

A Tecnologia Blockchain como Gerenciadora do Excedente de Energia Fotovoltaica

Bárbara Elis Pereira Silva (Universidade de São Paulo)

barbara_elis@usp.br

Inácio Henrique Yano (Embrapa)

inacio.yano@embrapa.br

José Geraldo Vidal Vieira (PPGEP – USP/ Docente associado UFSCAR)

jose-vidal@ufscar.br

Alexandre de Castro (Embrapa)

alexandre.castro@embrapa.br

Fábio César da Silva (Embrapa)

fabio.silva@embrapa.br

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de aplicação da tecnologia blockchain como solução para o gerenciamento dos créditos de energia provenientes da geração distribuída de energia.. A tecnologia Blockchain permite o registro, a validação e o compartilhamento de dados de maneira transparente, íntegra e segura e através dos contratos inteligentes, pode-se obter a automação do desempenho e agilidade dos processos que envolvem o gerenciamento dos créditos excedentes na geração distribuída de energia. A proposta apresentada leva em consideração os desafios existentes no setor energético brasileiro e associa as características da tecnologia Blockchain à digitização de informações importantes envolvidas na geração de energia distribuída no Brasil.

Palavras-chave: Blockchain, geração distribuída, energia



1. Introdução

A humanidade vem demandando cada vez mais do setor energético. De acordo com o relatório do World Energy Outlook 2015 (COZZI and GOULD, 2015) existe uma expectativa de aumento de 48% no consumo mundial de energia entre 2012 a 2040. Além de atender à crescente demanda, a produção de energia enfrenta outros desafios como prover energia a 1,2 bilhão de habitantes que não tem acesso a mesma e migrar a geração para formas sustentáveis de produção, reduzindo gradualmente a participação da queima de combustíveis fósseis da matriz energética, com o intuito de conter o avanço das mudanças climáticas e seus efeitos (DUDIN et al., 2019).

No Brasil, no ano de 2017, aproximadamente 36% das emissões dos gases do efeito estufa tiveram origem na produção de energia, sendo este setor o principal emissor desses gases. Isto se deve a Matriz Energética Brasileira que tem como destaque o setor de Petróleo e derivados com participação de 36% da matriz energética. Nesse sentido, o aumento da produção de energia a partir de fontes de energia limpa como a energia solar e eólica, que juntas contribuíram com menos de 7% da Matriz Elétrica Brasileira em 2017 pode influenciar positivamente na mudança da matriz energética brasileira para uma geração mais sustentável (CARVALHO et al., 2017).

A geração de energia solar fotovoltaica e eólica pode ser centralizada, sendo geralmente formada por grandes usinas, que ficam afastadas dos grandes centros urbanos e necessitam de linhas de transmissão para chegarem aos consumidores ou ser descentralizada e distribuída, cuja geração ocorre no próprio local de consumo ou próximo a este. Os sistemas de geração distribuída independem da fonte de energia, que pode ser térmica, solar ou eólica, e tamanho da unidade geradora e podem ser da modalidade on-grid, ou seja, ligada a uma concessionária de distribuição de energia, neste caso o consumidor passa a ser um prossumidor, ou off-grid, que exige a instalação de baterias para acumular o excedente de energia para posterior utilização (PEREIRA, 2019). Em se tratando de geração distribuída, existe preferência pelo sistema fotovoltaico, uma vez que, o sistema eólico exige maior manutenção das partes móveis, além da emitir de ruídos (BEZERRA, 2019).

Existem também questões técnicas a serem observadas no tocante à geração distribuída, entre elas, o fluxo de potência reverso, que pode ocorrer, uma vez que por estar próxima aos locais de consumo pode gerar fluxos em direções contrárias ao projeto do sistema de distribuição (PALUDO, 2014). Outra preocupação é a possibilidade de elevação de distorções harmônicas causadas pela integração à rede elétrica de energia gerada a partir de fontes alternativas como

células fotovoltaicas, cujas correntes convertidas pelos inversores podem gerar senoides com várias imperfeições (ALVES DE MELO, 2018).

Soma-se aos desafios já citados, o gerenciamento dos nós dos grids, pois conforme descrito anteriormente, os prossumidores passam a acumular crédito no momento que entregam seu excedente de energia às distribuidoras (KIM and HUH, 2018). Nota-se que a ampliação da base de prossumidores é uma tendência em países como o Brasil, que fica em grande parte entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, cuja incidência de raios é quase perpendicular, favorecendo a irradiação solar (GAVA CASTALDO et al., 2019).

