



Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Castanhal
Faculdade de Computação

PROJETO DE PESQUISA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DE REDES DE COMUNICAÇÃO DE DADOS PARA
SMART GRIDS**

Proponente: Prof. Dr. Marcelino Silva da Silva
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7080513172499497>

Belém-PA
21 de março de 2018

1 - Identificação da Proposta

Título: Planejamento e Controle de Redes de Comunicação de Dados para Smart Grids

Áreas de Conhecimento: Engenharias IV – (Engenharia Elétrica e Biomédica)

Proponente: Prof. Dr. Marcelino Silva da Silva

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7080513172499497>

Instituição Executora: Universidade Federal do Pará

Unidade Executora: Instituto de Tecnologia

Início Previsto: agosto de 2018

Duração: 24 meses

Participantes:

Pesquisadores	Titulação	Lattes
Marcelino Silva da Silva (coordenador)	Dr.	http://lattes.cnpq.br/7080513172499497
Liviane Ponte Rêgo (colaboradora)	Dra.	http://lattes.cnpq.br/3119189681371475
Carlo Renato L. Frances (colaborador)	Dr.	http://lattes.cnpq.br/7458287841862567
Alunos de Doutorado	Titulação	Lattes
Sergio Henrique Monte Santo Andrade	MSc.	http://lattes.cnpq.br/0798800934369994
Alunos de Mestrado	Titulação	Lattes
Paulo Tássio da Luz Melo	Eng.	http://lattes.cnpq.br/3873143082751275
Rodrigo Dias Alfaia	Eng.	http://lattes.cnpq.br/2136067497488047
Alunos de Graduação	-	Lattes
A definir	-	-
A definir	-	-

2 – Resumo e Palavras-chave

2.1 – Resumo:

As redes de comunicação de dados dos Smart Grids são consideravelmente distintas das redes de dados tradicionais, principalmente em relação aos usuários, aplicações, requisitos de qualidade de serviço e impactos/prejuízos advindos de um eventual mau funcionamento. Em virtude de tais especificidades, nota-se que novos estudos têm sido conduzidos, com intuito de contemplar as particularidades desses novos vieses dos sistemas de energia elétrica. Neste sentido, este projeto visa o desenvolvimento de modelos analíticos e computacionais para o planejamento e controle otimizados de redes de comunicação de dados para Smart Grids, visando à garantia das exigências de qualidade de serviço de suas diversas classes de aplicações. Para tanto, serão desenvolvidos modelos baseados em Teoria de Grafos, para realizar o planejamento da topologia da rede de comunicação, e baseados em Processo Markoviano de Decisão, para o desenvolvimento de políticas ótimas para o gerenciamento do compartilhamento dos links de comunicação. Além disto, serão elaborados estudos de caso, que visam demonstrar como estes modelos conduzem a um conjunto de informações que fundamentam a tomada de decisão sobre como implementar uma rede de comunicação de dados adequada para as particularidades dos Smart Grids.

2.2 – Palavras-chave:

Smart Grid; Qualidade de Serviço; Planejamento de rede de comunicação de dados; Otimização de rede de comunicação de dados.

3 – Justificativa e Caracterização do Problema

A energia elétrica é vital para as civilizações modernas e tem imensamente impulsionado o desenvolvimento da economia mundial e da sociedade humana. Esta realidade se comprova pela crescente demanda de energia elétrica que ocorre, principalmente, nos países em desenvolvimento.

Contudo, no atual cenário mundial, os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica têm operado cada vez mais próximos dos limites de suas capacidades [Kansal e Bose, 2011] e implementar novos sistemas, semelhantes aos já existentes, os quais são baseados, principalmente, em combustíveis fósseis, energia nuclear e grandes hidrelétricas, tem-se tornado uma estratégia pouco viável, em função de diversos fatores, tais como: a crescente pressão popular para que a “descarbonização” e a utilização de recursos renováveis se tornem prioridades políticas e econômicas; os problemas políticos e sociais de segurança e saúde pública inerentes ao uso de energia nuclear; e as questões ambientais envolvidas na construção de grandes hidrelétricas.

