

# TECNOLOGIA DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA SEM FIO (WIRELESS POWER TRANSFER): OS PRINCIPAIS MÉTODOS PARA SUA APLICAÇÃO

Edvaldo da Silva Fialho – edvaldo.filho@alunos.unis.edu.br  
Wendel Riguete de Castro – wendel.castro@alunos.unis.edu.br  
Marcos Vinicius Cavaliere – marcos.cavaliere@alunos.unis.edu.br  
Ivamar Rodrigues Coelho Junior – ivamar.junior@alunos.unis.edu.br

Paulo Henrique Silva Lopes – paulohenrique022@hotmail.com

## RESUMO

Esse artigo tem como tema a tecnologia de transmissão de energia sem fio (*Wireless Power Transfer – WPT*). Assim como a comunicação verbal que se desenvolveu com a implementação do rádio, celulares e depois com a internet, temos hoje a WPT, que consiste em transmitir cargas elétricas sem condutores. O artigo busca esclarecer dúvidas sobre o tema explicando: O que é? Como funciona? Quais os ganhos e as perdas em relação a energia transmitida através de condutores? Para isso, os autores utilizaram os conhecimentos de eletromagnetismo e circuitos elétricos estudados ao decorrer da graduação, além da pesquisa em artigos, monografias e teses sobre o tema de transmissão de energia sem fio. Sabe-se que a energia *wireless* já está sendo implementada em algumas funções do dia a dia como em carregadores de celular e para carros elétricos. Logo, vale ressaltar a importância do tema como inovação tecnológica, que pode ser aplicada tanto para facilitar as tarefas do dia a dia, como também para otimizar os processos dentro das indústrias. Desta forma, os autores abordaram o tema de forma geral, não se restringindo a teoria e apresentando as principais aplicabilidades e as vantagens e desvantagens dessa tecnologia.

**Palavras-Chave:** Wireless Power; Energia; Transmissão; Indução Magnética.

## ABSTRACT

This article is about Wireless Power Transfer (WPT) technology. As well as the verbal communication that developed with the implementation of radio, cell phones and later with the internet, we now have WPT, which consists of transmitting electrical charges without conductors. The article seeks to clarify doubts on the theme by explaining: What is it? How it works? What are the gains and losses in relation to the energy transmitted through conductors? For this, the authors used the knowledge of electromagnetism and electrical circuits studied during the graduation, in addition to researching articles, monographs and theses on the subject. It is known that

wireless energy is already being implemented in some everyday functions such as cellphone chargers and electric cars. Therefore, it is worth emphasizing the importance of the theme as technological innovation, which can be applied both to facilitate day-to-day tasks, as well as to optimize processes within industries. In this way, the authors approached the theme in general, not restricting the theory and presenting the main applicability and the advantages and disadvantages of this technology.

**Keys:** Wireless Power Transfer; Energy; Streaming; Magnetic Induction.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso da tecnologia de transmissão de energia sem fio (WPT – *Wireless Power Transfer*) é de grande ajuda em aplicações onde o uso dos fios ocupa espaço em demasia, é considerado inconveniente, ou é impraticável. A WPT pode ser encontrada atualmente aplicada em diversos campos, incluindo sistemas aeroespaciais, máquinas elétricas, dispositivos médicos implantáveis, entre outros (Zhu et al, 2015).

Segundo Jacobs (2010), a utilização dessa tecnologia proporciona grandes vantagens principalmente nas aplicações em que o aparelho eletrônico requer maior mobilidade, como na indústria de smartphones e nos aparelhos chamados de *gadgets* (dispositivos eletrônicos portáteis) – fones de ouvido, relógios inteligentes, caixas de som portáteis etc.

A distância entre transmissor e receptor tem sido o grande obstáculo para a aplicação da transmissão de energia sem fio, pois quanto maior a distância, menor a eficiência na transmissão de potência. Segundo WEI, (2014) a utilização do WPT vem ganhando um espaço maior no mercado competitivo devido ao desenvolvimento da eletrônica de potência e do crescimento de pesquisas na área nos últimos anos .