Uma possibilidade para o gerenciamento das informações sobre os créditos dos prossumidores é o uso da tecnologia Blockchain. Para implementar aplicações em redes Blockchain faz-se o uso de contratos inteligentes, que são códigos com as regras para o funcionamento dessas aplicações (YANO et al., 2020). Essas características conferem às aplicações distribuídas Blockchain ambiente seguro e confiável para gerenciamento e compartilhamento de dados de geração de energia distribuída (KIM and HUH, 2018).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de adoção da tecnologia blockchain para a comercialização de energia proveniente da geração distribuída no Brasil, para garantir o gerenciamento dos créditos de energia gerados pelos prossumidores.

2. Referencial Teórico

2.1 Blockchain

A tecnologia blockchain tornou-se mundialmente conhecida através de um artigo publicado em 2009, no qual o autor descrevia um sistema que permitia o funcionamento do dinheiro eletrônico, sendo possível realizar as transferências entre os indivíduos sem a necessidade de verificação/ validação de uma terceira entidade (NAKAMOTO,2009). Em seu artigo o autor descrevia as características do sistema proposto e trazia para conhecimento de todos o dinheiro eletrônico, que hoje tornou-se a criptomoeda mais valiosa do mercado: o Bitcoin.

Com o passar do tempo, profissionais de tecnologia, consultores e profissionais de diversos setores perceberam que o mecanismo da tecnologia por trás do Bitcoin poderia ser útil a outros negócios, além do financeiro e então, no ano de 2016, a tecnologia blockchain foi mencionada no relatório da famosa empresa de consultoria tecnológica Gartner, como uma das tecnologias emergentes promissoras no mundo.

Blockchain pode ser definido como um livro-razão digital, descentralizado e distribuído, no qual as transações são registradas e adicionadas em ordem cronológica com o objetivo de criar

registros permanentes e invioláveis (TREIBLMAIER, 2018). A característica de livro-razão é em alusão ao recurso utilizado na contabilidade para agrupar os registros contabilísticos de uma empresa, de modo a manter em ordem cronológica os registros de entrada e saída das mesmas. No livro-razão, os registros contábeis são feitos conta a conta e não podem possuir borrões, rasuras, ou qualquer espécie de alteração que possa prejudicar sua identidade original (MULLER, 2009). No blockchain, as transações ficam registradas na sequência em que ocorrem e podem ser vistas por todos os participantes da rede, de acordo com definições pré-estabelecidas. O fato dele ser distribuído faz com que uma cópia de todas as informações sejam compartilhadas entre os participantes. Eles podem validar essas informações sem necessitar de uma autoridade central e mecanismos de consenso na programação do blockchain evitam que ações errôneas ou fraudes aconteçam (PAN et al., 2020). Uma vez inseridas as informações no livro-razão da rede blockchain, estas não podem ser alteradas, garantindo assim, a imutabilidade dos registros que ali são feitos.

Os smart contracts, também conhecidos como contratos inteligentes, são outra característica importante do mecanismo de funcionamento de uma rede blockchain. Eles podem ser entendidos como algoritmos capazes de facilitar e autoexecutar o desempenho de um contrato previamente estabelecido entre os participantes da rede (FERREIRA, 2017). Eles possuem protocolos que formalizam e protegem os relacionamentos entre os computadores que estão conectados em uma rede. Os princípios para o desenvolvimento dos smart contracts são derivados dos princípios jurídicos, de teorias econômicas, teorias de protocolos confiáveis e seguros (SZABO, 1997). Por garantir certeza de resultados, automação do desempenho e eficiência na agilização de processos, os contratos inteligentes tem sido considerados fundamentais para a adoção da tecnologia distribuída (CHAMBER OF DIGITAL COMMERCE et al., 2018).

