

**Tesla Virtual Power Plant: enfoque no direito ambiental***Tesla Virtual Power Plant: focus on environmental law**Central eléctrica virtual de Tesla: el Derecho medioambiental en el punto de mira*

Hugo Sarmiento Gadelha¹, Paulo Gomes Bezerra², Adryele Gomes Maia³, Frederico Cavalcantes de Moura⁴, Geórgia Carla de Vasconcelos Pina⁵ e Everton Francisco Carvalho Silva⁶

RESUMO: O presente artigo teve como objeto de pesquisa a Usina Virtual de Energia e sua relação com o direito ambiental, especialmente no que se refere a diminuição das emissões atmosféricas. Perante o exposto, surgiu a problemática: quais os impactos ambientais e a relação com o direito ambiental da Tesla Virtual Power Plant? A vista disso, o artigo possuiu como objetivo compreender a relação entre o Direito Ambiental e as novas tecnologias e inovações no que se refere a geração de energia da Tesla Inc, focando na Usina de Energia Virtual, bem como averiguar os ganhos ambientais, bem como aumento da eficiência energética, visando fornecer aspectos à implantação destas usinas, e identificar os principais aspectos ambientais dessa tecnologia ainda em desenvolvimento. Ao que se refere à metodologia, realizou-se uma pesquisa bibliográfica através da Análise Temática de Minayo. revisão bibliográfica através da Análise Temática de Minayo. Diante disso, verificou-se que a Usina Virtual de Energiase trata de uma tecnologia ainda em aprimoramento, tendo em vista poucos cases de sucesso, porém, nos diversos estudos analisados, encontrou-se diversos ganhos ambientais com a utilização dessa tecnologia, como maior resiliência, menor emissão de gases de efeito estufa, uso mais eficiente de energia, redução de contas, proteção contra possíveis cortes de energia e transferência de energia solar para apoiar a rede, colaborando para a sustentabilidade e preservação dos recursos naturais, reduzindo os níveis de a poluição e os gases de efeito estufa por meio das várias energias alternativas.

Palavras-chave: Energias; Meio ambiente; Novas tecnologias.

ABSTRACT: The object of this article was to research the Virtual Power Plant and its relationship with environmental law, especially with regard to reducing atmospheric emissions. In view of the above, the problem arose: what are the environmental impacts and the relationship with environmental law of the Tesla Virtual Power Plant? In view of this, the article aimed to understand the relationship between environmental law and new technologies and innovations with regard to Tesla Inc's energy generation, focusing on the Virtual Power Plant, as well as to ascertain the environmental gains, as well as increased energy efficiency, in order to provide aspects for the implementation of these plants, and to identify the main environmental aspects of this technology that is still under development. As far as the methodology is concerned, a literature review was carried out using Minayo's Thematic Analysis. literature review was carried out using Minayo's Thematic Analysis. As a result, it was found that the Virtual Power Plant is a technology that is still being improved, with few success stories. However, in the various studies analyzed, several environmental gains were found with the use of this technology, such as greater resilience, lower greenhouse gas emissions, more efficient use of energy, reduced bills, protection against possible

¹Graduado em Direito, Tabelião, Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande e Doutorando pela Universidade pela Universidade de Marília;

²Graduado em Geografia e Mestrando pela Universidade Federal de Campina Grande;

³Graduada em Farmácia e Mestranda pela Universidade Federal de Campina Grande;

⁴Graduado em Administração de Empresas pela Universidade de Pernambuco; MBA em Gestão de Finanças, Auditoria e Controladoria na Fundação Getúlio Vargas e Mestre pela Universidade Federal de Campina Grande;

⁵Graduado em Administração pela Universidade Federal da Paraíba (1995), Especialização em Qualidade e Produtividade Universidade Federal da Paraíba. Tem experiência na área de Administração, com ênfase em Gestão em Saúde, Medical Device Training e Gestão de Pessoas;

⁶Graduado em Administração pela Universidade Estadual da Paraíba, especialização em Gestão Pública pela Faculdade Futura, curso-técnico-profissionalizante pela Escola Técnica Redentorista e ensino-médio-segundo-graupelo Colégio Alfredo Dantas.

power cuts and the transfer of solar energy to support the grid, contributing to sustainability and the preservation of natural resources, reducing levels of pollution and greenhouse gases through various alternative energies.

Keywords: Energy; Environment; New technologies.