Dado este contexto, em diversos países do mundo, a modernização dos sistemas elétricos passou a ser um ponto central do governo, para, com isto, aumentar a confiabilidade e a eficiência energética, realizar a transição para fontes renováveis de energia, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e construir uma economia sustentável, que garanta o bem-estar para as gerações futuras [NIST, 2012].

Para tanto, o setor elétrico vem explorando as potencialidades das TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) para poder se reestruturar [Liserre et al, 2010]. O resultado desta reestruturação tem sido conhecido pelo termo Smart Grid.

Smart Grid se refere à rede de energia elétrica da próxima geração, em que os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e o gerenciamento destes sistemas são modernizados, incorporando as capacidades de comunicação bidirecional e de computação pervasiva, para melhorar o controle, a eficiência, a confiabilidade e a segurança do sistema [Yan et al, 2013].

Segundo [Sooriyabandara & Ekanayake, 2010], os Smart Grids se caracterizam pela sólida integração entre uma rede de transmissão de dados confiável, robusta, segura e flexível, com técnicas avançadas de controle e monitoramento do sistema elétrico, as quais utilizam um elevado número de sensores e atuadores, presentes na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Dada esta caracterização, evidencia-se que as redes de comunicação de dados são um elemento chave na implementação dos Smart Grids e que, por este motivo, devem ser adequadamente planejadas.

Além disto, observa-se que, em relação aos usuários, aplicações, requisitos de qualidade de serviço e impactos/prejuízos devidos ao mau funcionamento, as redes de dados dos Smart Grids são consideravelmente distintas das redes de dados tradicionais, as quais, via de regra, são voltadas para aplicações de Internet [Das et al, 2012]. As expectativas dos usuários, os requisitos de Qualidade de Serviço (QoS) e os padrões de carga da rede de dados dos Smart Grids são significativamente diferentes daqueles de uma rede de dados tradicional, visto a natureza das aplicações e serviços suportados [Fan et al, 2013].

Algumas aplicações, como os sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) que controlam geradores ou subestações, possuem restrições de atraso de comunicação medidos em milissegundos, sendo que o resultado da falha na entrega de um pacote de dados de controle, devido ao não atendimento da restrição de tempo, pode ser catastrófico. Por outro lado, aplicações como medição inteligente do consumo possuem restrições mais brandas [Arnold, 2011]. Desta forma, garantir que a rede de comunicação de dados atenderá aos requisitos de QoS das diversas aplicações do Smart Grid é um dos princípios fundamentais a serem observados no planejamento e controle desta rede [Ancillotti et al, 2013].

Diante do exposto, este projeto propõe o estudo e desenvolvimento de modelos analíticos e computacionais para o planejamento e o controle das redes de comunicações de dados para Smart Grids.

Tais modelos serão desenvolvidos tendo como estudo de caso o domínio da distribuição de energia elétrica pelo fato de que, entre os domínios dos Smart Grids, este é o que possui maior carência de infraestrutura para provimento de comunicação de dados.

4 – Objetivos e Metas:

4.1 – Objetivo Geral:

Este projeto tem como objetivo primordial desenvolver e aplicar modelos analíticos e computacionais para o planejamento da topologia da rede de comunicação de dados e para o controle otimizados do compartilhamento dos links de comunicação para o domínio dos sistemas de distribuição de energia elétrica dos Smart Grids, visando a que a rede de comunicação de dados projetada atenda aos requisitos de QoS das aplicações do Smart Grid e que se tenha um custo mínimo de implantação.