Diversos trabalhos, nas mais diferentes áreas, tem sido realizados mostrando aplicabilidade da tecnologia blockchain, como por exemplo, Zhang et al. (2018), IBM (2017) que retratam o uso da tecnologia no setor de saúde e Rabah (2017), que analisa os desafios e oportunidades de adoção da tecnologia no setor da saúde. Outro exemplo, é o trabalho desenvolvido por Yano(2018) apresenta um modelo conceitual de uso de um sistema de rastreabilidade de produtos em Blockchain, voltando o olhar para a cadeia de suprimentos do agronegócio. Ainda sob o viés de cadeia de suprimentos, Kayikci et al.(2020) e Longo et al.(2019) apresentam diferentes perspectivas da implementação da tecnologia. Somando-se a estes estudos, Andoni

et al.(2019) realizaram uma revisão sistemática com o objetivo de identificar as iniciativas do uso da tecnologia blockchain no setor energético, apontando os desafios e as oportunidades

2.2. Geração Distribuída no Brasil

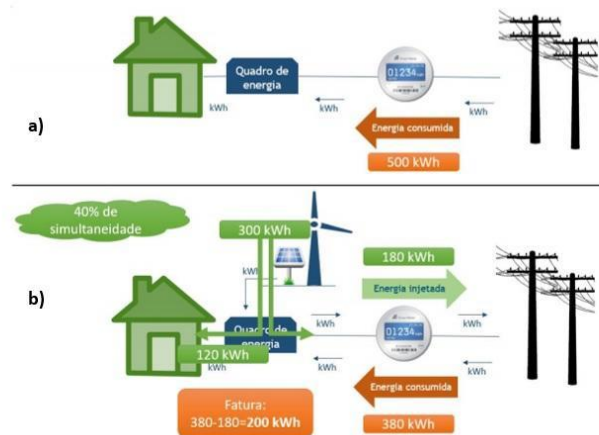
O racionamento energético ocorrido no Brasil em 2001 expôs quão frágil era o sistema energético brasileiro, no qual a maior parte da geração de energia elétrica é hidráulica e gerada em pouco pontos espalhados pelo país, de modo que, para levar a energia dos pontos de geração até os domicílios consumidores faz-se necessário um extenso sistema de transmissão (DIAS; EDSON; HADDAD, 2012). Quando leva-se em consideração a fragilidade do sistema energético brasileiro e o aumento da demanda por energia elétrica provocado pelo desenvolvimento tecnológico aliado ao crescimento populacional, modos alternativos de geração de energia, incluindo a geração distribuída, despontam como possíveis soluções para o atendimento destas novas necessidades.

De maneira sucinta, a geração distribuída pode ser entendida como a geração de energia elétrica a partir de geradores situados junto ou nas proximidades dos(s) consumidor(es) (SANTOS; SANTOS, 2008), fazendo surgir assim, o que tornou-se conhecido como prosumidores. São considerados prosumidores aquelas unidades consumidoras que também são geradoras de energia elétrica (BELISKI et al. 2018), ou seja, são aqueles agentes que consomem e produzem energia elétrica.

A Resolução Normativa 482/2012 (ANEEL), conceitua a microgeração distribuída de energia e estabelece as condições para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, bem como aos de compensação de energia elétrica em território brasileiro. Nesta Resolução a minigeração distribuída é entendida como sendo a central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Ou seja, ela regulamenta a geração de energia elétrica através dos prosumidores e criou também o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, mecanismo que permite que a energia excedente gerada por uma unidade consumidora com micro ou minigeração seja injetada na rede da distribuidora e posteriormente utilizada para abater o seu consumo mensal.

A energia gerada pela unidade de geração distribuída é constituída por duas componentes: energia injetada na rede e energia gerada de forma simultânea ao consumo (também chamada de energia autoconsumida). A Figura 2 ilustra dois cenários em que estas componentes ocorrem.

Figura 2. Energia injetada e energia autoconsumida



Fonte: Adaptado de (BRASIL. ANEEL, 2018)

Na Figura 2(a), temos o cenário em que determinado domicílio apenas consome energia da rede elétrica e, no exemplo o total consumido é de 500kWh. Já na Figura 2(b), tem-se um cenário em que determinado domicílio é capaz de gerar 300 kWh através de um gerador não-tradicional, utilizando energia renovável. Neste exemplo, o domicílio consome 120 kWh da energia produzida, injeta na rede um total de 180 kWh também consome da rede 380 kWh. A fatura deste prosumidor será de 200 kWh, pois subtrair-se - á da quantidade de energia consumida, aquela quantidade que foi injetada na rede elétrica. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados dentro de 60 meses para diminuir a fatura dos meses seguintes e. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto” (ANEEL,2018).