Atualmente, alguns fabricantes de smartphones já lançaram seus próprios carregadores por indução. A Samsung, por exemplo, possui seu próprio carregador sem fio e está desenvolvendo um novo modelo de carregador habilitado para alimentar até dois aparelhos ao mesmo tempo (SILVA, 2018). Segundo AHIRE, (2017). Existem também aplicações nas áreas industrial, automobilística e biomédica. Exemplos de aplicabilidade na área da saúde seriam os implantes biomédicos – marca-passos cardíacos, próteses de retina, implantes cocleares, desfibriladores, implantes ortopédicos inteligentes, corações artificiais, entre outros. A tecnologia WPT é fundamental para o perfeito funcionamento desses implantes.

Considerando a relevância do tema, o presente artigo possui como objetivo geral revisar a literatura com o intuito de entender o conceito de transmissão de energia sem fio e sua aplicabilidade. O objetivo principal é buscar identificar as vantagens dessa tecnologia para a nova era da indústria e para a sociedade, além de apresentar as suas principais características.

## 2. METODOLOGIA

Esse artigo realizou uma pesquisa exploratória, visando identificar características dos trabalhos mais recentes sobre a tecnologia WPT. De acordo com Forza (2002), o objetivo dessa metodologia é desenvolver uma ideia inicial sobre um tema, contribuindo para estudos mais detalhados, isto é, para o aprimoramento das técnicas atualmente disponíveis.

A pesquisa ocorreu por meio de uma revisão bibliográfica, na qual foram revisados artigos publicados em periódicos de referência como o de Koyama e Ahire, relacionados ao tema de transmissão de energia sem fio. Segundo o autor Cauchick Miguel (2007), a pesquisa bibliográfica permite identificar, conhecer e acompanhar o desenvolvimento de determinado campo de conhecimento, levantando perspectivas e sugestões para futuros trabalhos. Ainda de acordo com Gil (2008), uma pesquisa bibliográfica consiste no estudo de materiais previamente elaborados, principalmente livros e artigos científicos.

## 3. OBJETO DE PESQUISA

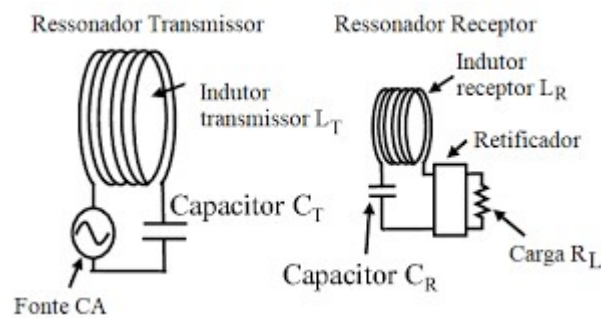
A transmissão de energia sem fio foi descoberta há mais de 100 anos, sendo mencionada pela primeira vez por Nikola Tesla, criador dos sistemas de corrente alternada (CA). A tecnologia WPT baseia-se nas leis de Faraday e Ampère. Tesla sonhava em distribuir energia elétrica gratuitamente através da condução pela atmosfera, o que levou ao seu experimento mais famoso, conhecido como a Torre de *Wardenclyffe* (figura 1).



**Figura 1** - Torre de Wardenclyffe.  
Fonte: Google Imagens.

Os avanços na área de transmissão de energia sem fio só se tornaram expressivos novamente no ano de 1990, quando a *Auckland University* propôs vários sistemas para carregamento de veículos elétricos por indução (COVIC, 2013). Além disso, conforme demonstrado em uma tese de mestrado do MIT (Instituto de Tecnologia de Massachusetts), é possível o funcionamento de uma lâmpada de 60W de potência, recebendo energia de uma fonte a 2m de distância com aproximadamente 45% de eficiência (KURS, 2007).

De acordo com KOYAMA (2017), grande parte das abordagens para as aplicações WPT aplicam o método de acoplamento magnético ressonante, mostrado na figura 2. Tal mecanismo é similar ao conceito de acoplamento indutivo, fundamentado no princípio do campo eletromagnético. No caso do acoplamento ressonante, visando aumentar significativamente a eficiência da transmissão de potência, cria-se um efeito de oscilação do campo magnético através da inclusão de capacitores no circuito.