RESUMEN: El objetivo de este artículo era investigar la Central Eléctrica Virtual y su relación con la legislación medioambiental, especialmente en lo que respecta a la reducción de las emisiones atmosféricas. En vista de lo anterior, surgió el problema: ¿cuáles son los impactos ambientales y la relación con el derecho ambiental de la Central Eléctrica Virtual de Tesla? En vista de ello, el objetivo de este artículo es comprender la relación entre el derecho ambiental y las nuevas tecnologías e innovaciones en lo que respecta a la generación de energía de Tesla Inc, centrándose en la Central Eléctrica Virtual, así como conocer las ganancias ambientales y el aumento de la eficiencia energética, con el fin de proporcionar aspectos para la aplicación de estas plantas, e identificar los principales aspectos ambientales de esta tecnología, que aún está en desarrollo. En cuanto a la metodología, se realizó una revisión bibliográfica mediante el Análisis Temático de Minayo. Como resultado, se constató que la Central Virtual es una tecnología aún en desarrollo, con pocos casos de éxito. Sin embargo, en los diversos estudios analizados, se constataron diversas ganancias ambientales con el uso de esta tecnología, como mayor resiliencia, menor emisión de gases de efecto invernadero, uso más eficiente de la energía, reducción de las facturas, protección contra posibles cortes de energía y transferencia de energía solar para apoyo a la red, contribución a la sostenibilidad y preservación de los recursos naturales, reducción de los niveles de contaminación y de gases de efecto invernadero a través de diversas energías alternativas.

Palabras clave: Energía; Medio ambiente; Nuevas tecnologías.

INTRODUÇÃO

A energia elétrica desempenha um papel importante no desenvolvimento econômico e no bem-estar humano em todo o mundo. Na última década, a demanda de eletricidade vem aumentando de forma contínua em uma média de 3,1% ao ano, o causando grande impacto sobre o sistema de energia e o ambiente global (MAHMUD et al., 2020).

Tendo em vista a necessidade de tornar o processo de geração e distribuição de energia mais sustentável, ao longo das últimas décadas a sociedade vem se conscientizando da importância do meio ambiente e sua preservação. As consequências do mal uso que fazemos dos recursos naturais tem gerado grandes proporções, como exemplo o aquecimento global e das mudanças climáticas; fazendo-se necessário termos responsabilidade com o planeta em que vivemos (BURSZTYN, 2018).

Em meados dos anos 70, o mundo se encontrava em meio à crise do petróleo, esse marco na história fez com que eclodissem pesquisas com objetivos de encontrar fontes renováveis, para abastecimento de energia para população, outro fator que contribuiu consideravelmente para essas buscas é a preocupação com a preservação do meio ambiente, de modo a reduzir os desastres ambientais que tem crescido quando comparados aos últimos anos (BORGES et al., 2017).

Com o progresso da produção de consumo em alto nível no mundo, surgiu nas últimas décadas uma apreensão enorme com os assuntos voltados ao meio ambiente. As energias renováveis surgem como opção para diminuir as consequências do colapso ambiental, contudo,

não tem a competência de suprir inteiramente a demanda atual de energia (BONDARIK; PILATTI; HORST, 2018).

O consumo das energias renováveis necessita de um plano com objetivo de ter uma responsabilidade ambiental, bem como um amplo conhecimento relacionado aos recursos administrados (LOSEKANN; HALLACK, 2018). Silva (2016, p. 1) complementa ao afirmar que “o aproveitamento e a exploração de recursos energéticos renováveis surgem, então, como um importante veículo para o alcance destas metas.”

Tendo em vista o aumento do consumo de energia no mundo, surgiram novas tecnologias que influenciam na forma como geramos, distribuimos e consumimos energia. Ao lado de outros, a geração distribuída de energia se torna uma grande tendência em diversos países, em que se destaca a rápida expansão dos Recursos de energia distribuída (DER) e a tendência contínua de um mercado de eletricidade mais competitivo exigem novas tecnologias e políticas para lidar com questões técnicas e econômicas emergentes.

Com finalidade de lidar com a geração distribuída e intensificar sua visibilidade dentro dos mercados de energia, surgiu a ideia de usina virtual, em que é combinado várias unidades geradoras distribuídas de pequeno porte para formar uma "única unidade de geração virtual" que pode atuar como uma convencional e capaz de ser visível ou gerenciável individualmente (SABOORI; MOHAMMADI; TAGHE, 2011).