2.2.1. Vantagens e Desvantagens da Geração Distribuída

Considerando as perspectivas construtivas e de tecnologia, El-Khattam; Salama (2004) classificam os diferentes tipos de geração distribuída de energia em dois grandes grupos: (i) o grupo de geradores tradicionais no qual incluem-se os diversos tipos motores a combustão, como por exemplo microturbinas e (ii) o grupo de geradores não-tradicionais, dentro do qual incluem-se dispositivos eletroquímicos, geradores e dispositivos de energias renováveis, como por exemplo células de combustível, baterias e energia solar fotovoltaica, respectivamente.

Ambas contribuem para que o consumidor economize nas bandeiras tarifárias, bem como apresentam-se como alternativas aos impactos ambientais causados pelas grandes hidrelétricas. Ao realizar um levantamento de informações sobre os modelos de geração distribuída de energia e o de geração centralizada (PEREIRA, 2019), aponta certas vantagens da geração distribuída, tais como:

- (i) Incentivos específicos à geração distribuída: trata-se de regulamentações, incentivos fiscais e isenção de alguns impostos que encorajam os consumidores a adotarem este tipo de modelo energético
- (ii) Não necessita grandes áreas: Modelos de geração distribuída não necessitam de grandes extensões de terra, eles podem funcionar em espaços urbanos, no próprio domicílio do prosumidor.
- (iii) Redução dos custos de geração, distribuição, transmissão e distribuição: Com o aumento dos modelos distribuídos conectados à rede, há uma redução dos índices de demanda e consumo energético da geração centralizada, contribuindo para a redução dos gastos públicos relacionados a obras voltadas para sistemas de geração centralizada.

Por outro lado, dentre as desvantagens deste modelo de geração de energia, os autores apontam:

- (i) Custos da Rede Inteligente: As redes elétricas inteligentes possuem sistemas de controle que podem fornecer energia de forma estável e robusta, mas no Brasil seu custo de instalação ainda é considerado elevado
- (ii) Aspectos técnicos: os sistemas de geração distribuída podem gerar uma desestabilização na rede principal de energia. As operadoras de energia não conseguem controlar a flexibilidade do sistema para o fornecimento de acordo com a demanda, visto que ela será variável.

Soma-se a estes aspectos o fato da energia distribuída ser dependente de fatores climáticos como por exemplo o índice de incidência solar durante o dia e da velocidade dos ventos, em determinadas regiões. Este fato contribui para a instabilidade da energia gerada pelo domicílio prosumidor e injetada na rede por ele; tornando-se necessário que ele consuma da rede principal, controlada pelas operadoras. Esta instabilidade de consumo afeta o planejamento de demanda energético feito pelas operadoras do sistema elétrico.

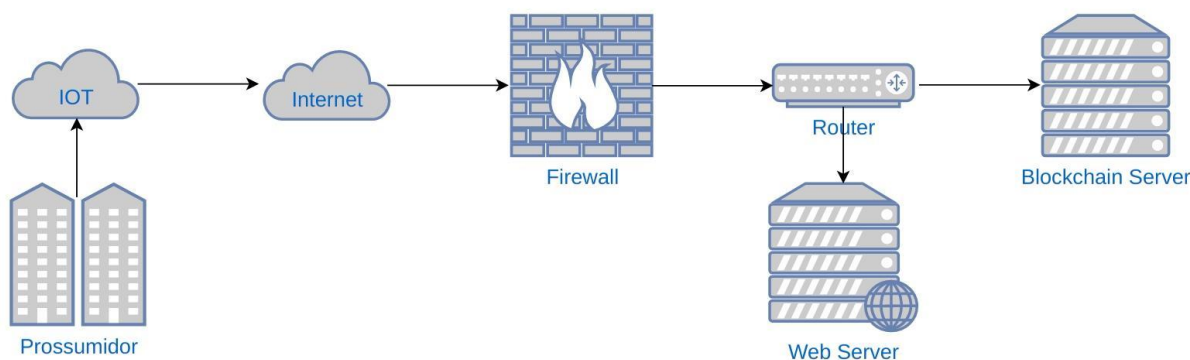
3. Materiais e Métodos

Para atender ao objetivo proposto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica, com o objetivo de conhecer as diferentes formas de contribuição científica existentes sobre a tecnologia blockchain, bem como as regulamentações que regem a geração distribuída de energia no Brasil. A partir de então foi construída, através de um diagrama de rede, a solução baseada em blockchain para a conciliação das informações relativas à geração distribuída de energia. Em seguida, utilizou-se a ferramenta REMIX, da plataforma Ethereum para elaborar o contrato inteligente da solução aqui proposta. Etheureum é a plataforma de rede blockchain mais popular, com documentação mais ampla e, atualmente é a plataforma com maior relevância no mercado e no meio acadêmico (FURG; UFSC; INE, 2021).