4.2 – Objetivos Específicos:

- Apresentar o levantamento do estado-da-arte sobre as soluções de redes de comunicações de dados para Smart Grid;
- Desenvolver modelos analíticos e computacionais baseados em teoria de Grafos, para o planejamento e otimização de topologia de rede de dados para Smart Grids;
- Desenvolver modelos analíticos baseados em Teoria de Processos Markovianos de Decisão, para o desenvolvimento de políticas de controle de compartilhamento de recursos da rede de comunicação de dados para atendimento aos requisitos de QoS das aplicações de Smart Grids;
- Consolidar uma estratégia que utiliza os modelos desenvolvidos, a fim de estruturar-se uma solução que minimize o custo de implantação da rede de comunicação de dados, respeitando os requisitos de QoS das aplicações do Smart Grid;
- Desenvolver um protótipo de Smart Home, no qual os consumidores e a concessionária podem gerenciar suas demandas de energia elétrica de modo mais racional, efetivo e automatizado, evitando o uso excessivo de energia elétrica nos horários de “pico”;
- Apresentar um estudo de caso, com o intuito de comprovar a usabilidade dos modelos e da estratégia proposta.

5 – Metodologia:

A metodologia a ser empregada no desenvolvimento do projeto segue as seguintes etapas:

Etapa 01 – Realizar um levantamento bibliográfico sobre os assuntos atinentes ao projeto:

Esta etapa será desenvolvida de forma contínua ao longo de todo o desenvolvimento do projeto e terá a finalidade de dar ciência a equipe deste projeto sobre as principais soluções desenvolvidas para o planejamento e controle das redes de dados para Smart Grid e sobre as aplicações que serão utilizadas nos Smart Grids.

Como principais fontes de pesquisa, serão considerados principalmente, mas não exclusivamente, os seguintes periódicos: *IEEE Transactions on Power Delivery*, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, *IEEE Communications Magazine*, *IEEE Transactions on Smart Grids*, *Bell Labs Technical Journal* e *Power Energy Society General Meeting*.

Etapa 02 - Caracterizar as aplicações a serem utilizadas no Smart Grid:

Nesta etapa serão investigadas e definidas quais as principais aplicações que serão consideradas nos estudos a serem desenvolvidos ao longo do projeto. É importante ter em mente que o objetivo principal é a implantação de um sistema, o qual será formado pela união da rede de distribuição de energia elétrica com a rede de comunicação de dados, que possa ser integrado a um sistema mais complexo, envolvendo outros domínios, para assim pode realmente formar um Smart Grid. Desta forma, durante a análise das aplicações, deve-se considerar não somente as aplicações do domínio da distribuição, mas quaisquer aplicações que possam utilizar os dados mensurados pelos IEDs (*Intelligent Electronic Devices*) do referido domínio, ou que possa enviar dados para estes IEDs.

Embora ainda não se tenha todos os padrões necessários para Smart Grid, de forma a definir e regulamentar as possíveis aplicações e seus parâmetros de QoS, muitos estudos têm sido realizados neste sentido, por exemplo: [Bakken et al, 2011], [Kuzlu e Pipattanasomporn, 2013] e [Kansal e Bose, 2012]. Em diversos casos, padrões já existentes têm sido utilizados para Smart Grid, destacando-se IEC 61850 [IEC 61850, 2013]. Estes estudos e padrões serão a base para a análise e caracterização das aplicações.

O principal resultado desta etapa deve ser um conjunto de informações que inclui quais as características (taxa de envio de mensagens, quantidade de dados por mensagem, protocolos de rede utilizados, etc.) e os requisitos de QoS (atraso, taxa de transmissão, importância, etc.) das mensagens e quais IEDs estão envolvidos em cada aplicação.

Etapa 03 – Desenvolver e aplicar um modelo analítico baseado em teoria de grafos para planejar e otimizar a rede de comunicação de dados:

Neste momento, será elaborado um modelo baseado em Teoria de Grafos para tratar o problema de definir a melhor topologia de rede de dados a ser empregada. Tal topologia deverá atender às restrições de QoS das aplicações estudadas na etapa anterior, ao mesmo tempo em que possui um custo de implantação mínimo, considerando as diversas tecnologias de transmissão de dados disponíveis para o cenário em questão. Dependendo do cenário, pode-se buscar uma solução que utiliza uma tecnologia de transmissão de dados diferente para cada subparte do mesmo.