A Usina de Energia Virtual é um conceito recente e nasceu há alguns anos. O conceito principal é baseado em uma estrutura de controle centralizada que conecta, controla e visualiza um trabalho de geradores distribuídos. Geradores combinados de calor e energia, células de combustível, fotovoltaicos, bombas de calor, coletores solares e quaisquer outras fontes de energia e calor podem ser agregados e cooperar em conjunto na área local (NIKONOWICZ; MILEWSKI, 2012). A usina virtual tem grande potencial para melhorar a sustentabilidade urbana, fornecendo energia limpa de geradores distribuídos (LIU et al., 2021).

É um sistema que integra vários tipos de fontes de energia, de modo a proporcionar um fornecimento de energia global confiável e amigável. As fontes são frequentemente um conjunto de sistemas de geração distribuídos com energias renováveis intermitentes (YU et al., 2019).

Neste estudo, será dado o enfoque ao direito ambiental e a usina elétrica virtual, especialmente a Tesla Powerwalls, usados em conjunto para fornecer serviços de rede e evitar o uso de usinas de energia poluidoras e de alto custo. A Usina Virtual de Energia da Tesla consiste em hardware e software integrados, incluindo computação em nuvem e de borda, trabalhando com sistemas distribuídos para o monitoramento, agregação, otimização e controle de ativos de

energia distribuída, incluindo geração solar, armazenamento de baterias e rede de super-carregamento.

Isto foi seguido por um corte de preço para o sistema de baterias domésticas. Junto com os subsídios existentes para soluções renováveis, a oportunidade de instalar um sistema dedicado de baterias domésticas inteligentes tornou-se uma opção muito atraente para os proprietários de residências.

Diante das informações apresentadas, o estudo se justificará através da necessidade de abordar tal temática ao qual é tida como sendo relativamente recente e pouco conhecida por grande parte da população, possuindo assim um enfoque social, jurídico e acadêmico.

Neste contexto, o presente estudo a terá buscou compreender a relação entre o Direito Ambiental e as novas tecnologias e inovações no que se refere a geração de energia da Tesla Inc, focando na “Virtual Power Plant”, em português, a Usina de Energia Virtual. O objetivo geral do estudo proposto foi averiguar os ganhos ambientais, bem como aumento da eficiência energética, visando fornecer aspectos à implantação destas usinas, e identificar os principais aspectos ambientais dessa tecnologia ainda em desenvolvimento. A fim de alcançar os objetivos a que estudo se propõe se utilizará uma revisão bibliográfica através da Análise Temática de Minayo.

Cumprir observar preliminarmente que o referido trabalho se encontra dividido ao longo de três Capítulos. No primeiro momento, será apresentado os aspectos metodológicos da pesquisa, para melhor situar o leitor sobre esta pesquisa e, posteriormente, é apresentado os conceitos referentes ao Direito Ambiental, bem como uma análise prévia da Usina de Energia Virtual, implanta pela Tesla Inc em diversos países no mundo.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

O método científico consiste em um conjunto de passos e ferramentas pelo qual o pesquisador direciona seu projeto de trabalho com critérios de caráter científico para alcançar dados que suportam ou não sua teoria inicial, em que possui liberdade de definir quais os melhores instrumentos vão utilizar para cada tipo de pesquisa com finalidade de alcançar resultados confiáveis e com possibilidades de serem generalizados para outros casos (PRAÇA, 2015).

Conforme caracteriza Scaletsky (2010), do ponto de vista da natureza, esse trabalho trata de uma pesquisa aplicada, no qual tem como finalidade provocar conhecimentos para a aplicação prática orientada à solução de objetivos específicos.

No que se refere a abordagem, é uma pesquisa qualitativa, isto é, “não utiliza modelos matemáticos e/ou de aplicações estatísticas, mas da interpretação de textos, sons, imagens e até de linguagem não verba” (PAIVA JÚNIOR; LEÃO; MELLO, 2011, p. 191).

Analisando os objetivos essa pesquisa é exploratória, ou seja, as informações são geralmente qualitativas e não há possibilidade de outros tipos de dados, em que o pesquisador interage diretamente com o objeto de estudo, alterando-o (TONETTO; BRUST-RENCK; STEIN, 2014).

