

# NOVO MODELO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO BLOCKCHAIN, UM ESTÍMULO À GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E AOS VEÍCULOS ELÉTRICOS

Machado, S – solange.machado@outlook.com.br<sup>1</sup>

Giuliano Arns Rampinelli – giuliano.rampinelli@ufsc.br<sup>1</sup>

Martín Augusto Gagliotti Vigil – martin.vigil@ufsc.br<sup>2</sup>

Roderval Marcelino – roderval.marcelino@ufsc.br<sup>3</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Energia e Sustentabilidade<sup>1</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina, Curso de Graduação em Engenharia da Computação<sup>2</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação<sup>3</sup>

**Resumo.** Diante da atual descentralização da geração de energia, destaca-se como potencial de melhoria o desenvolvimento no Brasil de temas relacionados à atribuição direta de energia elétrica na rede de distribuição, tanto fisicamente, como a renovação das redes de distribuição; quanto digitalmente para atender esta nova concepção de mercado de energia elétrica. A descentralização e a digitalização no Brasil, considerando a atual geração distribuída fotovoltaica e a iminência dos veículos elétricos, impactam fortemente a rede de distribuição de energia elétrica. Por exemplo, a oferta de energia na rede por geração distribuída, a demanda solicitada por veículos elétricos e os auxílios no alívio de carga que estes podem ofertar. Considerando os aspectos da digitalização do mercado de energia elétrica, a atribuição ou solicitação de energia à rede devem ser transacionadas de forma segura e eficaz, o que pode ser obtido por meio de blockchain e smart contracts. Objetiva-se com este artigo revisar as aplicações desta nova tecnologia no mercado de energia elétrica mundial, a fim de propor uma forma inovadora de comercializar energia elétrica no Brasil. Realizou-se o estudo por revisão bibliográfica da tecnologia blockchain aplicada ao setor elétrico mundial. Os resultados obtidos indicam uma nova forma de comercializar energia elétrica, com blockchain através de smart contracts; e a consequente promoção das fontes descentralizadas de energia elétrica e dos veículos elétricos.

**Palavras-chave:** Blockchain, Comercialização de Energia Elétrica, Smart Contracts

## 1. INTRODUÇÃO

Destacam-se três grandes mudanças mundiais atualmente: a descarbonização, a digitalização e a descentralização. A descarbonização devido à conscientização ambiental, aos acordos — como a *21st Conference of Parties* (COP21) realizada em Paris em 2015 — e à viabilidade econômica de tecnologias que evitam emissões de gases de efeito estufa. A descentralização e a digitalização devido à necessidade de gerir negócios complexos. Estes 3D's influenciam diretamente o setor elétrico. Quanto à descarbonização, estudos evidenciam o setor elétrico como o setor com maior potencial de redução de emissões de CO<sub>2</sub> (DI SILVESTRE et al., 2018, tradução nossa).

A descentralização e a digitalização estão colocando os prosumidores no foco dos sistemas de energia (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 24, tradução nossa). A gestão do suprimento e da demanda de energia é desafiadora, principalmente em regiões em que a demanda cresce rapidamente e fontes de energia são adicionadas ao sistema (NOOR et al., 2018, pag. 1385, tradução nossa). No entanto, considerando a complexidade do aumento das fontes descentralizadas, há potencial para otimizar os processos de gestão de quase todas as cadeias de valor com *blockchain* (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 23, tradução nossa).

Há projetos piloto em andamento na indústria nas áreas de infraestrutura de cobrança para mobilidade elétrica, certificação verde e eletricidade regional; e eletricidade no atacado (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 24, tradução nossa).

Estudos apontam armazenamento de energia, aumento da capacidade do sistema de transmissão e digitalização dos processos como as áreas mais influentes do mundo (DI SILVESTRE et al., 2018, pag. 484, tradução nossa).

Objetiva-se com este artigo revisar as aplicações da tecnologia *blockchain* no mercado de energia elétrica mundial, a fim de propor uma forma inovadora de comercializar energia elétrica no Brasil.