**Figura 2** - Ilustração do acoplamento indutivo ressonante.  
Fonte: Koyama (2017).

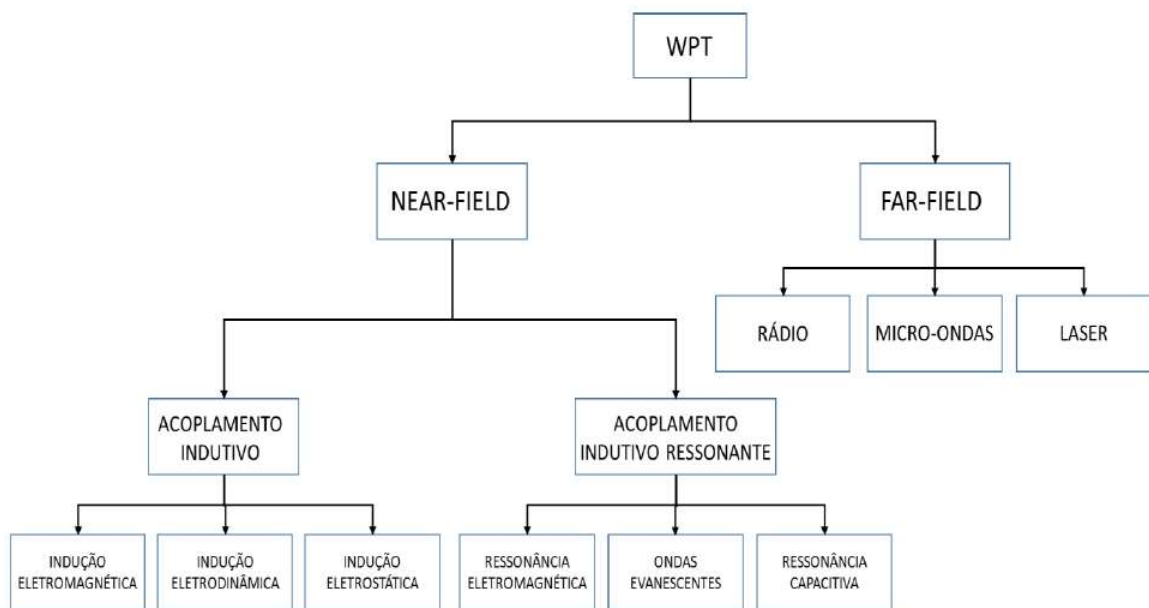
O processo supracitado é considerado como não radiativo. Existem diversos outros mecanismos que possibilitam a transmissão de energia sem fio e que serão abordados ao decorrer desse artigo. No entanto, o artifício ressonante possui um bom rendimento em distância de alguns milímetros a dezenas de centímetros, atendendo a uma diversidade de aplicações e destacando-o frente aos demais.

## 4. DESENVOLVIMENTO

### 4.1. Tipos de transmissão

Segundo T.S. CHANDRASEKAR RAO, (2016) diversos métodos podem ser utilizados a fim de alcançar a transmissão de energia sem fio. As tecnologias existentes se subdividem em duas classificações: *near-field* (campo próximo) ou *far-field* (campo-distante). Cada uma possui suas características específicas, seus benefícios e suas desvantagens..

As técnicas classificadas como *near-field* abrangem os métodos que utilizam acoplamento indutivo, acoplamento indutivo ressonante e suas diversas variações. Para o grupo das técnicas *far-field*, pode-se destacar os métodos radioativos, microondas e laser. A figura 3 mostra algumas das variações existentes para cada tipo de tecnologia utilizada. De acordo com RHODES (2017), as técnicas mais utilizadas são o microondas, a indução eletromagnética e o acoplamento indutivo ressonante que serão as técnicas explanadas nos próximos tópicos desse artigo.



**Figura 3.** - Tipos de transmissão de energia sem fio (WPT).  
Adaptado pelos autores.

#### 4.2. Transmissão por campo distante (*far-field*)

As micro-ondas englobam rádios e satélites para GPS (*Global Positioning System*) e radares. Sua principal aplicabilidade é no ramo das telecomunicações, entretanto, também podem ser encontradas em aparelhos que utilizam o princípio do aquecimento dielétrico, que é o caso do forno de micro-ondas, por exemplo.

De acordo com Hunsicker (2009), a ideia de utilizar as micro-ondas para WPT surgiu pela primeira vez em 1968, através da coleta de energia solar do espaço para enviar a Terra, utilizando conversores instalados em satélites e grandes antenas planas (chamadas de *rectennas*) conversoras de energia eletromagnética em eletricidade de corrente contínua.

Apesar de promissora para algumas aplicações específicas, o uso das microondas não é considerado adequado em casos de curta e média distância devido à baixa eficiência de

conversão. Além desse ponto, questões como a segurança da utilização de energias radioativas de alta frequência são constantemente abordadas.