3.1. Diagrama da Rede

A Figura 3 apresenta um diagrama de rede simplificado, com apenas um nó prossumidor e a rede Blockchain. Nesse diagrama os dados de consumo e geração de energia, bem como a qualidade desta, quando entregue à rede da distribuidora são capturados por um dispositivo IOT e transmitidos a uma rede de dispositivos (Lorawan, Sigfox, Wifi, entre outras). Estas redes de dispositivos por sua vez estão conectadas à Internet, meio no qual os dados trafegam até chegarem aos Servidores Blockchain. O diagrama da Figura 3, mostra ainda um Firewall para evitar tráfego indesejado e um Web Server, que contém scripts usados para consulta e gravação dos dados na Blockchain.

Figura 3 – Diagrama de Rede para Coleta de Dados de Microgeração



Fonte: próprios autores

3.2. Armazenamento e Compartilhamento dos Dados

O armazenamento e o compartilhamento dos dados nesta proposta, será feito utilizando-se contratos inteligentes, onde os dados ficarão armazenados, conforme Estrutura Analítica de Projeto (EAP) da Figura 4.

Figura 4 – Estrutura Analítica de Projeto (EAP)



Fonte: próprios autores

O primeiro procedimento do contrato inteligente apresentado na Figura 4 é a Estrutura de Dados a ser gravada, contendo o endereço do prosumidor na Rede Blockchain, a data e a hora da medição, o número identificador do dispositivo IoT, o consumo instantâneo no momento da medição, assim como o THD (distorção harmônica total), que é uma medição da qualidade de energia entregue à distribuidora, quando ocorre excedente de produção de energia. Tendo também o consumo e o THD acumulado desde a última conta, para ser faturada na próxima conta e o consumo e o THD total, que são valores acumulados desses indicadores desde que se iniciou o processo de medição.

Uma vez definida a estrutura de dados para armazenamento e disponibilização das medições de consumo e qualidade de energia cogerada pelo prosumidor, os demais procedimentos referem-se ao tratamento e consulta dos dados. Sendo o procedimento de “Gravação de Dados” para armazenar as medições no contrato inteligente; o procedimento de “Registro de Movimentação” responsável por gravar no bloco de transação da Rede Blockchain uma imagem dos dados a serem gravados no contrato inteligente, garantindo a imutabilidade e auditabilidade do sistema. E os dois últimos procedimentos são consultas, que podem ser por data e hora da medição e o endereço do prosumidor ou podem usar o endereço do prosumidor e um número sequencial, que vai sendo incrementado a cada nova medição gravada.

4. Resultados

A plataforma Remix cria interfaces para interação entre usuários e o contrato inteligente, permitindo, além da compilação do contrato inteligente, realizar testes para verificar seu

funcionamento, maiores detalhes sobre o uso da plataforma Remix, tais como, compilação, implementação, seleção de contas (endereços) de usuários, entre outras informações podem ser encontrados em YANO et al. (2018). A Figura 6 apresenta um exemplo de inserção de valores de medição.