## 2. BACKGROUNDS E A NOVA APLICAÇÃO

As principais tecnologias no setor elétrico a serem desenvolvidas até 2040, são a *bulk* e a *micro*. A tecnologia *bulk* para transmissão de energia elétrica em função de centrais geradoras *onshore* e *offshore*, principalmente na China e

Europa. A tecnologia micro em função da necessidade de gerir negócios complexos de forma descentralizada, destacando-se o desenvolvimento na Europa e Estado Unidos (DI SILVESTRE et al., 2018, pag. 483, tradução nossa).

Uma microrrede é um exemplo de descentralização no setor elétrico. Estudos apontam que consumidores de microrredes poluem menos e conseguem economizar financeiramente (DI SILVESTRE et al., 2018, pag. 483, tradução nossa). O fato de prossumidores e consumidores obterem lucro com a comercialização da energia na sua comunidade, os incentiva a investir em recurso distribuídos e equilibra localmente a oferta entre geração e demanda (MENGELKAMP et al., 2018, pag. 870, tradução nossa).

Considera-se em um projeto de microrrede o ambiente regulatório, a microrrede, as conexões com a rede, os mecanismos de mercado, os mecanismos de preço, o sistema de gerenciamento de energia e os sistemas de informação (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 35, tradução nossa).

## 2.1 Blockchain

*Blockchain* é um livro razão de blocos e cada bloco efetua uma transação. Se um bit for adulterado o *hash* mudará, invalidando este bloco. Esta adulteração significa que o *hash* do bloco é diferente do *hash* da *blockchain* pertencente a maioria dos usuários (ANDONI et al., 2019, pag. 495, tradução nossa).

O primeiro artigo científico sobre *blockchain* publicado foi *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System* por Satoshi Nakamoto. Após esta publicação diversos autores passaram a estudá-la, a maioria com foco na arquitetura tecnológica, privacidade e aplicações financeiras (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 24, tradução nossa). A proposta do primeiro artigo publicado sobre *blockchain* foi a possibilidade de direcionar pagamentos online diretamente entre as partes interessadas, sem a intermediação de uma instituição financeira. O autor ainda mencionou que as assinaturas digitais resolviam parte do problema, no entanto a necessidade de uma terceira parte ainda era requerida para evitar gastos duplos. O autor propôs a solução para evitar esses gastos utilizando uma rede ponto a ponto (NAKAMOTO, 2008, pag. 01, tradução nossa).

O progresso da tecnologia *blockchain* pode ser dividida em três fases. As fases da criptografia, dos contratos inteligentes e das organizações autônomas descentralizadas. Foi dada atenção inicial para o Bitcoin, no entanto o interesse está mudando para aplicativos *blockchain* em geral. O que sugere que a fase atual é de exploração dos contratos (AHL et al., 2020, tradução nossa).

## 2.2 Smart contracts

Contratos inteligentes são programas de computador executados de modo descentralizados e autogerenciável em um *blockchain*. Contratos inteligentes podem ser utilizados para executar imparcialmente regras de negócio. Por exemplo comercialização de energia elétrica. Segundo Strüker, Albrecht e Reichert (2019, pag. 36, tradução nossa), os dados transacionados entre as unidades consumidoras ou prossumidoras são registrados dentro da *blockchain* via sistemas de medição inteligente. Estas transações são automaticamente executadas e documentadas entre as partes, como quando há redução de preço, eletricidade verde ou energia local disponível. A fatura também é gerada automaticamente.

Observa-se que a confiabilidade de um contrato inteligente depende da confiabilidade dos sensores e da codificação e transmissão das informações. Um exemplo do que ocorre em contratos inteligentes é a regra: se X acontecer pague Y na conta Z. Neste caso, X é um evento codificado digitalmente derivado de uma saída de um sensor (THOMAS et al., 2019, pag. 140, tradução nossa).