Em relação aos procedimentos técnicos é do tipo revisão de literatura. É um método prático de grande valia, já que este otimiza tempo e o pesquisador em alguma das vezes não têm tempo para realizar a leitura de todo o conhecimento científico disponível devido ao volume alto, e com isso dificulta a realização da análise crítica dos estudos (LAKATOS; MARCONI, 2015).

Dessa forma, para a realização desta pesquisa, a primeira etapa foi a organização do problema a ser pesquisado, para posteriormente avaliar e aplicar todo o máximo do material bibliográfico disponível, uma vez que o tema deve conter relevância tanto teórica como prática e proporcionar interesse de ser estudado.

O presente estudo foi realizado com base em uma revisão bibliográfica, utilizando trabalhos científicos acerca do tema, através das bases de dados Google Acadêmico, Banco de Teses USP, Banco de Teses e dissertações da UnB, Biblioteca Digital da Unicamp e Portal de Periódicos da CAPES. Para organizar as informações dos trabalhos selecionados da base de dados, foi utilizada a leitura flutuante dos títulos e resumos dos trabalhos bem como os resultados apresentados.

Como fatores de inclusão, foram utilizados os dados obtidos através de publicações em forma de artigos, TCC, Dissertações e Teses, bem como leis acerca do tema e sites estrangeiros especialista na tecnologia de interesse do artigo. Como fatores de exclusão: artigos que não contemplem o objetivo de pesquisa, artigos em inglês, em duplicidade.

Os resultados desta pesquisa geraram um conjunto inicial de documentos, que filtraremos os resultados iniciais da pesquisa a partir da leitura do título e do resumo. Todos os artigos encontrados, relacionados ao tema, foram incluídos na análise, independentemente de ser o assunto principal do artigo ou apenas mencionado no resumo.

Para organizar as informações dos trabalhos selecionados da base de dados, foi utilizada a leitura flutuante dos títulos e resumos dos trabalhos bem como os resultados apresentados. A ordem de prioridade para a escolha de trabalho foi: (i) artigos publicados em periódicos internacionais; (ii) artigos publicados em periódicos nacionais reconhecidos; (iii) livros

publicados por bons editores; (iv) teses e dissertações; (v) anais de conferências internacionais; (vi) anais de conferências nacionais.

Foi utilizado a Análise Temática de Minayo, no qual se desdobra nas etapas pré-análise, exploração do material ou codificação e tratamento dos resultados obtidos, visando dá uma resposta aos objetivos para que foi feito o trabalho.

A etapa da pré-análise consiste na escolha dos documentos a serem analisados e na retomada das hipóteses e dos objetivos iniciais da pesquisa. O investigador deve se perguntar sobre as relações entre as etapas realizadas, elaborando alguns indicadores que o orientem na compreensão do material e na interpretação final (MINAYO, 2014).

Na segunda etapa da exploração do material ou codificação: Será realizado uma exploração do material que consiste necessariamente numa operação classificatória que visa alcançar o núcleo de compreensão do texto. A terceira etapa consiste no tratamento dos resultados obtidos, onde o analista propõe deduções e realiza interpretações, inter-relacionando-as com o quadro teórico desenhado inicialmente ou abre outras pistas em torno de novas dimensões teóricas e interpretativas, sugeridas pela leitura do material (MINAYO,2014).

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, SUSTENTABILIDADE E A USINA ELÉTRICA VIRTUAL: O CASO DA TESLA, INC.

A rede de energia elétrica é uma tecnologia do século 20, com geração grande e centralizada, baseada principalmente em combustíveis fósseis e apenas alguns pontos de controle. Ao longo de décadas, foi criado uma rede elétrica que é complexa e formada por grandes usinas elétricas alimentadas por combustíveis fósseis, além de estarem distantes dos usuários finais, com linhas de transmissão de alta tensão e linhas de distribuição de baixa tensão que transportam eletricidade para milhões de consumidores (EISEN, 2012).

Porém, apesar da importância no progresso da humanidade, a demanda está próxima a sobrecarregá-la, como pode-se comprovar no blackout de 2003 nos Estados Unidos, que perdurou quatro dias, impactando diretamente na economia e afetando 50 milhões de pessoas (BANDEIRA, 2015).

Atualmente, há necessidade de novas tecnologias para enfrentar o desafio urgente para a transição dos combustíveis fósseis a fim de evitar os piores efeitos da mudança climática. Tendo em vista que a queima desses combustíveis emite gases efeito estufa que contribui no aquecimento global, ocasionando alterações climáticas (SUÁREZ; OLINTO, 2018).