### 4.3. Indução eletromagnética

A lei de Faraday-Lenz descreve o surgimento de corrente elétrica através de um campo magnético, isso ocorre devido a força eletromotriz (fem) produzida pelos condutores elétricos em movimento no campo magnético variante no tempo. “ Um condutor retilíneo se desloca em um campo magnético de forma a cruzar linhas de campo, uma tensão é induzida através do condutor, quanto maior as linhas de campo cruzadas por unidade de tempo, ou quanto maior a força do campo magnético maior a tensão induzida através do condutor” (BOYLESTAD, p.339)

$$f_{em} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

**Fem** = Força eletromotriz; **t** = tempo; **Φ** = Fluxo magnético

Desse estudo, James Clerk Maxwell escreveu equações notórias que são aplicadas nos transformadores elétricos, geradores, motores e máquinas de indução em geral, a equação desenvolvida consiste em:

$$\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

**v**= operador; **E** = campo elétrico; **B** = campo magnético

Trabalhos como o de MyunghyoRyu (2005) demonstram que a eficiência da transferência de potência diminui drasticamente em poucos centímetros de distância em situações onde o meio de transmissão é o ar livre, tornando-se praticamente inviável a utilização desse tipo de circuito para aplicações que exigem distâncias um pouco maiores e uma melhor eficiência.

Diante desse obstáculo, foram desenvolvidos vários tipos de variações de acoplamento indutivo ao longo do desenvolvimento dos estudos na área de WPT. A base teórica supracitada será de grande valia para um melhor entendimento de alguns desses circuitos que serão comentados a seguir.

### 4.4. Acoplamento indutivo ressonante

De acordo com KESLER (2017), a ressonância é um fenômeno que, geralmente, envolve a oscilação de energia entre duas etapas. O exemplo mais comum é o balanço de um

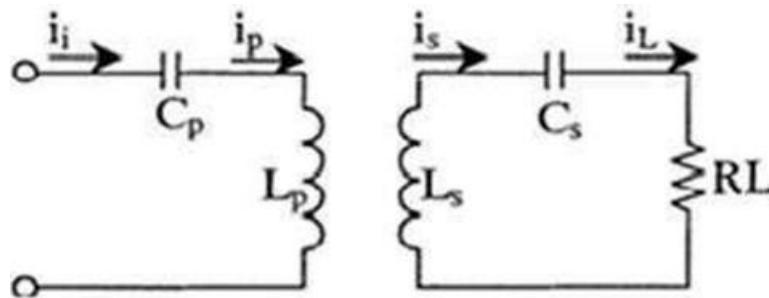
pêndulo, onde a energia oscila entre a potencial e a cinética. Um sistema que se encontra em ressonância obtêm um grande acúmulo de energia armazenada e pouca excitação. O acúmulo ocorre devido a taxa de injeção de energia no sistema ser maior que a taxa de perda de energia pelo sistema.

Segundo Wheeler (1943), quando a oscilação ocorre em sua frequência de ressonância natural ( $\omega_0$ ), os ressonadores mutuamente acoplados transferem entre si a máxima potência e cada ressonador apresenta sua taxa de perda intrínseca ( $\Gamma$ ), que é a taxa com que o sistema perde energia armazenada.

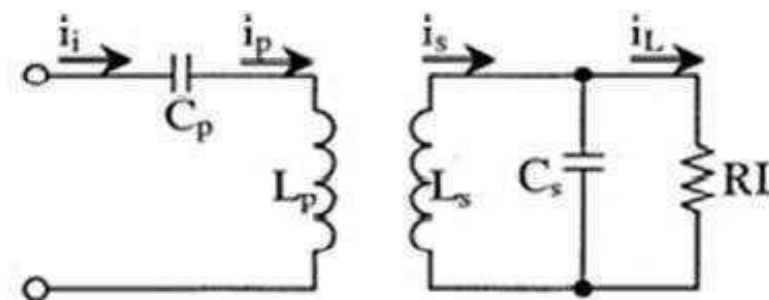
A relação existente entre esses dois parâmetros define o fator qualidade (Q) do ressonador. A análise do resultado desse fator permite a quantificação da capacidade do sistema de armazenar energia e pode ser calculado pela equação abaixo.