As plataformas de contratos inteligentes têm potencial para transacionar energia de maneira replicável, segura, verificável e confiável. O contrato inteligente é um meio de estabelecer regras de negociação e regras de liquidação que operam com alto grau de confiança. Contratos inteligentes são adequados à legalização do controle compartilhado de processos de transferência de energia em que os atores estejam localizados em diferentes organizações ou diferentes subdivisões de uma organização (THOMAS et al., 2019, pag. 140, tradução nossa).

## 2.3 A tecnologia blockchain no setor elétrico

A tecnologia *blockchain* é inovadora na questão de integração do mercado de energia elétrica, permitindo transacionar energia ponto a ponto (DIESTELMEIER, 2019, pag. 01, tradução nossa). O compartilhamento de energia ponto a ponto permite que prossumidores compartilhem energia elétrica entre si. A *blockchain* efetua cada transação, até mesmo as menores, com bom custo-benefício, permitindo a provisão controlada de energia e a comercialização de energia direta entre unidades consumidoras (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 24, tradução nossa).

Na venda ou compra de energia os blocos podem ser organizados em uma tabela com dados do gerador, da carga, da energia transferida, duração, demanda, perdas e serviços ancilares necessários. Há viabilidade quanto à transferências de pagamentos, impostos, cobranças, ou compensações por uma *blockchain*, excluindo ou reduzindo processos de documentação para todas os envolvidos (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 29, tradução nossa).

Com o aumento da complexidade das redes de energia, espera-se aumento no volume de informações e componentes controláveis (THOMAS et al., 2019, pag 01, tradução nossa). A *blockchain* contribui para o gerenciamento dos dados por meio da soberania dos dados, que é o uso controlado dos dados, e pela descentralização

das ações (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 28, tradução nossa). A *Blockchain* é uma tecnologia de computação distribuída emergente considerada segura para suportar interações cada vez mais complexas entre diferentes entidades energéticas (DONG; LUO; LIANG, 2018).

As áreas mais promissoras para a *blockchain* no setor elétrico são infraestrutura para carregamento de mobilidade elétrica, certificação de produção de energia, modelos de vizinhança e microrredes, mercados inteligentes locais e transações de energia; e gestão de ativos (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 32, tradução nossa).

## 2.4 O novo modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro

Há dois mercados ou ambientes de contratação de energia elétrica no Brasil, o Mercado Livre ou Ambiente de Contratação Livre (ACL) e o Mercado Regulado ou Ambiente de Contratação Regulado (ACR). O ACL de energia caracteriza-se pela compra e venda de energia elétrica por acordos contratuais entre consumidores, ou comercializadores, e geradores, pode-se também participar de leilões promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e operados pela Câmara Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Enquanto no ACR a compra de energia elétrica é intermediada pela concessionária de energia elétrica e os valores são tarifas definidas pela ANEEL. No ACR há também leilões de energia promovidos pela ANEEL e intermediados pela CCEE, no entanto os clientes destes leilões são as concessionárias de energia. Observa-se que ambos os mercados são centralizados.

Os contratos de energia dependem de agentes reguladores, operador do sistema, produtores e comercializadores ou unidades consumidoras. Enquanto a energia elétrica é transacionada entre prossumidores ou geradores, e consumidores ou outros prossumidores, os dados de medição são transacionados entre a unidade consumidora ou prossumidora e o agente regulador — que pode ser a concessionária de energia considerando o ACR, ou outro agente regulador considerando o ACL — para então seguir os procedimentos até chegar ao Operador Nacional do Sistema (ONS). Observa-se na Fig. 1 que a característica centralizada do sistema, em que todos os dados precisam ser validados por instituições centrais para possibilitar que a unidade consumidora seja atendida. Ressalta-se a questão dos custos deste modelo considerando milhões de unidades consumidoras no Brasil.