A busca pela melhor topologia será modelada como um problema de busca de subgrafo. Embora, os modelos relacionados à busca de subgrafos, normalmente, façam parte do conjunto de problemas classificados como NP-completo, o que caracteriza o conjunto de problemas mais difíceis de serem resolvidos, em termos de esforço computacional, tais modelos são amplamente aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento, incluindo problemas de telecomunicações e redes de computadores, por exemplo [Deepalakshmi e Rajaram, 2011], [Velazquez e Santoro, 2010], [Nanavati et al, 2008], [Lee et al, 2012] e [Zhang et al, 2013].

Por este motivo, há uma série de estratégias que permitem obtenção de uma solução subótima aceitável em um tempo de execução plausível. Entre estas estratégias, as que mais se destacam são: aproximação [Baker, 1994], heurísticas [Maaroju, 2009], e algoritmos evolutivos [Gen e Cheng, 1997]. Tais estratégias são base para o desenvolvimento desta etapa do projeto.

O resultado dessa etapa deve apontar qual a viabilidade técnica da(s) tecnologia(s) de transmissão de dados sob análise e qual a topologia mais adequada, observando-se as restrições de QoS das aplicações e a quantidade de equipamentos utilizados.

Etapa 04 – Desenvolver e aplicar modelos baseados em Processos Markoviano de Decisão para o de políticas de controle de compartilhamento dos links transmissão:

A partir da definição da topologia de comunicação de dados a ser implementada, a qual inclui a estimativa das taxas de transmissões dos links, da definição do conjunto de aplicações e dos requisitos de QoS destas aplicações, serão desenvolvidos e aplicados modelos baseados em Processos Markovianos de Decisão, para o cálculo de políticas de controle para o compartilhamento da taxa de transmissão dos links entre as diversas aplicações do Smart Grid.

A partir da elaboração do modelo, técnicas clássicas para o cálculo da política ótima podem ser utilizadas, como por exemplo, Algoritmo de Iteração de Valores,

Algoritmo de Iteração de Política e Programação Linear [Puterman, 1994][Tijms, 2003]. Contudo, dependendo dos parâmetros do modelo, pode ser exigido um elevado esforço computacional para aplicação destas técnicas clássicas. Nestes casos, podem ser utilizados algoritmos de Inteligência Computacional, Aprendizado por Reforço ou Programação Dinâmica Aproximada [Sigaud e Buffet, 2010].

Etapa 05 – Desenvolvimento de um protótipo de *Smart Home*:

De acordo com a crescente demanda para redução do consumo de energia, instigada por diversos fatores que vão desde a conservação ambiental a fatores sócio econômicos [Beaudin e Zareipour, 2015], cria-se uma abertura ao desenvolvimento de solução do domínio de *Smart Grid* e o aperfeiçoamento dos modelos de conservação energética.

Desta forma, é proposto o desenvolvimento de um protótipo flexível e escalável para plataformas de *Smart Home* (subdomínio de *Smart Grid*), com o intuito de disponibilizar recursos de gerenciamento mais efetivos no que tange a diminuição do consumo de energia, possibilidade de inclusão de novos componentes (sensores e atuadores) para um controle mais efetivo da residência, considerando restrições de interoperabilidade em diversos níveis (normas, protocolos, aplicações e dispositivos) para realizar a integração desses componentes ao protótipo, permitindo também a inclusão de heurísticas para tomada de decisão e caracterização de perfis de consumo, auxiliando nas políticas enérgicas do governo. Tal protótipo possui também a finalidade de caracterizar a carga de dados gerada e transmitida por esse tipo de aplicação.

Etapa 06 – Aplicação dos modelos desenvolvidos em estudos de casos:

Com o objetivo de aplicar os modelos desenvolvidos ao longo do projeto, a fim de demonstrar a usabilidade dos mesmos, serão realizados estudos de casos baseados em modelos de referências para redes de distribuição de energia elétrica, os quais representam cenários reais, como por exemplo, os definidos pelo IEEE em [Kersting, 2001].

Etapa 07 – Elaboração de artigos científicos:

Os modelos desenvolvidos e os resultados obtidos serão utilizados na elaboração de artigos científicos a serem submetidos a conferências e periódicos.

