

ENGENHARIAS: ATUALIZAÇÃO DE ÁREA

JANEIRO E
FEVEREIRO
DE 2023



LIVROS ACADÊMICOS
NÚCLEO DO CONHECIMENTO

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1613

E57e

Engenharias: Atualização de Área - janeiro e fevereiro de 2023 [recurso eletrônico] / Organizadores Carla Viana Dendasck, [et al.]. – 1.ed. -- São Paulo: CPDT, 2023.

Vários autores

Formato: ePUB

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-85442-01-5

1. Engenharias 2. Atualização de Área 3. I. Dendasck, Carla Viana.

CDD: 330

CDU: 33

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2203

EDITORIAL

Diretor-Presidente

Profa. Dra. Carla Viana Dendasck

Organizadores

Carla Viana Dendasck

Cláudio Alberto Gellis de Mattos Dias

Luciane Farias Ribas

Marinaldo Loures Ferreira

Yusdel Díaz Hernández

Mesa Editorial

André Ricardo Nascimento das Neves

Centro universitário Fametro

Bruno Marcos Nunes Cosmo

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP

Douglas Refosco

Centro universitário Unisep

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2206

Edinei Canuto Paiva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas
Gerais-IFNMG

Fabiana Florian

Universidade De Araraquara – UNIARA

Gilson Gilmar Holzschuh

Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Joana Segatto Scabelo

Faculdade Anhanguera de Serra

Luciane Farias Ribas

Centro Universitário Fametro

Maico Danúbio Duarte Abreu

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense

Marinaldo Loures Ferreira

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2206

Wagner De Sousa Santos
Universidade Federal de Santa Catarina

Wesley Gomes Feitosa
Centro Universitário do Norte (UNINORTE) e Universidade Luterana
do Brasil (ULBRA/CANOAS/RS)

Yusdel Díaz Hernández
Universidad Tecnológica da Habana

Assistentes

Sara Stefanie de Oliveira
Ayla Beatriz Viana Lino Dendasck

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2206

SUMÁRIO

1. BOAS PRÁTICAS PARA AS EMPRESAS SE ADAPTAREM AO ENVELHECIMENTO DA FORÇA DE TRABALHO 8

Jorge Luiz do Carmo

2. INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS 20

Sara Stefanie de Oliveira

3. ENERGIA SEGURA, SUSTENTÁVEL E ACESSÍVEL 28

Leandro Jose Barbosa Lima

REFERÊNCIAS 41

4. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: SISTEMA OFF GRID COMO GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA 43

Girlane Castro Costa Leite

Gilson Carlos Castro Costa Leite

5. A CONTRIBUIÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO NA AGRICULTURA 55

Marinaldo Loures Ferreira

Henrique Aparecido de Sousa Martins

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2209

APRESENTAÇÃO

A ciência e a tecnologia avançam a passos largos, principalmente nos últimos anos. Todos os dias, vários ramos do conhecimento se fundem para criar conhecimentos e habilidades na prática profissional. É por isso que profissionais, professores, alunos, pesquisadores e tecnólogos precisam atualizar continuamente o conhecimento tecnológico e científico em geral e em sua área de atuação em particular.

No caso da engenharia, as inovações em cada área de especialização ocorrem de forma rápida e vertiginosa, o que se reflete em um aumento considerável da produção científica em termos de volume e qualidade. Do exposto pode-se inferir que hoje é inconcebível o desenvolvimento integral da sociedade sem tecnólogos que não pensem em soluções integrais que otimizem custo, benefício, eficiência, eficácia e respeito ao meio ambiente, entre outros aspectos.

Precisamente pensando em contribuir para essas atualizações e no benefício social que implica a importância de tornar gratuito o conhecimento científico para todos, é com grande prazer que a revista Núcleo de Conhecimento oferece a você este e-book com a expressa intenção de que seja do seu agrado e benefício.

Prof. Dr. Yusdel Díaz Hernández

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2211

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/2211

Boas práticas para as empresas se adaptarem ao envelhecimento da força de trabalho