Esses impactos ao meio natural foram intensificados no século XXVII a partir da revolução industrial, em que o sistema econômico que vivemos passou a enxergar o mundo de

uma forma insustentável, a longo prazo, e entender o meio ambiente como um depósito de entulhos das companhias que utilizavam o carvão mineral, combustível necessário para dar funcionamento aos equipamentos industriais, como fonte de energia (PIVA, 2010). De acordo com o autor:

Com o tempo e o avanço das tecnologias de produção, especialistas averiguaram que a utilização de combustíveis fósseis (carvão mineral; e depois, o petróleo) ia aumentar as preocupações ambientais. Um movimento global para a geração de energias renováveis é, portanto, posto sob forma de ajudar a satisfazer as necessidades energéticas que vem aumentando. (PIVA, 2010, p. 9).

Como explica Monyei (2012), com o aumento do debate público contra a queima de gás e as consequências ambientais e energéticas continua a gerar contra o sustentável desenvolvimento, tornou-se necessário melhores formas eficientes de geração de energia e um uso efetivo da (limitada) energia disponível seja evoluído. Pois, a pobreza energética pode ser abordada através do uso de tecnologias mais inteligentes, que informa as decisões que tomamos como indivíduos, cidadãos corporativos, políticos e funcionários eleitos, com sua exploração afiação sobre sua capacidade de afetar nossa escolha de energia e impactos econômicos resultantes.

Nos últimos anos, grandes avanços na tecnologia de energias, como solar, eólica, hidrelétrica, por exemplo, levaram a estar no centro da consideração mais do que antes, devido à necessidade de menor custo, menos poluição ambiental, mais flexibilidade, maior confiabilidade e melhor qualidade de energia. Porém, devido à falta de combustível fóssil que leva ao aumento dos preços da energia e ao aumento gradual da temperatura global, diversos países no mundo foram obrigados a alterar o foco de sua política energética para diferentes tipos de suprimentos de energia e implantação de energias alternativas (KASAEI et al., 2017).

Hoje em dia, a nova ordem mundial busca a autossuficiência em geração de energia, em consonância a uma mudança de tecnologias, diferentes fontes de energias alternativas que supram a demanda interna dos países, em circunstâncias de escassez de combustíveis fósseis (PACHECO, 2006).

Pesquisadores propuseram mudança na produção de eletricidade, deixando de depender em centrais elétricas centrais para maior utilização de um sistema descentralizado, conhecida como geração distribuída de eletricidade. Pretende-se produzir eletricidade com soluções implantadas mais próximas aos consumidores, em que ainda representa uma mudança de paradigma, transformando os usuários finais de consumidores de energia em produtores e gerentes de energia (EISEN, 2012).

Essa necessidade se deu pela urgência de lidar com a mudança climática, onde o sistema de energia distribuída se tornou uma tecnologia imprescindível para solucionar a redução da

utilização de combustíveis fósseis no setor elétrico da economia e adaptar-se às mudanças climáticas e, evitar efeitos ambientais potencialmente catastróficos (ASMUS, 2010).

Destaca-se Virtual Power Plant (VPP), que significa, traduzindo para o português, Usina de energia virtual. Essa tecnologia combina fontes renováveis, Sistema de Armazenamento de Energia, pequenas usinas convencionais e cargas interrompíveis que podem fornecer ações de mercado como uma única usina (KASAEI et al., 2017). Liu et al. (2021, p. 2) afirmam que essa tecnologia:

[...] é uma rede de geradores distribuídos (DGs) e sistemas de armazenamento de energia (ESSs), nos quais esses elementos integrados participam do mercado de energia como uma única entidade e funcionam de forma semelhante a uma usina convencional (CPP). Um sistema de gestão de energia que pode agendar e controlar os componentes é uma parte vital do VPP (Giuntoli & Poli, 2013). Habilitados pela tecnologia da informação e comunicação (TIC), os usuários que possuem recursos de energia distribuída (DERs) podem atuar tanto como uma carga quanto como um gerador em VPP, dependendo dos esquemas de agendamento dos operadores de VPP.

De forma simplificada, a Usina de energia virtual representa uma "Internet da energia", tocando redes de rede existentes para adaptar serviços de fornecimento e demanda de eletricidade para um cliente, maximizando o valor para o usuário final e para o utilitário de distribuição através de inovações de software (ASMUS, 2010). De acordo com o autor, a Usina de energia virtual mistura as características únicas de vários recursos potenciais em uma instalação "virtual" que pode ser organizada por tipo de programa, categoria de recursos do lado da oferta ou localização na rede de distribuição.