6 – Cronograma de atividades:

Etapas	Meses																								
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
01	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
02		■	■	■	■	■	■	■																	
03							■	■	■	■	■	■	■	■											
04												■	■	■	■	■	■	■	■	■					
05	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■													
06															■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
07													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

7 – Resultados Esperados:

Como resultados esperados, tem-se:

- O Desenvolvimento de modelos analíticos e computacionais para o planejamento da topologia da rede de comunicação de dados para Smart Grids;
- A elaboração de modelos analíticos e computacionais para o controle do compartilhamento dos links de transmissão de dados entre as diversas aplicações dos Smart Grids;
- O desenvolvimento de bibliotecas em linguagem C++ ou Java para o planejamento e controle de rede de comunicação de dados para Smart Grids;
- O desenvolvimento de um protótipo para *Smart Home*, ao nível de hardware (plataforma de aquisição e armazenamento de dados, sensores e atuadores) e de software (interface de visualização e gerenciamento);
- A formação de recursos humanos especializados nas áreas relativas ao projeto;
- A divulgação da pesquisa e de seus resultados por meio de artigos científicos a serem submetidos a conferências e periódicos.

8 – Disponibilidade efetiva de Infraestrutura e de apoio técnico para o desenvolvimento do projeto:

A instituição de Execução do Projeto será a Universidade Federal do Pará, sendo as atividades desenvolvidas no Laboratório de Pesquisa Operacional (LPO) e no Laboratório de Planejamento de Redes de Alto Desempenho (LPRAD). Tais laboratórios possuem espaço físico suficiente e conta com recursos a facilitar a operacionalização do projeto. A infraestrutura principal somada dos dois laboratórios conta com:

- 25 microcomputadores desktops, lotados para pesquisa, desenvolvimento de aplicativos;

- Equipamentos para monitoramento e teste de redes de comunicação de dados, como analisador de protocolos e gerador de tráfego;
- Rede sem fio e infraestrutura cabeada para acesso à Internet;
- Equipamentos para testes com redes WiFi, WiMAX, PLC, ópticas e DSL;
- Kits de desenvolvimento de soluções embarcadas utilizando microcontroladores (Arduino e Raspberry Pi);
- Licença para o software OPNET para simulação de redes;
- Licença para o software MATLAB;
- Biblioteca própria com diversos assuntos de tecnologia da informação e comunicação;
- Acesso institucional a acervos dos principais portais de pesquisa (Springer, IEEE, entre outras).

9 – Referência Bibliográfica:

[Ancillotti et al, 2013] E. Ancillotti, R. Bruno e M. Conti, “The Role of Communication Systems in Smart Grids: Architectures, Technical Solutions and Research Challenges”, *Computer Communication*, Vol. 36, No. 17-18, pág. 1665-1697, 2013.

[Arnold, 2011] G. W. Arnold, “Challenges and Opportunities in Smart Grid: A Position Article” (invited paper), *Proceedings of IEEE*, Vol. 99, No. 6, pág. 922-927, Junho de 2011.

[Baker, 1994] B. S. Baker, “Approximation Algorithms for NP-Complete Problems on Planar Graphs”, *Journal of the Association for Computing Machinery*, Vol. 41, No. 1, pág. 153–180, Janeiro de 1994.

[Bakken et al, 2011] D. E. Bakken, A. Bose, C. H. Hauser, D. E. Whitehead e G. C. Zweigle, “Smart Generation and Transmission With Coherent, Real-Time Data”, *Proceedings of the IEEE*, Vol. 99, No. 6, pág. 928-951, Junho de 2011.

[Beaudin e Zareipour , 2015] M. Beaudin and H. Zareipour, “Home energy management systems: A review of modelling and complexity,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 45, pp. 318–335, 2015.

[Das et al, 2012] S. Das, Y. Ohba, M. Kanda, D. Famolari e S. K. Das. “A Key Management Framework for AMI Networks in Smart Grid”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 50, No. 8, pág. 30-37, 2012.