1. BOAS PRÁTICAS PARA AS EMPRESAS SE ADAPTAREM AO ENVELHECIMENTO DA FORÇA DE TRABALHO

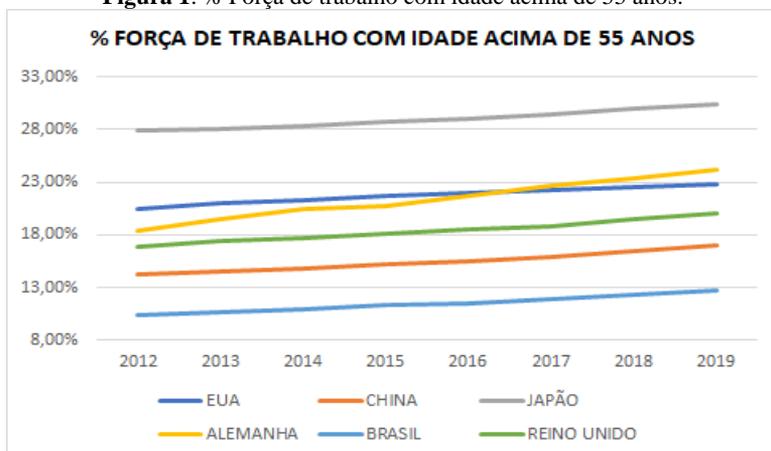
Jorge Luiz do Carmo ¹

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1794

INTRODUÇÃO

Estudos demográficos mostram que ano após ano a expectativa de vida vem aumentando e a população mundial está envelhecendo. Globalmente, a expectativa de vida ao nascer cresceu de 70 anos em 2010 para 73 anos em 2020 (STATISTA, 2023a). Uma expectativa de vida mais longa significa mais pessoas trabalhando por mais tempo. De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico - OCDE (2019), hoje em dia as pessoas vivem muito e com boa saúde, como nunca antes na história. A Figura 1 mostra o crescimento da força de trabalho com idade acima de 55 anos, entre 2012 e 2019, nas maiores economias do mundo e também no Brasil. Em 2019 a China contava com 17% dos trabalhadores com mais de 55 anos, os Estados Unidos 23%, Japão 30%, Alemanha 24%, Reino Unido 20% e Brasil 13% (STATISTA, 2023b).

Figura 1. % Força de trabalho com idade acima de 55 anos.



Fonte: Elaborado pelo autor, com dados de STATISTA (2023b).

Os trabalhadores mais velhos estão cada vez mais saudáveis e dispostos a adiar a aposentadoria. A idade de aposentadoria desejável, que no passado era de 60 anos (HURSH *et al.*, 2006), aumentou junto com o aumento da expectativa de vida. O aumento da participação dos idosos no mercado de trabalho leva as empresas a tentarem compreendê-los melhor, considerando suas características, comportamentos e desejos de carreira, com o objetivo de aumentar o sucesso profissional, fazê-los permanecer mais tempo na empresa e gerenciar o envelhecimento (KIM e KIM, 2022). Diversos fatores pessoais influenciam a tomada de decisão de quem está prestes a se aposentar, tornando a aposentadoria mais ou menos atrativa: saúde; situação financeira; atitudes em relação ao trabalho; aposentadoria; lazer; e fatores sociais e familiares (YEATTS *et al.*, 2000).

DESENVOLVIMENTO

Nunca houve tantas gerações – quatro e às vezes cinco - no mercado de trabalho ao mesmo tempo (HAYDN, 2020). Clark (2017) lista as gerações como sendo: geração sênior, os nascidos antes de 1946; geração baby boomer, os nascidos entre 1946 e 1964; geração X, os nascidos entre 1965 e 1980; geração Y, os nascidos entre 1981 e 2000; geração Z, os nascidos após o ano 2000. As gerações que hoje compartilham o local de trabalho são muito diferentes umas das outras devido aos seus valores, visões, experiências de vida e preferências. Lidar com diferentes gerações trabalhando juntas no mesmo ambiente de trabalho, com características extremamente distintas umas das outras é uma dor de cabeça para os gerentes de recursos humanos das empresas.

A pandemia do coronavírus teve um grande efeito na vida das pessoas idosas. O preconceito em relação à idade, o idadismo, que já era um problema mundial, foi agravado pela pandemia, já que os idosos eram considerados integrantes de um grupo de risco. Na maioria das empresas, os trabalhadores idosos foram os primeiros a serem enviados para casa e os últimos a retornarem. Em 2022, a Organização Pan-Americana de Saúde emitiu o “Relatório mundial sobre o idadismo” (OPAS, 2022), em uma iniciativa para identificar estratégias para combater o idadismo no mundo, sugerindo ações a serem adotadas por todos os interessados, o que inclui as empresas.

Apesar da melhora na saúde dos idosos e de sua disposição de adiar a saída do mercado de trabalho, o avanço da idade ainda tem seus efeitos, e as empresas enfrentam grandes desafios na adaptação e gestão

de uma força de trabalho envelhecida. Há uma extensa literatura sugerindo um grande número de abordagens para as empresas lidarem com essa questão, mas elas convergem para aposentadoria gradual, mentoria, melhorias no local de trabalho, estratégias de prevenção de comprometimentos físicos, cognitivos e sensoriais, e políticas de trabalho flexíveis.

O conhecimento é estratégico para as empresas, considerado a fonte básica da vantagem competitiva (CONNER e PRAHALAD, 1996). Muitos autores descrevem dois tipos de conhecimento: explícito e tácito. O conhecimento explícito é o formal, que está, por exemplo, nos procedimentos escritos da empresa. O conhecimento tácito é aquele que está na mente das pessoas.