Figura 6 – Gravação de dados no contrato inteligente

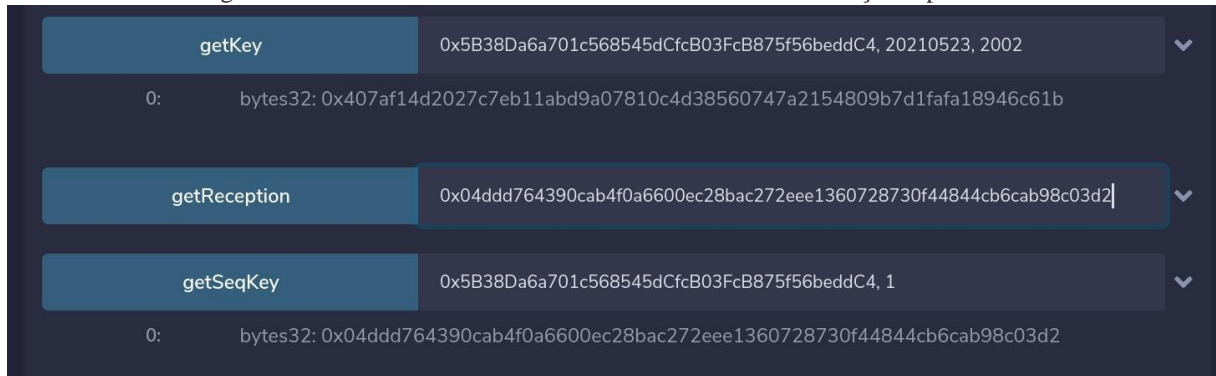


Fonte: Imagem adaptada do site <https://remix.ethereum.org/>

Uma vez gravados, os dados podem ser consultados de duas formas: (i) utilizando o endereço do prosumidor, mais a data e o horário da medição através da função “getKey”, ilustrada na Figura 7, para consultar a chave de acesso aos dados no contrato inteligente ou (ii) utilizando

o endereço do prossumidor mais um número sequencial, com a função “getSeqKey”, também ilustrada na Figura 7.

Figura 7 – Consulta à chave de acesso aos dados de uma medição específica



Fonte: Imagem adaptada do site <https://remix.ethereum.org/>

A Figura 8 mostra o acesso à medição desejada gravada no contrato inteligente, pela função “getReception”.

Figura 8 – Consulta aos dados gravados no contrato inteligente



Fonte: Imagem adaptada do site <https://remix.ethereum.org/>

5. Conclusão

O gerenciamento dos nós dos grids de microgeração distribuída está entre os desafios para ampliação massiva da solução tecnológica de geração aberta, incluindo a energia solar fotovoltaica residencial, que apresenta as vantagens ambientais e da vocação natural do Brasil como um dos principais geradores de energia solar.

A tecnologia Blockchain apresenta-se como possível solução de gerenciamento dos saldos de créditos de energia, resultantes de excedentes de produção dos prossumidores residenciais, uma vez que possui características aderentes à necessidade de segurança na preservação de informação, de atuar de forma distribuída, facilitando o acesso e evitando ponto único de falha, e gera confiança para as distribuidoras de energia e prossumidores, devido sua auditabilidade, rastreabilidade e imutabilidade.

A partir dos dados armazenados é possível obter outros benefícios, tais como, análise da qualidade de energia provida nesta cogeração, analisar perfis de prossumidores para predição de necessidades e ofertas de energia sazonais, com impacto no planejamento e contratos futuros de compra e venda de energia. Portanto a adoção de tecnologia Blockchain pelas redes distribuídas pode trazer avanços importantes na gestão da geração, distribuição e consumo da energia elétrica.

REFERÊNCIAS

ALVES DE MELO, Rejanne; MATIAS, Rafael Rocha. **Filtro ativo de potência controlado pela teoria pq para compensação harmônica em sistemas de microgeração.** In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018.

ANDONI, M.; ROBU, V.; FLYNN, D.; ABRAM, S.; GEACH, D.; JENKINS, D.; MCCALLUM, P.; PEACOCK, A. **Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 100, n. October 2018, p. 143–174, 2019.
Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.10.014>

BEZERRA, Francisco Diniz. **Energia eólica no Nordeste.** 2019.

BRASIL. ANEEL. **Revisão das regras aplicáveis à micro e minigeração distribuída - Resolução Normativa nº 482/2012. Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº 0004/2018.** Aneel, p. 60, 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/consultas-publicas-antigas>

CALLEGARO, A. D. et al. **Influência de Inversores de Frequência na Qualidade da Energia Elétrica.** Apresentado no VII SBQEE Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia, Santos, Brasil, 2007.

CARVALHO, Monica et al. **Potential of photovoltaic solar energy to reduce the carbon footprint of the Brazilian electricity matrix.** LALCA: Revista Latino-Americana em Avaliação do Ciclo de Vida, v. 1, n. 1, p. 64-85, 2017.

CHAMBER OF DIGITAL COMMERCE; SMART CONTRACTS ALLIANCE; EARLS, J.; SMITH, M.; SMITH, R. **Smart contracts: is the law ready?** n. September, p. 62, 2018. Disponível em: <https://lowellmilkeninstitute.law.ucla.edu/wp-content/uploads/2018/08/Smart-Contracts-Whitepaper.pdf>

COZZI, Laura; GOULD, Tim. **World Energy Outlook 2015.** International Energy Agency, 2015.

