



FOOTPRINT ENERGÉTICO: UM SISTEMA DE MARCAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

*Leonardo Costa Ribeiro*¹, *Luiz Fernando Rust*² e *Raphael Machado*³

¹ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, lcriste@inmetro.gov.br

² Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, lfrust@inmetro.gov.br

³ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, rcmachado@inmetro.gov.br

Resumo: O presente artigo propõe uma estrutura geral de um sistema de classificação e marcação da energia elétrica que permite identificar a origem de produção e o tipo de produção da energia elétrica consumida. Esse sistema incorpora mecanismos de segurança que minimizam fraudes e interferências da concessionária na marcação da energia, provendo confiança ao consumidor. O sistema associa um índice de sustentabilidade a cada tipo de produção e permite ao consumidor visualizar a proporção de energia consumida por tipo de produção, e calcular o índice final de sustentabilidade associada à energia consumida. O sistema habilita a precificação diferenciada da energia de acordo com a composição do índice de sustentabilidade.

Palavras chave: Energia elétrica, sustentabilidade, Smart Grid.

1. INTRODUÇÃO

Uma grande possibilidade que surge com o desenvolvimento de Smart Grids é a geração distribuída de energia elétrica [1,2]. Esse cenário permite a existência de milhares de produtores locais, inclusive de pequeno porte, que fornecem à rede de distribuição seu excesso de produção. Uma das grandes vantagens desse cenário está associada à sustentabilidade, pois os pequenos produtores podem se valer, com eficiência, de formas “limpas” de produção tais como fotoelétrica e eólica. Assim, esses produtores locais iriam produzir energia para suprir suas necessidades e, nos momentos em que sua produção for maior que seu consumo, iriam fornecer à rede de distribuição seu excedente de produção. Diminuindo a demanda por construção de grandes usinas geradoras centralizadas.

Para explorar a vantagem associada à sustentabilidade e inserir mecanismos para prover segurança dessa geração distribuída, surge a necessidade de se identificar a origem e a forma de produção da energia elétrica fornecida por todos os produtores conectados a rede de distribuição. Necessidade que se potencializa pelo fato desses produtores poderem dinamicamente se conectar ou desconectar da rede.

Assim, há a necessidade de se inserir marcadores no sinal de energia elétrica que identifiquem a origem e, principalmente, a forma de produção de tal energia. Esses marcadores devem ser intrinsecamente ligados ao sinal da onda eletromagnética para impossibilitar que os marcadores sejam retirados (filtrados).

2. MARCADORES NA ENERGIA ELÉTRICA

Neste trabalho propomos uma estrutura geral de um sistema que, para atender às necessidades listadas acima, permita:

- Inserir um marcador no sinal da energia elétrica que identifique o tipo de geração associada à energia entregue e o seu produtor;
- Minimizar fraudes da marcação da energia provendo mecanismos de autenticidade ao marcador;
- Minimizar interferência da concessionária desenvolvendo um marcador intrinsecamente ligado ao sinal da energia de modo que não possa ser filtrado do sinal;
- Ser escalável, pois a quantidade de produtores locais pode ser bastante elevada.
- Lidar com dispositivos de armazenagem de energia (como baterias) de modo que o marcador seja reinserido no sinal da energia na saída do dispositivo.

Os marcadores inseridos serão transmitidos até os consumidores que irão dispor de medidores de consumo que irão ler esses marcadores existentes na porção de energia elétrica por eles consumida. Os medidores de energia irão identificar as formas de produção das diversas fontes que a geraram e compor a proporção consumida de cada tipo de energia. Essa composição será utilizada para se calcular um índice de sustentabilidade da energia consumida.

Outra característica do sistema de marcação proposto é que o marcador não precisa, necessariamente, ser transmitido pela infraestrutura de distribuição de energia juntamente com o sinal da energia. Esta forma de transmissão configura o PLC que é tecnologicamente viável mas apresenta desvantagem em relação a atenuação do sinal de alta-freqüência causada resistividade não-linear dos condutores e pela topologia dos transformadores, dificultando a transmissão por longas distâncias. Outras formas de transmissão são permitidas pelo sistema sem que deixe de atender a seus requisitos. Dentre essas outras formas de transmissão vale ressaltar as não cabeadas tais com: GPRS e rede Mesh. Na estrutura GPRS o marcador não trafegaria juntamente com o sinal da energia mas separadamente por uma rede GPRS. Uma vantagem dessa

infraestrutura seria a facilidade na transmissão por longas distâncias. Outra infra estrutura possível é um rede mesh, na qual, assim como a GPRS, o marcador trafegaria separadamente do sinal de energia. As vantagens de cada infra-estrutura devem se avaliadas considerando o local de sua aplicação. Como a proposta de aplicação do sistema de marcação é em Smart Grids e essas rede já pressupõem a existência de comunicação entre seus diversos componentes, pode-se utilizar a mesma infraestrutura de comunicação da Smart Grid em questão para a transmissão dos marcadores da energia.

Assim, outros requisitos que deverão estar presentes no sistema a ser desenvolvido seriam:

- Calcular o índice de sustentabilidade da energia elétrica consumida.
- Permitir também cobrança diferenciada baseada nas diferentes formas de produção da energia.

3. ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE

De acordo com a definição do *United Nations Environment and Development Commission* [3,4], desenvolvimento sustentável é aquele que permite a população atual atender suas necessidades sem colocar em risco a capacidade de gerações futuras em suprir suas próprias necessidades.

Aplicando esse conceito, pode-se dizer que produção sustentável de energia elétrica é aquela que permite aumentar continuamente o potencial de produção de energia elétrica mantendo a geração de resíduos em níveis que possam ser eliminados por processos naturais, manter o risco relacionado à saúde humana no menor nível possível e produzir energia elétrica utilizando matéria prima vinda de recursos ambientais no menor nível possível.

Pela definição acima, o desenvolvimento sustentável depende de forma complexa de uma série de fatores. De acordo com publicações de organizações internacionais de sobre energia, os principais fatores relacionados à produção sustentável de energia elétrica são:

- Custo de produção;
- Emissão de dióxido de carbono;
- Disponibilidade;
- Eficiência de produção;
- Consumo de água potável;
- Influências sociais.

Indicadores relacionados a esses fatores podem ser calculados e agrupados por tipo de produção da energia elétrica. Para cada indicador, pode-se ordenar os tipos de produção do mais sustentável para o menos sustentável. E, então, para cada tipo de produção, somar sua posição na classificação dos indicadores. Ao final, ordena-se crescentemente a pontuação obtida e define-se como índice de sustentabilidade a posição do tipo de produção de energia nessa ordenação, obtendo:

TABELA 1

Fonte Geradora	Índice de Sustentabilidade
Carvão	8
Gás Natural	6
Nuclear	2
Hidrogênio	7
Fotoelétrica	4
Eólica	1
Geotérmica	5
Hidroelétrica	3

Fonte: Adaptado de [3]

onde o menor índice corresponde ao tipo de produção mais sustentável, de acordo com os indicadores analisados. Neste caso obtemos a energia eólica como a com melhores indicadores de sustentabilidade. E no outro extremo, temos a energia produzida a partir da queima de carvão como a com os piores indicadores de sustentabilidade.

O índice de sustentabilidade associado à forma de produção da energia será inserido no marcador da energia, assim, o medidor de consumo ponderará a quantidade de energia consumida de cada tipo pelo seu índice de sustentabilidade e calculará o índice de sustentabilidade da energia consumida. Esse índice poderá ser utilizado na precificação da energia possibilitando o consumidor optar por programar seu pico de consumo para horários que em o índice de sustentabilidade seja mais favorável.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura geral do sistema proposto busca explorar as novas potencialidades que surgem com o Smart Grids, principalmente quanto aos recursos de produção distribuída de energia elétrica e de telemática, para inserir mecanismos que promovam o uso responsável da energia, valorizando os aspectos de *sustentabilidade*.

Esse sistema usa mecanismos de segurança da informação, principalmente baseados em criptografia assimétrica, para prover confiança ao consumidor quanto aos marcadores do tipo de energia disponível que são intrinsecamente ligados ao sinal da energia. Estes marcadores permitem identificar a proporção de energia consumida de cada tipo de produção e visualizar o índice de sustentabilidade associada a cada tipo de produção. Uma das formas de visualização possível é o uso de efeitos cromáticos, atribuindo-se diferentes cores para os diferentes tipos de produção, representando as diferentes composições da energia recebida através da resultante das combinações de cores.

Como os produtores locais podem se conectar ou desconectar dinamicamente da rede de distribuição de energia elétrica, a proporção de energia consumida de cada tipo irá também ser dinâmica, variando no tempo. O sistema proposto permite a precificação diferenciada de acordo com a composição do índice de sustentabilidade da porção de energia consumida. O que possibilita o consumidor optar por programar seu pico de consumo para horários que em o índice de sustentabilidade seja mais favorável.

Potencializando o aspecto de sustentabilidade associado à produção distribuída de energia elétrica.

O conhecimento sobre quão sustentável é a energia pode levar a uma mudança de comportamento tanto dos consumidores quanto das concessionárias. Por um lado, os consumidores podem optar por programar seu consumo para horários em que a energia derive de fontes mais sustentáveis. E por outro lado, podem ser dados incentivos para as concessionárias que optarem por distribuir energia que derive de fontes mais sustentáveis (seja de grandes produtores de energia limpa (tais como, fazendas solares e eólicas) ou pequenos produtores (tais como, consumidores que disponibilizam seu excesso de produção para a rede de distribuição)).

REFERÊNCIAS

- [1] P. Järventausta, S. Repo, A. Rautiainen, J. Partanen, “*Smart grid power system control in distributed generation environment*”, *Annual Reviews in Control*, pp 277-286, v. 34, 2010.
- [2] C. R. Karger, W. Hennings, “*Sustainability evaluation of decentralized electricity generation*”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp 583-593, v. 13, 2009.
- [3] N. Onat, H. Bayar, “*The sustainability indicators of power production system*”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp 3108-3115, v. 14, 2010.
- [4] E. Evans, V. Strezov, T. J. Evans, “*Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies*”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp 1082-1088, v. 13, 2009.