[Deepalakshmi e Rajaram, 2011] R. Deepalakshmi e S. Rajaram, “A New Algorithm to Route Multimedia Traffic in Optical Networks with Improved Call Blocking Characteristics”,

International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering, Vol. 6, No. 2, pág. 13-26, Abril de 2011.

[Fan et al, 2013] Z. Fan, P. Kulkarni, S. Gormus, C. Efthymiou, G. Kalogridis, M. Sooriyabandara, Z. Zhu, S. Lambotharan W. H. Chin, "Smart Grid Communications: Overview of Research Challenges, Solutions, and Standardization Activities," IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, No. 1, pág. 21-38, 2013.

[Gen e Cheng, 1997] M. Gen e R. Cheng, "Genetic Algorithms and Engineering Design", John Wiley & Sons Inc., 1997.

[IEC 61850, 2003] IEC, "IEC 61850: Communication Networks and Systems in Substations", IEC standard, 2003.

[Kansal e Bose, 2012] P. Kansal and A. Bose, "Bandwidth and Latency Requirements for Smart Transmission Grid Applications", IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 3, pág. 1344-1352, Setembro de 2012.

[Kuzlu e Pipattanasomporn, 2013] M. Kuzlu e M. Pipattanasomporn, "Assessment of Communication Technologies and Network Requirements for Different Smart Grid Applications", IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT) , Fevereiro de 2013.

[Lee et al, 2012] S. S. W. Lee, K. Y. Li, C. S. Wu, J. Y. Pan e C. Y. Chuang, "Optimal bandwidth Guaranteed Routing and Time Slot Assignment for Broadband PLC Access Networks", 16th IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications (ISPLC), Março de 2012.

[Liserre et al, 2010] M. Liserre, T. Sauter e J. Y. Hung, "Future Energy Systems: Integrating Renewable Energy Sources into the Smart Power Grid Through Industrial Electronics", IEEE Industrial Electronics Magazine, Vol. 4, No. 1, pág. 18-37, Março de 2010.

[Kansal e Bose, 2012] P. Kansal and A. Bose, "Bandwidth and Latency Requirements for Smart Transmission Grid Applications", IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 3, No. 3, pág. 1344-1352, Setembro de 2012.

[Kersting, 2001] W. H. Kersting, "Radial Distribution Test Feeders", IEEE Power Engineering Society Winter Meeting 2001, Vol. 2, pp. 908-912, 2001.

[Maaroju, 2009] N. Maaroju, "Choosing the Best Heuristic for a NP-problem", dissertação de mestrado, Thapar University, Índia, 2009.

- [Nanavati et al, 2008] A. A. Nanavati, R. Singh, D. Chakraborty, K. Dasgupta, S. Mukherjea, G. Das, S. Gurumurthy e A. Joshi, “Analyzing the Structure and Evolution of Massive Telecom Graphs”, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 20, No. 5, pág. 703-718, 2008.
- [Puterman, 1994] M. L. Puterman, “Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming”. John Wiley & Sons, 1994.
- [Sigaud e Buffet, 2013] O. Sigaud e O. Buffet, “Markov Decision Process in Artificial Intelligence”, John Willey & Sons, Estado Unidos, 2010.
- [Sooriyabandara & Ekanayake, 2010] M. Sooriyabandara e J. Ekanayake, “Smart Grid – Technologies for its Realisation”, IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies, Sri Lanka, Dezembro de 2010.
- [Tijms, 2003] H. C. Tijms, “First Course in Stochastic Models”, John Wiley & Sons, 2003.
- [Velazquez e Santoro, 2010] E. Velazquez e N. Santoro, “Distributed Facility Location for Sensor Network Maintenance”, 5th International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, Wu Yi Mountain – China, Dezembro de 2009.
- [Yan et al, 2013] Ye Yan, Yi Qian, Hamid Sharif, and David Tipper, “A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 15, No. 1, pág. 5-20, 2013.
- [Zhang et al, 2013] Y. Zhang, L. Wang, e W. Sun, “Trust System Design Optimization in Smart Grid Network Infrastructure”, IEEE Transactions on Smart Grid, Vol. 4, No. 1, pág. 184-195, Março de 2013.