A Usina de energia virtual é amplamente utilizada pela Tesla, Inc. permitindo que estes diversos componentes atuem em conjunto. A Tesla deixou de ser apenas uma empresa de veículos elétricos e passou a ser uma empresa de energia que não só utiliza energia sustentável, como também desenvolve tecnologias inovadoras para armazenar essa energia. A Tesla desenvolveu baterias inovadoras, onde busca permitir que o mundo acelere a mudança dos combustíveis fósseis para um futuro energético sustentável

Uma das coisas que se pode fazer é reunir baterias nas casas das pessoas para criar centrais elétricas virtuais, proporcionando valor tanto para a rede elétrica quanto para o proprietário da casa ou da empresa. Isto casa com alguns dos mais interessantes e desafiadores problemas na computação distribuída, com alguns dos mais importantes e desafiadores problemas na energia renovável distribuída.

A Usina de Energia Virtual da Tesla permite maximizar a economia de energia através de taxas flexíveis de tempo de uso. Ao monitorar e gerenciar seu Powerwall, a tecnologia contribui objetivando garantir que as habitações sejam alimentadas pela fonte de energia mais

econômica. Isto ajuda a reduzir sua conta de energia enquanto aumenta o acesso à energia renovável mais limpa em toda a sua comunidade.

A Tesla se envolveu pela primeira vez fornecendo seu Powerpack em um grande projeto de armazenamento de energia de propriedade da Neoen, que ficou conhecido como a "Bateria Grande de Tesla". Tesla lançou tal iniciativa na Austrália e na Califórnia, em parceria com o governo local, objetivando reduzir as tarifas de eletricidade.

Usina de Energia Virtual da Tesla é um projeto ousado desenvolvido no estado da Austrália do Sul, formado por 50.000 residências equipadas com painéis solares e baterias Powerwall nas habitações, com objetivo de gerar 250 MW (megawatt) de energia solar e 650 MWh (megawatt por hora) de capacidade de armazenamento de bateria. É fornecido pela empresa os painéis solares e as baterias Powerwall, sem custos para famílias de baixa renda envolvidas no projeto (RICARDO, 2021).

A Austrália, e especialmente o sul da Austrália, possuía sérios problemas de desabastecimento de energia nos últimos anos, à medida que possui a infraestrutura envelhecida e busca gerenciar uma alta penetração de energia renovável, o que desestabilizou os mercados de energia devido à inconsistência do fornecimento de energia. Além disso, nessas regiões, havia uma rede instável e os altos custos de eletricidade, resultando em algumas famílias tendo que decidir entre manter as luzes acesas ou passar fome. Dessa forma, o projeto tem como objetivo equipar as residências com as ferramentas para armazenar eletricidade, devolver eletricidade à rede e energizar suas casas com energia 100% limpa.

Os benefícios dessa tecnologia incluem a redução de contas, proteção contra possíveis cortes de energia e transferência de energia solar para apoiar a rede quando necessário, colaborando para a sustentabilidade e preservação dos recursos naturais, reduzindo os níveis de a poluição e os gases de efeito estufa através do uso de energia renovável.

Como dito anteriormente, os painéis solares desempenham seu papel gerando energia para sua casa, juntamente com qualquer energia extra armazenada em baterias Powerwall, ou energia que tenha sido transferida para a rede. O sistema de gerenciamento inteligente de energia da Tesla garante que qualquer energia armazenada ou vendida à rede será feita em horários de pico, quando a demanda de energia estiver no seu máximo. Isto, por sua vez, reduz a necessidade de combustíveis fósseis na rede.

O sistema de baterias Powerwall da Tesla também contribui para a energia, independentemente das condições climáticas, tendo em vista que a luz solar não é necessária, e o Powerwall permite que os painéis solares continuem a produzir energia mesmo durante um corte de energia, podendo ser facilmente gerenciado.

A Tesla está ajudando a otimizar o crescente número de instalações solares no telhado na Austrália do Sul. Porém, é um projeto que tem exigido tanto conhecimento jurídico, quanto tecnológico. Ao ligar milhares de casas movidas a energia solar e novas baterias, a iniciativa aliviará o estresse na rede elétrica causado por picos e quedas na energia solar. A Tesla está criando uma 'usina elétrica virtual' em uma comunidade de 3.000 unidades habitacionais sociais em Adelaide, que está agregando energia de seus painéis solares individuais e suas baterias.