$$Q = \frac{\omega_0}{2\Gamma}$$

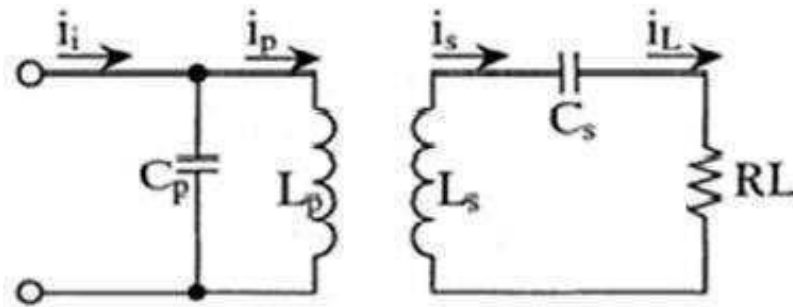
As figuras a seguir demonstram exemplos das topologias mais comuns de ressonadores que podem ser utilizados na implementação de circuitos para aplicações WPT.



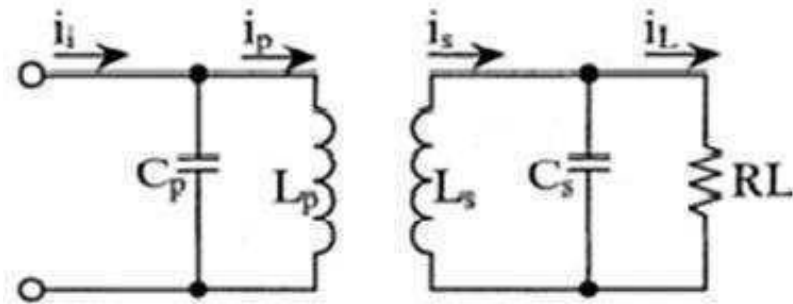
**Figura 4 - Topologia Série-Série (SS).**  
 Fonte: Kuzeya, Balcib&Altin (2017)



**Figura 5 - Topologia Série-Paralelo (SP).**  
 Fonte: Kuzeya, Balcib&Altin (2017)



**Figura 6** - Topologia Paralelo-Série (PS). Fonte: Kuzeya, Balcib&Altin (2017)



**Figura 7** - Topologia Paralelo-Paralelo (PP). Fonte: Kuzeya, Balcib&Altin (2017)

Os arranjos supracitados são os mais utilizados, entretanto existem ainda os que utilizam técnicas com circuitos auxiliares para aplicação de sistemas com múltiplas frequências de ressonância, viabilizando múltiplas cargas ajustadas em diferentes frequências de funcionamento.

O uso desses sistemas proporciona a transferência direcionada no caso de uma carga; ou mista, no caso da transferência de energia para diversas cargas através de uma única fonte transmissora e da utilização de um sinal multiplexado (ZHONG & HUI, 2015).

O cálculo do fator de qualidade é um importante critério para avaliação da construção de um indutor para um sistema de transmissão de energia sem fio, principalmente, para circuitos do tipo série-série (SS). Quanto maior o fator de qualidade, menores serão as perdas no indutor e, conseqüentemente, maior a eficiência do sistema.

#### 4.5. Vantagens e desvantagens

A transmissão de energia sem fio possui algumas vantagens como: a eliminação de riscos de choques elétricos entre os dispositivos transmissores e o receptor; o aumento da vida útil das baterias e dos aparelhos por consequência; a fácil utilização por parte do consumidor final; a possibilidade de conectar vários dispositivos em um único emissor; a viabilidade do uso de carros elétricos; e a significativa economia de energia, pois os dispositivos emissores



só iniciam a transmissão depois da detecção de dispositivos que necessitam de carga, caso contrário, ele se mantém em *stand-by*.

Apesar de todos esses pontos positivos, essa tecnologia ainda possui desvantagens relevantes como o seu alto custo, a baixa eficiência para distâncias maiores que 20cm, por operar em frequências de rádio ocasiona pequenas interferências na área automotiva e, em determinadas frequência, pode acarretar efeitos colaterais para pessoas e animais, o que motivou a criação do padrão IEEE C95.1-2005.

O IEEE criou o padrão C95.1-2005 visando a regulamentação dos limites de valores para determinadas frequências de campo magnético, buscando evitar os efeitos colaterais destes campos em seres humanos e animais. O padrão deve ser aplicado para frequências de 3kHz a 300GHz em ambientes abertos à população comum e para áreas controladas. A única exceção é para pessoas submetidas a algum tratamento médico que utilize propriedades eletromagnéticas.

