunicação para o desenvolvimento de um sistema de controle IoT de consumo e de microgeração elétrica.
4. Pesquisar configurações de acesso remoto às plantas de GD, permitindo operação remota do sistema com redução de custo de deslocamentos.
5. Analisar sistemas, tecnologias e protocolos apresentados nos passos anteriores para identificar os requisitos necessários para o sistema proposto.
6. Selecionar dispositivos em baixo custo, pesquisa dos protocolos e construção do hardware para controle IoT de consumo de energia elétrica de equipamentos.
8. Mensurar o impacto tecnológico/econômico relacionado com otimização de recursos, gerenciamento da rede, redução das perdas e restauração do sistema IoT.

8. Elaboração de conclusões e publicações em congressos e periódicos científicos, com a participação de bolsistas e pesquisadores envolvidos no trabalho, sobre as características e a eficiência do sistema proposto.

## 5. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

A metodologia de trabalho e o cronograma de atividades a serem desenvolvidas neste projeto de pesquisa pelo pesquisados e pelo bolsista discente estão descritos a seguir para o período de 12 meses:

Atividades do pesquisador	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão bibliográfica para identificar os principais desafios para o desenvolvimento da plataforma de supervisão e monitoramento de plantas de GD aplicados que utilizam princípios de IoT e de <i>Cloud Computing</i>	X	X	X									
Identificar tendências e tecnologias necessárias para o desenvolvimento do projeto de pesquisa de acordo com as restrições das instalações utilizadas		X	X	X								
Pesquisar e comparar padrões e protocolos de comunicação para o desenvolvimento de um sistema de controle IoT de consumo e de microgeração elétrica		X	X	X								
Analisar sistemas, tecnologias e protocolos apresentados nos passos anteriores para identificar os requisitos necessários para o sistema proposto					X	X	X					
Mensurar o impacto tecnológico/econômico relacionado com otimização de recursos, gerenciamento da rede, redução das perdas e restauração do sistema IoT								X	X	X	X	X
Elaboração de conclusões e publicações em congressos e periódicos científicos, com a participação de bolsistas e pesquisadores envolvidos no trabalho, sobre as características e a eficiência do sistema proposto.										X	X	X

Atividades do bolsista	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão bibliográfica para identificar os principais desafios para o desenvolvimento da plataforma de supervisão e monitoramento de plantas de GD aplicados que utilizam princípios de IoT e de <i>Cloud Computing</i>	X	X	X									
Pesquisar e comparar padrões e protocolos de comunicação para o desenvolvimento de um sistema de controle IoT de consumo e de microgeração elétrica		X	X	X								
Selecionar dispositivos em baixo custo, pesquisa dos protocolos e construção do hardware para controle IoT de consumo de energia elétrica de equipamentos.			X	X	X	X	X	X				
Mensurar o impacto tecnológico/econômico relacionado com otimização de recursos, gerenciamento da rede, redução das perdas e restauração do sistema IoT								X	X	X	X	X
Elaboração de conclusões e publicações em congressos e periódicos científicos sobre as características e a eficiência do sistema proposto.										X	X	X

## 6. RESULTADOS ESPERADOS

Os resultados esperados a partir do presente projeto estão listadas a seguir:

- Sistema IoT de supervisão e monitoramento: Os requisitos para o projeto e implementação dos módulos que comporão o sistema proposto serão descritos. Desta maneira, se facilitará a reprodução do sistema IoT em outros ambientes. Este projeto tem como principal objetivo o desenvolvimento de uma plataforma em tempo real para testes e integração de dispositivos inteligentes para o controle IoT de consumo de energia e monitoramento de plantas de GD integradas.

- Desenvolver e publicar protocolos abertos e padronizados. A escolha de um protocolo aberto e padronizado torna-se necessário, possibilitando a expansão e a integração de novas plantas de microgeração elétrica e de outros dispositivos IoT.