Para os residentes, o fornecerá eletricidade limpa mais acessível, sem custo inicial. Ele está sendo financiado pela Corporação Financeira de Energia Limpa de propriedade do governo australiano, pelo governo do Sul da Austrália e pela própria Tesla. Entretanto, o plano exigiu uma nova estrutura legal para assegurar que os residentes sejam protegidos. Mas, ao agregar energia solar em várias baterias Tesla Powerwall - unidades recarregáveis projetadas para uso doméstico - pode-se fornecer energia suficiente para a rede quando ela precisar. A energia gerada durante o dia pode estar disponível em períodos de pico de demanda durante o início da noite.

As baterias de íons de lítio permitem que explosões repentinas de energia sejam ligadas quando necessário. Este sistema de central elétrica virtual usa o software baseado em nuvem da Tesla para carregar ou descarregar energia das baterias, comercializando-a no Mercado Nacional de Eletricidade da Austrália. A capacidade de uma usina de energia virtual "pode às vezes igualar ou até superar uma usina de energia tradicional", diz a Agência Australiana de Energia Renovável.

Entre os ganhos ambientais com a utilização dessa tecnologia, pode ser citado a maior resiliência, menor emissão de gases de efeito estufa e uso mais eficiente de energia. Além disso, os VPPs podem contribuir a evitar a construção de infraestrutura cara, uma vez que as usinas virtuais estão localizadas perto de seus clientes. Uma usina virtual também pode ser capaz de obter receita no mercado atacadista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ante o exposto no decorrer da pesquisa, buscou compreender a relação entre o Direito Ambiental e as novas tecnologias e inovações no que se refere a geração de energia da Tesla Inc. O objetivo geral do estudo proposto foi averiguar os ganhos ambientais, bem como aumento da eficiência energética, visando fornecer aspectos à implantação destas usinas, e identificar os principais aspectos ambientais dessa tecnologia ainda em desenvolvimento.

Como o artigo foi estruturado ao longo de três capítulos, cada um foi relevante para a compreensão do tema, desde o primeiro momento abordando conceitos iniciais do Direito Ambiental até o último capítulo que versou propriamente sobre o direito ambiental e a Usina de

Energia Virtual, apresentando os impactos ao meio ambiente dessa rede descentralizada e interconectada entre pessoas, em que seus recursos energéticos podem ser usados em unidade e junto segundo com a necessidade do sistema.

É notório que se trata de uma tecnologia ainda em aprimoramento, tendo em vista poucos cases de sucesso, porém, nos diversos estudos analisados, verificou-se que entre diversos ganhos ambientais com a utilização dessa tecnologia, destaca-se a maior resiliência, menor emissão de gases de efeito estufa, uso mais eficiente de energia, redução de contas, proteção contra possíveis cortes de energia e transferência de energia solar para apoiar a rede, colaborando para a sustentabilidade e preservação dos recursos naturais, reduzindo os níveis de a poluição e os gases de efeito estufa por meio das várias energias alternativas.

Importante destacar, esse estudo não finaliza a temática, tendo em vista que por se tratar de um tema atual ainda existe diversos estudos sobre, objetivando proporcionar uma compreensão satisfatória sobre e com isso dispor as partes envolvidas uma resposta para essas novas tecnologias que se encontram presente hodiernamente. Recomenda-se para futuras pesquisas, estudos referentes a viabilidade de aplicação de usinas virtuais de energia no Brasil.

REFERÊNCIAS

ASMUS, Peter. Microgrids, usinas virtuais e nosso futuro energético distribuído. **The Electricity Journal**, v. 23, n. 10, p. 72-82, 2010.

BANDEIRA, Luiz Alberto Moniz. **A segunda guerra fria: geopolítica e dimensão estratégica dos Estados Unidos: das rebeliões na Eurásia à África do Norte e ao Oriente Médio**. Editora José Olympio, 2015.

BONDARIK, Roberto; PILATTI, Luiz Alberto; HORST, Diogo José. **Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil**. Interciencia, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. Energias renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 10, n. 2, 2017.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial da União, 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 29. abr. 2022.

BURSZTYN, Maria Augusta. **Fundamentos de política e gestão ambiental: caminhos para a sustentabilidade**. Editora Garamond, 2018.