O conhecimento tácito é difícil de ser compartilhado com as gerações subsequentes, pois ele está na mente daqueles que estão prestes a se aposentar. As empresas se preocupam com a possível aposentadoria de seus funcionários, especialmente dos baby boomers. Vários autores entendem que os baby boomers quando se aposentam carregam consigo conhecimentos valiosos, um ativo importante, adquiridos ao longo de suas vidas profissionais, estratégicos para as empresas, o que pode comprometer a capacidade das organizações de tomarem decisões e serem competitivas no mercado. A transmissão do conhecimento tácito deve ser garantida através de mentorias, que garantam a transferência de conhecimentos vitais entre trabalhadores maduros e jovens. Um número considerável de trabalhadores mais velhos não quer se aposentar e considera compartilhar suas experiências com os outros.

Conforme Calo (2008), trabalhadores maduros podem ser mentores para trabalhadores mais jovens, construindo relações pessoais entre eles e transferindo conhecimento tácito. Emparelhar um trabalhador mais velho com um colega mais jovem, fazendo com que ele troque experiências de trabalho, pode melhorar as relações intergeracionais e facilitar a troca de habilidades e conhecimentos (JENKINS, 2008). Grandes empresas, como Mastercard, National Geographic, Caterpillar e IBM, adotam programas de transferência de conhecimento. A mentoria reversa tem sido adotada por diversas empresas (HERNANDEZ *et al.*, 2018) como uma forma alternativa de mentoria em que o trabalhador mais jovem transmite conhecimentos específicos ao trabalhador maduro (MURPHY, 2012).

A SAP América do Norte adota a aposentadoria gradual, permitindo que os trabalhadores se desliguem gradualmente do serviço, levando mais tempo para se acostumar com a nova situação de aposentadoria, fazendo uma transição mais suave e livre de estresse nesta importante fase da vida. A NASA usa com sucesso uma combinação de aposentadoria gradual e mentoria.

O Manual de Envelhecimento e Cognição de Craik e Salthouse (CRAIK e SALTHOUSE, 2007) é uma obra de referência sobre os efeitos cognitivos do envelhecimento. Em suas três edições, os manuais explicam como o processo de envelhecimento implica no declínio de funções cognitivas que afetam habilidades específicas como velocidade de raciocínio, atenção, tempo de reação e memória de trabalho, entre outras.

Boas práticas para as empresas se adaptarem ao envelhecimento da força de trabalho

As estratégias de prevenção são especialmente importantes para que os trabalhadores mais velhos, considerados ativos valiosos da empresa, permaneçam no mercado trabalhando com produtividade. Mudanças no projeto ergonômico são necessárias para melhorar as condições dos locais de trabalho, tornando-os mais acessíveis, seguros, acolhedores e adaptados às pessoas mais velhas. Um bom exemplo é o programa ergonômico implementado pela BMW, que adaptou suas linhas de montagem para diminuir os esforços de funcionários com idade acima de 55 anos, visando reduzir problemas ergonômicos.

A tecnologia assistiva deve ser usada para reduzir os efeitos das disfunções dos idosos. Sem dúvidas, funcionários que enxergam e ouvem melhor, e têm boa mobilidade e cognição preservada, podem manter o desempenho no ambiente de trabalho.

Os trabalhadores mais velhos estão sujeitos a doenças crônicas e incapacitantes, além de enfrentarem alterações físicas como perdas musculares, auditivas, visuais, reflexas, de flexibilidade, entre outras. As empresas devem se esforçar para tornar o trabalho mais atraente, promover a satisfação pessoal e reter os funcionários mais velhos no emprego com saúde e produtividade. Dupont, Texas Instruments, Chevron, Intel e Novartis são bons exemplos de empresas que promovem o bem-estar e a saúde de seus funcionários por meio de programas de saúde.

O local de trabalho é importante para a qualidade de vida do trabalhador, pois é onde ele passa grande parte de sua vida. Um local de trabalho adequado está ligado à satisfação do trabalhador, principalmente do mais velho, que precisa de um ambiente confortável,

acolhedor, seguro e adaptado às suas necessidades. As empresas devem investir na construção dos mais diversos ambientes de trabalho, pois o conjunto de trabalhadores mais velhos é muito heterogêneo.

As mudanças no local de trabalho também podem ser úteis na troca de conhecimentos entre os trabalhadores. Atenção especial também deve ser dada às acomodações de trabalho como meio de ajudar os funcionários com deficiências cognitivas, motoras e sensoriais. Alguns exemplos incluem: uso de painéis de absorção sonora; redução do ruído; melhoria na iluminação; controle da temperatura da área de trabalho; fornecimento de fones de ouvido; garantia da mobilidade dos trabalhadores; uso de tela de redução de brilho do computador; e estacionamento mais próximo do local de trabalho.