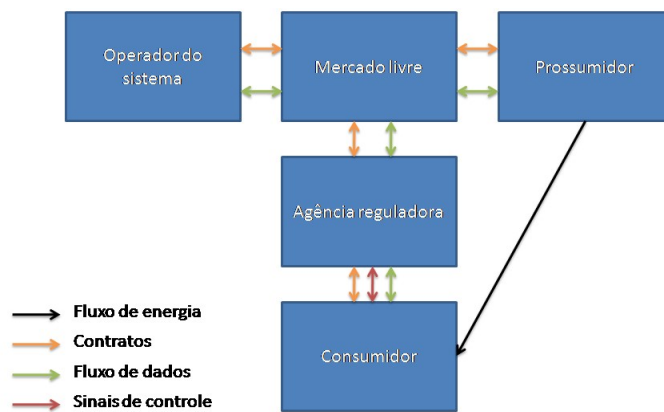


Figura 1 - Atual modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro. Fonte dos autores (2019).

No modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro proposto, os dados necessários para contratação de energia são transacionados por *smart contracts* entre os prossumidores, o operador do sistema e a unidade a consumir a energia elétrica, por meio de plataformas *blockchain*. Os dados de medição, ou sinais de controle, passam a ser enviados diretamente do consumidor para o operador do sistema, e também estarão disponíveis ao consumidor. Este novo modelo está representado na Fig. 2.

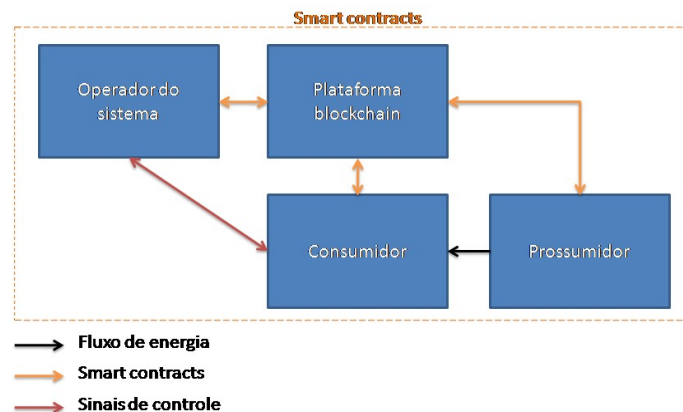


Figura 2 - Novo modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro. Fonte dos autores (2019).

Observa-se que neste modelo não há atores centrais, os dados são transacionados por *smart contracts* e a *blockchain* garante a segurança destes dados.

O usuário da unidade consumidora pode efetuar as transações por meio de um aplicativo em seu dispositivo móvel, por exemplo. A Fig. 3 ilustra como seria a aplicação deste modelo do ponto de vista do consumidor ou prosumidor de energia elétrica.



Figura 3 - O consumidor e o novo modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro. Fonte dos autores (2019).

Observa-se que em todas as opções há transferências de dinheiro, reforçando a aplicabilidade da tecnologia *blockchain* ao setor de comercialização de energia elétrica.

Assim como há troca de dados de contratação de energia, há a troca de energia elétrica pela rede de distribuição. Quanto à infraestrutura local, estima-se que as redes de distribuição de energia estejam cada vez mais transitiva para que possa receber esta digitalização.

### 3. METODOLOGIA: PROCEDIMENTOS E CRITÉRIOS ADOTADOS

Realizou-se o estudo por revisões bibliográficas das tecnologias relacionadas à nova proposta de comercialização de energia no setor elétrico mundial. Considerou-se como informação principal a tecnologia *blockchain* aplicada à comercialização de energia elétrica, e como informações secundárias a influência desta tecnologia na geração distribuída fotovoltaica e veículos elétricos.

#### 3.1 Metodologia de busca

Pesquisou-se conteúdo científico por meio de revisão sistemática da literatura. Utilizou-se o termo de busca "*blockchain and (electrical sector or energy or energy market or ((distributed or decentralized) generation) or electric vehicles)*" e "*blockchain and (setor elétrico or energia or mercado de energia or (geração (distribuída or descentralizada)) or veículos elétricos)*" no Portal de Periódicos da CAPES, na *IEEE Xplore Digital Library*, na *Springer* e em outros endereços, conforme Tab. 1. Classificaram-se os artigos de *journals* com localização no primeiro e no segundo quadrante da *Category Box Plot 2018* no *Journal Citation Reports (JCR)* nas áreas de *Computer Science; Energy & Fuels; Engineering, Electrical & Electronic; Materials Science, Multidisciplinary; Engineering, Industrial; Automation and Control Systems; Environmental Sciences; Green & Sustainable Science & Technology; Instruments & Instrumentation; Information Science & Library Science; Business; Regional & Urban Planning e Management*.