Como resultados esperados podem ser citados:

- Possibilitar o gerenciamento de dados de energia, gestão da demanda e do consumo de energia e elaboração de relatórios e análises para tomada de decisões.
- Implementar uma estrutura de monitoramento e banco de dados expansível a grande escala que permita projetar novas aplicações com o objetivo de integrar e analisar informações provenientes de diversos dispositivos inteligentes incorporados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, T. Como calcular o consumo de energia do ar-condicionado. Disponível em: <http://industriahoje.com.br/como-calculiar-o-consumo-de-energia-do-ar-condicionado>. Acesso em: Fevereiro, 2017.
- DHIMISH, M.; HOLMES, V.; MEHRDADI, B. Grid-Connected PV Monitoring system (GCPV-MS). In: 4th International Symposium on Environmental Friendly Energies and Applications (EFEA), 2016.
- DUPONT, I. M. et al. Sistema Embarcado Linux Aplicado Ao Monitoramento Em Nuvem De Planta De Microgeração Fotovoltaica. In: VI Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2016.
- GUERRIERO, P.. Monitoring and diagnostics of PV plants by a wireless self-powered sensor for individual panels. IEEE Journal of Photovoltaics, v. 6, n. 1, p. 286–294, 2016.
- HU, T. et al. Intelligent photovoltaic monitoring based on solar irradiance big data and wireless sensor networks. Ad Hoc Networks, v. 35, p. 127–136, 2015.
- PEREIRA, R. I. S.; CARVALHO, P. C. M. WiFi Data Acquisition System Applied to a Photovoltaic Powered Water Pumping Plant. Sensors & Transducers, v. 185, n. 2, p. 113–120, 2015.
- LOPES, Y. et al. Smart Grid e IEC 61850 : Novos Desafios em Redes e Telecomunicação para o Sistema Elétrico. In: Simpósio Brasileiro de Telecomunicações (SBrT), n. October, 2012.
- LOPES, Y.; FERNANDES, N. C.; CHRISTINA, D. M. Geração Distribuída de Energia: Desafios e Perspectivas em Redes de Comunicação. In: Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos, p. 2–55, 2015.
- MÜLLER, C.; GEORG, H.; WIETFELD, C. A modularized and distributed simulation environment for scalability analysis of smart grid ICT infrastructures. In: Proceedings of the Fifth International Conference on Simulation Tools and Techniques, p. 327–330, 2012.
- NGO, G. C. et al. Real-time energy monitoring system for grid-tied Photovoltaic installations. In: IEEE Region 10 Annual International Conference, Proceedings/TENCON, v. 2016–January, p. 1–4, 2016.
- PEREIRA, R. I. S.; JUCÁ, S. C. S.; CARVALHO, P. C. M. Online Monitoring System for

Electrical Microgeneration via Embedded WiFi Modem. In: IEEE Latin America Transactions, v. 14, n. 7, p. 3124–3129, 2016.

PHUANGPORNPIKAK, N.; TIA, S. Opportunities and challenges of integrating renewable energy in Smart Grid system. Energy Procedia, v. 34, p. 282–290, 2013.

REZVANI, A.; GANDOMKAR, M. Modeling and control of grid connected intelligent hybrid photovoltaic system using new hybrid fuzzy-neural method. Solar Energy, v. 127, p. 1–18, 2016.

RICCOBONO, A. et al. Online wideband identification of three-phase AC power grid impedances using an existing grid-tied power electronic inverter. In: 2016 IEEE 17th Workshop on Control and Modeling for Power Electronics, v. 0, n. c, 2016.

SALAMANCA, W. M.; GARCÍA, J. A. R. Computing Platform for Power Flow Models in Real Time. In: IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition - Latin America, 2016.

SHARIFF, F.; ABD, N.; WOOL, H. Zigbee-based data acquisition system for online monitoring of grid-connected photovoltaic system. Expert Systems with Applications, v. 42, n. 3, p. 2015, 2015.

WANG, C. et al. Design and Implementation of Real-time Monitoring System for Surge Protection Devices in Smart Grid. In: IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), p. 1475–1479, 2016.