#### **4.6. Perspectivas e desafios**

Um dos maiores desafios enfrentados pelas empresas que aplicam ou pretendem aplicar essa tecnologia é desenvolver uma alternativa que aumente o alcance e a eficiência da transferência de energia, tornando-a mais cômoda e potencializando a portabilidade dos dispositivos. Outro desafio é a sua massificação, diminuindo o alto custo de sua implementação e manutenção, além de padronizá-la e torná-la comum em grandes centros urbanos, hotéis, aeroportos, shoppings e lojas em geral – assim como o *wi-fi*. Em relação às perspectivas, espera-se que em poucos anos essa tecnologia se popularize, principalmente, devido a comodidade proporcionada por conta da ausência de fios para alimentação dos dispositivos, e como consequência da demanda de energia ocasionada pelo desenvolvimento e ampliação dos usos de carros elétricos (NÓBREGA, VELOSO & COSTA, 2012).

#### **5. Aplicações**

Os dispositivos eletrônicos portáteis como notebooks, celulares, fones de ouvido e tablets necessitam de recargas diárias devido a grande utilização e consumo de energia. Com limitações devido aos cabos necessários para conexão dos aparelhos a rede e também a quantidade de dispositivos que podem ser acoplados. A tecnologia de carregamento sem fio traz a vantagem de múltiplas conexões simultâneas e com a utilização da mesma fonte. Contudo, é possível a instalação dos sistemas de carregamento em mesas e bancadas de diversos locais e ambientes (restaurantes, shoppings, etc), fornecendo uma simplicidade de

uso por não fazer uso de nenhum acessório para recarga ou qualquer incompatibilidade de marca de dispositivos como cabos ou conectores e carregadores, facilitando o acesso ao público. (CHEN e LIANG, 2013)

Em 2009, companhias e indústrias formaram o consórcio nomeado “Wireless Power Consortium” (WPC) e também padronizaram a transferência elétrica de potência através do carregamento indutivo. Chamada “Qiinductivecharging”, apresenta um padrão de carregamento sem fio de baterias de aparelhos eletroeletrônicos como celulares, iPods, MP3 players e câmeras. (QInside, 2017), Usando 5W de potência para a transferência de energia, a uma distância de até 4 cm entre receptor e o emissor.



**Figura 7 - Air power**  
Fonte: Google Imagens.

De acordo com LIU (2015) existem duas configurações básicas do padrão de recarga Qi. A forma mais básica, formada por apenas uma bobina transmissora (Figura 8), representa o tipo simples, bem mais econômico e com boa eficiência de transferência de potência. Sua desvantagem é que o dispositivo tenha a necessidade do usuário ficar posicionado em local específico. Os dispositivos podem apresentar diferentes tipos de posicionamento de bobinas receptoras ou de acordo com o fabricante.



**Figura 8** - Transmissor Qi formado por apenas 1 bobina.  
Fonte: Google Imagens.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da pesquisa realizada e dos conceitos supracitados, pode-se concluir que a transferência de energia sem fio se tornará cada vez mais presente no cotidiano através dos carregadores automotivos, celulares e *gadgets* em geral, além de possibilitar sua aplicação também em linhas de montagens industriais otimizando os processos e evitando possíveis acidentes de trabalho ocasionados por choques elétricos, por exemplo.

Conforme pontuado anteriormente, essa tecnologia possui vantagens muito atrativas e consideráveis desvantagens, destacando-se a baixa eficiência para longas distâncias, o que ainda restringe sua aplicação para circuitos em ambientes de curta e média distância entre os dispositivos de transmissão e os receptores. Entretanto, é notório que seus benefícios refletem o futuro da transmissão de energia e proporcionarão grandes avanços para a ciência e para as indústrias.

Considerando as melhorias que sua popularização acarretará tanto para a qualidade de vida da sociedade, através do desenvolvimento de dispositivos da área da agricultura e da saúde por exemplo, quanto para os processos industriais por meio da otimização e diminuição dos riscos para funcionários e clientes, espera-se que novos projetos e novas pesquisas sejam desenvolvidos a fim de buscar soluções para os obstáculos que hoje inviabilizam a expansão da WPT. Dessa forma, o presente artigo contribui ainda que de forma ínfima para estudantes e pesquisadores da área, buscando cooperar na disseminação do conhecimento dessa tecnologia promissora.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[IEEEC95]: **IEEE C95.1-2005: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz.**

Ahire, D. a. (12 de Maio de 2017). **Wireless power transfer system for biomedical application: A review.** Trends in Electronics and Informatics (ICEI), 2017 International Conference on (pp. 135-140). Tirunelveli, India: IEEE.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.** Produção, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

CHEN, X.; LIANG, Y. C.; **Contactless Power Delivery for Mobile Device Charging Applications.** IEEE COMPEL 2013, pp. Acesso em 20/04/2021.