Os artigos encontrados com o termo de busca totalizaram dois mil setecentos e cinquenta e quatro. No entanto, classificaram-se para a elaboração deste artigo, apenas os trabalhos que estudam aplicações de *blockchain* relacionados

à comercialização de energia elétrica em microrredes, encontrou-se apenas nove artigos. Considerou-se para este estudo mais um capítulo do livro *Business Transformation through Blockchain* editora Springer. Uma vez que as pesquisas sobre *blockchain* em comercialização de energia elétrica são recentes, não aplicou-se filtro temporal.

Tabela 1 - Resultado da revisão sistemática da literatura.

FONTE	ARTIGOS ENCONTRADOS	ARTIGOS FILTRADOS	ARTIGOS RELACIONADOS AO ESTUDO
Portal de Periódicos da CAPES	2156	112	6
IEEE XPlore Digital Library	416	34	1
Wiley Online Library	41	1	0
Springer	108	20	1
Directory of Open Access Journals (DOAJ)	2	0	0
OASISBR - Portal Brasileiro de Acesso Aberto à Informação Científica	1	0	0
Revistas previamente consideradas	30	16	1
Total	2754	183	9

#### 4. SINOPSE E PERSPECTIVAS

A Fig. 4 é resultado da revisão sistemática da literatura e pode-se afirmar que o tema *blockchain* em comercialização de energia elétrica ainda é pouco aplicado à redes ou microrredes; e até outubro de 2019 não encontrou-se estudos científicos publicados sobre o aplicação do tema ao Brasil, indicando ser uma área promissora de pesquisa científica.