DIAS, M. V. X.; EDSON, C. B.; HADDAD, J. **Geração distribuída no Brasil: oportunidades e barreiras.** Revista Brasileira de Energia, v. 11, n. 2, p. 1–11, 2012. Disponível em: http://new.sbpe.org.br/wp-content/themes/sbpe/img/artigos_pdf/v11n02/v11n02a7.pdf

DUDIN, Mikhail Nikolaevich et al. **Study of innovative technologies in the energy industry: nontraditional and renewable energy sources.** Entrepreneurship and Sustainability Issues, v. 6, n. 4, p. 1704, 2019.

EL-KHATTAM, W.; SALAMA, M. M. A. **Distributed generation technologies, definitions and benefits.** Electric Power Systems Research, v. 71, n. 2, p. 119–128, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2004.01.006>

FERREIRA, J. E. Blockchain para Criação de Novos Modelos de Negócio e Seus Impactos na Indústria de Serviços Financeiros. **Universidade de Pernambuco**, [s. l.], 2017.

FURG, L. R.; UFSC, O. M.; INE, R. T. **Introdução à Blockchain e Contratos Inteligentes : Apostila para Iniciante.** [S. l.]: Relatório Técnico INE 001/2021 - Departamento de Informática e Estatística -Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

GAVA CASTALDO, Natália et al. **What is the profile of the investor in household solar photovoltaic energy systems?.** Energies, v. 12, n. 23, p. 4451, 2019.

IBM. **Transform healthcare outcomes with the simplicity of IBM Blockchain.** IBM,2017. Disponível em: <https://www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=KU912407USEN&>

KAYIKCI, Y.; SUBRAMANIAN, N.; DORA, M.; BHATIA, M. S. **Food supply chain in the era of Industry 4.0: blockchain technology implementation opportunities and impediments from the perspective of people, process, performance, and technology.** Production Planning and Control, v. 0, n. 0, p. 1–21, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810757>

KIM, Seong-Kyu; HUH, Jun-Ho. **A study on the improvement of smart grid security performance and blockchain smart grid perspective.** *Energies*, v. 11, n. 8, p. 1973, 2018.

LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A.; D’ATRI, G.; FORTE, M. **Blockchain-enabled supply chain: An experimental study.** *Computers and Industrial Engineering*, v. 136, n. July, p. 57–69, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.026>

MULLER, A. N. **Contabilidade Básica: Fundamentos Essenciais.** São Paulo: [s. n.], 2009.

PAN, X.; PAN, X.; SONG, M.; AI, B.; MING, Y. **Blockchain technology and enterprise operational capabilities: An empirical test.** *International Journal of Information Management*, v. 52, n. April 2019, p. 101946, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.05.002>

PALUDO, J. **Avaliação dos impactos de elevados níveis de penetração da geração fotovoltaica no desempenho de sistemas de distribuição de energia elétrica em regime permanente.** USP - São Carlos.; 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-23042014-153815/publico/DissertPaludoJulianaAramizuCorrig.pdf>. Acesso em abril de 2021.

PEREIRA, Narlton Xavier. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada.** 2019.

RABAH, K. **Challenges & Opportunities for Blockchain Powered Healthcare Systems: A Review.** *Mara Research Journal of Medicine & Health Sciences*, v. 1, n. 1, p. 45–52, 2017.

SANTOS, F.; SANTOS, F. M. S. M. dos. **Geração distribuída versus centralizada.** *Millenium - Journal of Education, Technologies, and Health*, v. 0, n. 35, 2008.

SZABO, N. **Formalizing and Securing Relationships on Public Networks.** *First Monday*, v. 2, n. 9, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>

TREIBLMAIER, H. **The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action.** *Supply Chain Management*, v. 23, n. 6, p. 545–559, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029>

ZHANG, P.; SCHMIDT, D. C.; WHITE, J.; LENZ, G. **Blockchain Technology Use Cases in Healthcare.** 1. ed. [S. l.]: Elsevier Inc., 2018. v. 111. *E-book*. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2018.03.006>

YANO, Inácio Henrique et al. **Modelo de rastreamento bovino via Smart Contracts com tecnologia Blockchain.** Embrapa Informática Agropecuária-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2018.

YANO, Inácio Henrique et al. **Storing data of sugarcane industry processes using blockchain technology.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 40., 2020, Foz do Iguaçu. Contribuições da engenharia de produção para a gestão de operações energéticas sustentáveis: anais. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2020.