EISEN, Joel B. **Distributed Energy Resources, Virtual Power Plants, and the Smart Grid**. *Envtl. & Energy L. & Pol'y J.*, v. 7, p. 191, 2012.

KASAEI, Mohammad Javad; GANDOMKAR, Majid; NIKOUKAR, Javad. **Optimal management of renewable energy sources by virtual power plant**. *Renewable energy*, v. 114, p. 1180-1188, 2017.

LIU, Chengyang et al. **Usinas virtuais para um futuro urbano sustentável**. *Cidades e Sociedade Sustentável*, v. 65, p. 102640, 2021.

LOSEKANN, Luciano; HALLACK, Michelle Carvalho Metanias. **Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades**. 2018. Disponível em: <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/06/novas-energias-renovaveis-brasil-desafios-e-oportunidades/31794>. Acesso em: 28 abr. 2022.

MAHMUD, Khizir et al. **Uma estrutura de internet de energia com recursos energéticos distribuídos, prósumers e usinas virtuais de pequena escala: uma visão geral**. *Revisões de Energia Renovável e Sustentável*, v. 127, p. 109840, 2020.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis, metodologia jurídica**. In: *Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis, metodologia jurídica*. 2015. p. 314-314.

MATTHEWS, Tina et al. **Tesla Energy**. In: *Gestão da Inovação no Mundo Inteligente*. Springer, Cham, 2020. p. 233-249.

MONYEI, C. G. **Para o desenvolvimento sustentável de energia usando usinas virtuais**. *Jornal Africano de Computação e TIC*, p. 119-123, 2012.

NIKONOWICZ, Łukasz; MILEWSKI, Jarosław. Virtual power plants-general review: structure, application and optimization. **Journal of power technologies**, v. 92, n. 3, 2012.

PACHECO, Fabiana. **Energias Renováveis: breves conceitos**. *Conjuntura e Planejamento*, v. 149, p. 4-11, 2006.

PAIVA JÚNIOR, Fernando Gomes; DE SOUZA LEÃO, André Luiz Maranhão; DE MELLO, Sérgio Carvalho Benício. Validade e confiabilidade na pesquisa qualitativa em administração. **Revista de Ciências da Administração**, v. 13, n. 31, p. 190-209, 2011.

PIVA, Rodrigo Barcellos. **Economia ambiental sustentável: os combustíveis fósseis e as alternativas energéticas**. 2010. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de do Rio Grande do Sul, 2010.

PRAÇA, Fabíola Silva Garcia. Metodologia da pesquisa científica: organização estrutural e os desafios para redigir o trabalho de conclusão. **Revista Eletrônica “Diálogos Acadêmicos**, v. 8, n. 1, p. 72-87, 2015.

RICARDO, Javier. **Tesla: o primeiro teste de usina de energia virtual é bem-sucedido**. 2021. Disponível em: <https://economiaenegocios.com/tesla-o-primeiro-teste-de-usina-de-energia-virtual-e-bem-sucedido/#:~:text=Tesla%3A%20o%20primeiro%20teste%20de%20usina%20de%20energia,Austr%C3%A1lia%20que%20cobre%20energia%20limpa%20e%20pol%C3%ADticas%20clim%C3%A1ticas>. Acesso em: 28 abr. 2022.

SABOORI, Hedayat; MOHAMMADI, M.; TAGHE, R. **Virtual power plant (VPP), definition, concept, components and types.** In: Asia-Pacific power and energy engineering conference. IEEE, p. 1-4, 2011.

SILVA, Ana Rita Reis Machado da. **Modelação e otimização do funcionamento de uma central renovável virtual.** 2016. 102 f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Lisboa, 2016.

SUÁREZ, Laura; OLINTO, Cláudio Rodrigues. **ENERGIAS RENOVÁVEIS EM EMBARCAÇÕES: UMA REVISÃO.** Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 10, n. 2, 2018.

TONETTO, Leandro Miletto; BRUST-RENCK, Priscila Goergen; STEIN, Lilian Milnitsky. **Perspectivas metodológicas na pesquisa sobre o comportamento do consumidor.** Psicologia: Ciência e Profissão, v. 34, p. 180-195, 2014.

YU, Songyuan et al. **Uncertainties of virtual power plant: Problems and countermeasures.** Applied energy, v. 239, p. 454-470, 2019.