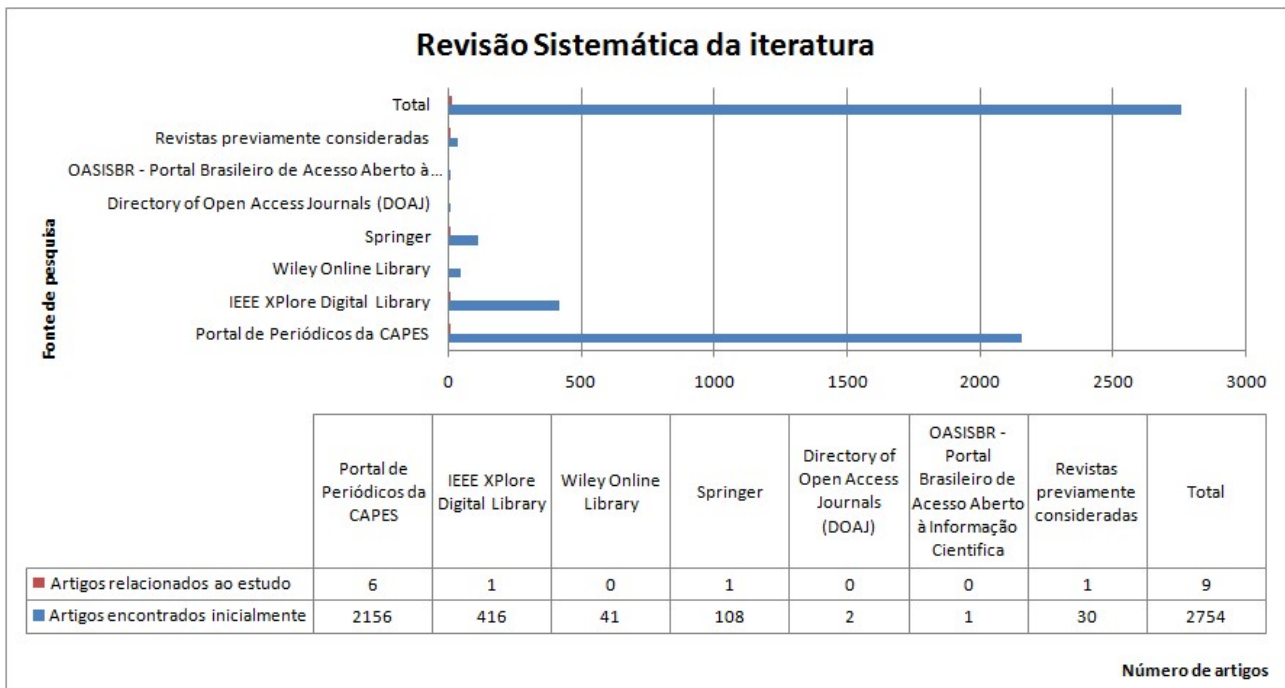


Figura 4 - Resultado da revisão sistemática da literatura. Fonte dos autores (2019).

#### 4.1 Impactos no setor elétrico

Pode-se afirmar que o mercado de energia muda impulsionado por desenvolvimento tecnológico e socioeconômico. Com os recursos renováveis e distribuídos, espera-se a formação de uma rede em que bilhões de dispositivos possam se comunicar entre si. Este aumento de compartilhamento nestes dispositivos pode estabelecer um custo marginal zero, levando a um custo não significativo da unidade de geração de energia. Consequente a competição pode impactar os preços de atacado e taxas marginais (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 25, tradução nossa). Ahl *et al.* (2020, tradução nossa) afirma que os custos de transações podem ser reduzidos com remoção de

instituições intermediárias.

O uso da tecnologia *blockchain* para transações de eletricidade torna as microrredes mais resistentes, criando confiança entre os agentes envolvidos, especialmente no que diz respeito à pagamentos financeiros e ao fornecimento de eletricidade. Esta tecnologia *blockchain* oferece novas oportunidades para projetos de mercado descentralizados e fornece aplicativos transparentes e fáceis de usar que permitem que os consumidores de energia participem da decisão sobre quem produz sua energia e por qual tecnologia é gerada (MENGELKAMP et al., 2018, tradução nossa). A tecnologia *Blockchain* tem potencial para apoiar a transição energética, no mínimo, até 2050 (AHL et al., 2020, tradução nossa).

Prevê-se que a complexidade das redes de energia aumente com maiores volumes de informações e número de componentes controláveis, isso levará à criação de mais interfaces de informações ou significa que mais informações devem ser processadas nas interfaces existentes. O estudo apontou que o controle compartilhado da infraestrutura de energia baseado em contratos inteligentes é viável (THOMAS et al., 2019, tradução nossa).

Espera-se que com o estabelecimento de mercados locais, o mercado de energia elétrica se torne mais complexo e infraestrutura digital ganhe relevância no setor elétrico, que a distribuição de energia elétrica se torne mais dinâmica com fluxo bidirecional de energia e dados, clientes tornem-se cada vez menos dependentes das concessionárias de energia e levem mais em conta os aspectos socioambientais (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 28, tradução nossa).

Realizou-se um experimento na Universidade da Califórnia por um período de quinze meses em uma plataforma de carregamento de veículos elétricos utilizando *blockchain* com conceitos de priorização e criptomoeda. O sistema implementou um esquema que priorizou a cobrança dos usuários com maior pontuação em utilização de energias renováveis. Como resultado do experimento o consumo de energia solar fotovoltaica aumentou significativamente, cerca de 37%. Observou-se que ao incorporar um componente de criptomoeda baseado em *blockchain*, incentivou-se os usuários com meios monetários e não monetários (ZHANG et al., 2018, pag. 582, tradução nossa).

## 4.2 Desafios

São fatores determinantes para o desenvolvimento da tecnologia *blockchain* no setor elétrico as questões econômicas como o custo das transações; e técnicas como velocidade das transações, consumo de energia, segurança em tecnologia da informação e confiabilidade (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 38, tradução nossa).