Covic, G. A. (2013). **Modern trends in inductive power transfer for transportation applications.** IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, 1, 28-41.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414310>> Acesso em 15 de março de 2020.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de Pesquisa Social.** 6ª edição. Atlas, 2008

Hunsicker, M. (2009). **The Future of Wireless Charging: Ubiquitous technology will enable anytime, anywhere recharging.** Image Sensors.

Jacobs, Paul E. et al. **Wireless power transfer for chargeable devices.** U.S. Patent Application n. 12/604,223, 9 set. 2010.

Ju-Hui Mun, J.-S. K.-S.-J.-G.-G.-h. (26 de Outubro de 2011). **Multi-level PO MPPT control PV system considering shadow influence.** International Conference on Control, Automation and Systems, 428-433. Fonte: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6106092>

Kesler, M. P. (2017). **Highly Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance.** WiTricity Corporation.

Koyama, Takahiro et al. **Simple self-driven synchronous rectifier for resonant inductive coupling wireless power transfer.** In: 2017 IEEE International Telecommunications Energy Conference (INTELEC). IEEE, 2017. p. 363-368.

Kurs, A. (10 de Agosto de 2007). **Power Transfer Through Strongly Coupled Resonances.** Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts. Acesso em 13 de junho de 2020. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/45429/317879200-MIT.pdf?sequence=2>

Kuzeya, S., Balcib, S., & Altin, N. (2017). **Design and analysis of a wireless power transfer system with alignment errors for electrical vehicle applications.** International Journal of Hydrogen Energy, 17928-17939.

MyunghyoRyu, H. C. (2005). **Analysisofthecontactlesspowertransfer system usingmodellandanalysisofthecontactlesstransformer**. Industrial ElectronicsSociety, 2005. IECON 2005. 31st AnnualConferenceof IEEE.

Rhodes, M. F. (2017). **OscillatingDrivingCircuit For A Wireless Power Transfer System**. Instituto Superior De Engenharia De Lisboa, Área Departamental de Engenharia Electrotécnica Energia e Automação, Lisboa.

Silva, V. H. (23 de Julho de 2018). **Samsung poderá ter carregador por indução que suporta dois aparelhos**. Acesso em 13 de junho de 2020. Disponível em Tecnoblog: <https://tecnoblog.net/252448/carregador-samsung-wireless-charger-duo/>

T. S. Chandrasekar Rao, K. G. (Maio de 2016). **Categories, Standards andRecentTrends in Wireless Power Transfer: A Survey**. IndianJournalof Science and Technology, 9, 20.

Tesla Institute. **Flat spiralcoilinductorcalculator**. Acesso em 02 de junho de 2020. Disponível em: <<http://www.tesla-institute.com!/app/sim/fscic.php>>

**U.S. PatentApplication n. 12/572,388, 12 ago. 2010.**

Wei, Xuezhe; Wang, Zhenshi; Dai, Haifeng. **A criticalreviewof wireless powertransfer via stronglycoupledmagneticresonances**. Energies, v. 7, n. 7, p. 4316-4341, 2014.

Wheeler, L. P. (Agosto de 1943). **Tesla'scontributionto high frequency**. ElectricalEngineering, 62, 355-357.

Wireless Power Consortium. (2018). **QiCertified: Ensuring Safe andReliable Wireless Charging**. Acesso em 15 de março de 2020. Disponível em: <<https://www.wirelesspowerconsortium.com/certified/>>

Zhong, W., &Hui, S. Y. (2015). **AuxiliaryCircuits for Power FlowControl**. IEEE TransactionsOn Power Electronics, 5902-5910. Fonte: <http://hdl.handle.net/10722/225068>.

ZHU, B.; LI, J.; HU, W.; GAO, X. ReviewofMagneticCouplingResonance Wireless Energy Transmission. **InternationalJournalof u- and e- Service, Science and Technology**. V. 8, n. 3, p.257-272, 2015.