Observou-se um crescente campo de pesquisa em torno do conceito de controle compartilhado por meio de contratos inteligentes. As áreas para desenvolvimento adicional incluem projeto e implementação de algoritmos de contrato inteligente, bem como métodos e técnicas para integração com hardware de controle e medição. Intervenção regulatória será requerida para possibilitar o uso de contratos inteligentes. Conclui-se que o controle compartilhado da infraestrutura de energia baseado em contratos inteligentes é viável (THOMAS et al., 2019, tradução nossa).

A regulamentação precisa ser adaptada antes que os mercados de energia com microrredes possam ser implementados comercialmente. Esta parece ser uma questão importante na maioria dos países. A maioria das microrredes defende um aumento da autossuficiência, a integração de recursos renováveis, sustentabilidade e redução da demanda de energia. No entanto, o consumo de energia de uma *blockchain* implementada pode ser bastante substancial. Uma tecnologia da informação que utiliza grandes quantidades de energia contradiz os princípios de sustentabilidade dos mercados de energia com rede elétrica. É necessário desenvolver *blockchain* computacionalmente usando o mínimo de dados (MENGELKAMP et al., 2018, tradução nossa).

Destacam-se como desafios na área tecnológica a taxa de transferência, a latência, o armazenamento de dados, a conectividade de alta velocidade, a interoperabilidade e a segurança cibernética. Na área econômica a dependência de subsídio, a falta de concorrência no mercado, a interoperabilidade de contratos e o crescimento do mercado de plataformas na área social a mudança de comportamento, a aceitação pública, o gerenciamento de partes interessadas e o desenvolvimento de habilidades. Na área ambiental a incerteza no esquema de redução de emissões, a regulamentação ambiental em contratos inteligentes e o gerenciamento de fim de vida útil de equipamentos de rede (AHL et al., 2020, tradução nossa). Pode-se melhorar a integração do conceito de moeda energética, a fim de levar os usuários finais a um uso mais eficiente dos dispositivos que consomem energia e aumentar a participação e a eficácia das ações de conservação de energia (MARINAKIS et al., 2018, tradução nossa).

Como tendência de pesquisa, aponta-se a avaliação do efeito que diferentes períodos de geração de blocos têm sobre a concorrência no mercado, pois os diferentes períodos de geração de blocos resultam em diferentes níveis de transparência das informações e isso afeta a concorrência no mercado. Adicionalmente ao período de geração de blocos, deve ser realizada uma avaliação sistemática da concorrência nos mercados que operam em cadeia de blocos. Outras tendências são o estudo do comportamento do sistema sob demanda e oferta de armazenamento; e design e implementação de uma *blockchain* de propósito específico, adaptada às necessidades da rede elétrica (FOTI; VAVALIS, 2019, tradução nossa).

Além da necessidade de adaptação do mercado de energia e setor elétrico em função da geração distribuída há outras cargas que podem ser conectadas à rede e requerem estas alterações, como os veículos elétricos. Considera-se a integração dos recursos da *internet of things* (IoT) ao sistema elétrico urgentemente necessária, do ponto de vista econômico. Um setor de energia em tempo real milhões de dispositivos estão ajustando seu comportamento com base no mercado e em sinais de rede, para que isto seja possível estas microtransações devem ocorrer de forma segura e eficaz (STRÜKER; ALBRECHT; REICHERT, 2019, pag. 29, tradução nossa).

## 5. CONCLUSÕES

O novo modelo de comercialização de energia elétrica com *blockchain* está representado na Fig. 2. Os benefícios do novo modelo de comercialização de energia elétrica brasileiro são: oportunidade de negociação entre prosumidores e consumidores, redução do custo da energia elétrica e dos processos relacionados, atribuição de autonomia aos consumidores, garantia de segurança nas transações e possibilidade de acesso aos certificados de energia verde.

São pontos cruciais a serem pesquisados e desenvolvidos no Brasil a adaptação da rede de distribuição de energia elétrica para atender este novo conceito e alterações legais e políticas, uma vez que a tecnologia *blockchain* impacta diretamente nas atividades exercidas por entidades centrais. As questões regulatórias foram citadas em alguns artigos, inclusive em projetos que somente não foram concluídos devido à estas questões. As questões regulatória e política para o mercado brasileiro de energia elétrica serão apresentadas em um próximo artigo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

## REFERÊNCIAS

- Ahl, A. et al. Exploring blockchain for the energy transition: Opportunities and challenges based on a case study in Japan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 117, p. 109488, 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032119306963>>. Acesso em: 23 out. 2019.
- Andoni, Merlinda et al. Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 100, p. 143–174, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032118307184>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- Di Silvestre, Maria Luisa et al. How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [s. l.], v. 93, p. 483–498, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032118304283>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- Diestelmeier, Lea. Changing power: Shifting the role of electricity consumers with blockchain technology – Policy implications for EU electricity law. *Energy Policy*, [s. l.], v. 128, p. 189–196, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301421518308711>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- Dong, Zhaoyang; LUO, Fengji; LIANG, Gaoqi. Blockchain: a secure, decentralized, trusted cyber infrastructure solution for future energy systems. *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, [s. l.], v. 6, n. 5, p. 958–967, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s40565-018-0418-0>>. Acesso em: 19 set. 2019.
- Foti, Magda; VAVALIS, Manolis. Blockchain based uniform price double auctions for energy markets. *Applied Energy*, [s. l.], v. 254, p. 113604, 2019. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261919312784>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- Marinakis, Vangelis et al. From big data to smart energy services: An application for intelligent energy management. *Future Generation Computer Systems*, [s. l.], p. 1–15, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167739X17318769>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- Mengelkamp, Esther et al. Designing microgrid energy markets. *Applied Energy*, [s. l.], v. 210, p. 870–880, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030626191730805X>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- Nakamoto, Satoshi. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008. Disponível em: <[www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org)>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- Noor, Sana et al. Energy Demand Side Management within micro-grid networks enhanced by blockchain. *Applied Energy*, [s. l.], v. 228, p. 1385–1398, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261918310390>>. Acesso em: 24 set. 2019.
- Strüker, Jens; ALBRECHT, Simon; REICHERT, Stefan. Blockchain in the Energy Sector. In: *Business Transformation through Blockchain*. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 23–51.
- Thomas, Lee et al. A general form of smart contract for decentralized energy systems management. *Nature Energy*, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 140–149, 2019. Disponível em: <<http://www.nature.com/articles/s41560-018-0317-7>>. Acesso em: 3 out. 2019.
- Zhang, Tianyang et al. Real-time renewable energy incentive system for electric vehicles using prioritization and cryptocurrency. *Applied Energy*, [s. l.], v. 226, p. 582–594, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0306261918308912>>. Acesso em: 24 set. 2019.

**NEW ELECTRIC ENERGY COMMERCIALIZATION MODEL USING BLOCKCHAIN, A STIMULUS TO DISTRIBUTED GENERATION AND ELECTRIC VEHICLES**

**Abstract.** In front of the energy generation decentralization, themes related to the direct assignment of electrical energy at the distribution grid are accentuated as the potential development of improvement in Brazil. Physically and digitally developments are attending this new conception of the electrical energy market. The decentralization and digitalization in Brazil, considering the nowadays photovoltaic distributed generation and the imminence of electrical vehicles, strongly impact the electric grid. The distributed generation impacts the grid due to demand that can request, and the electric vehicles due to load relief that they can offer. Considering digital aspects of the electric energy market, the request, as well as offer energy to the grid, can get with blockchain and smart contracts. The goal is to review the blockchain applications of the worldwide electric energy market, to propose a new way to market electric energy in Brazil. The resource has been by bibliography review of blockchain at the worldwide electrical sector. The results aimed a new way to the energy market, with blockchain through smart contracts, and a consequence promotion of decentralization energy source and electric vehicles.

**Keywords:** *Blockchain, Electric Energy Trading, Smart Contract*