As empresas devem implementar programas de treinamento também para trabalhadores mais velhos. Vários autores afirmam que trabalhadores maduros podem aprender novas habilidades e se sentir mais motivados por elas. Além disso, o treinamento é particularmente importante para que as pessoas mais velhas possam aproveitar as tecnologias modernas, permanecerem engajadas e sentirem que ainda podem contribuir para a empresa. AT&T, British Airways, Aerospatle e GE são exemplos de empresas que adotam programas de treinamento para funcionários mais velhos.

Days Inn, IBM, CVS Health, Whitbread e Xerox são empresas que adotam políticas de trabalho flexíveis. A flexibilidade é um fator chave para manter os trabalhadores por mais tempo no mercado de trabalho, pois significa mais liberdade para eles. As empresas precisam ser mais flexíveis, especialmente no que diz respeito ao ritmo de trabalho

dos mais velhos. Opções como home office, trabalho de meio período, compartilhamento de trabalho ou horários flexíveis são verdadeiras atrações. Ser capaz de escolher onde e quando querem trabalhar permite que os trabalhadores conciliem suas necessidades profissionais e pessoais. Compartilhar o trabalho dá ao trabalhador flexibilidade e permite que ele continue ganhando o salário enquanto tem tempo para suas atividades fora da empresa. Quanto à empresa, ela tem a chance de aproveitar o conhecimento do trabalhador mais velho, pois ele pode treinar um funcionário mais jovem. É uma relação ganha-ganha.

Muito se fala sobre os *baby boomers*. Eles são o tema do momento, pois sua saída do mercado de trabalho pode significar perda de vantagem competitiva para as empresas por motivos variados. No entanto, as empresas não devem negligenciar a Geração X. Os trabalhadores dessa geração nasceram nos anos 60 e agora estão entrando na casa dos 60 anos. Mesmo com a expectativa de vida e a retenção no trabalho aumentando, esses "novos idosos" devem merecer toda a atenção das organizações. A Geração X tem valores fundamentais diferentes da geração dos baby boomers e precisa ser tratada com a devida atenção. Eles são os baby boomers de amanhã e as empresas devem estar preparadas para atender aos seus desejos e necessidades.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As práticas listadas neste texto vêm sendo aplicadas atualmente por muitas empresas renomadas em todo o mundo. No Brasil, porém, a situação é bem diferente. A Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas - FGV EAESP (2018), em

Boas práticas para as empresas se adaptarem ao envelhecimento da força de trabalho

parceria com a *Aging Free Fair*, realizou a pesquisa “Envelhecimento nas organizações e a gestão da idade” com 140 empresas, para saber como as empresas brasileiras se posicionavam com relação ao tema e qual a percepção dos gestores quanto aos funcionários com idade de 50 anos ou mais. O resultado da pesquisa, feita em 2018, revelou que as empresas brasileiras não estavam preparadas para o envelhecimento da força de trabalho. Passados mais de quatro anos, a situação não mudou. Um estudo feito pela EY Brasil e a Maturi, em julho de 2022, com 191 empresas, com 43% da amostra em grandes empresas, mostrou que 32% das empresas não realizam nenhuma ação relacionada ao problema. Entre as demais, as ações são pontuais. Além disso, 78% das empresas declararam que existe uma tendência a discriminar os trabalhadores mais velhos (EY BRASIL/MATURI, 2022).

A questão do envelhecimento dos trabalhadores deve merecer uma atenção constante das organizações. Em suma, as boas práticas para as empresas gerirem e adaptarem-se a uma força de trabalho envelhecida incluem tratar os mais velhos com o respeito que merecem, flexibilizar as políticas de trabalho, permitir uma transição gradual do trabalho para a aposentadoria, promover a transferência de valiosos conhecimentos acumulados para os mais jovens, reduzir o choque entre gerações, evitar o preconceito de idade, adaptar o local de trabalho às necessidades e individualidades, preocupar-se com ergonomia, deficiências motoras, cognitivas e sensoriais, fornecer tecnologia assistiva, treinar funcionários e promover sua saúde e bem-estar.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

¹ Jorge Luiz do Carmo

Graduação em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Mestrando em Engineering Management pela IU - International University of Applied Sciences (Alemanha), com previsão de conclusão em 2023. Mestre em Comércio Internacional pela Universidad Isabel I (Espanha). Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos pela Universidade Cândido Mendes. MBA em Gestão de Negócios pelo Ibmecc/MG. ORCID: 000-0001-5222-7280. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6301663400389335>.

REFERÊNCIAS

CALO, T. J. Talent management in the era of the aging workforce: the critical role of knowledge transfer. **Public personnel management**, vol. 37, n. 4, p. 403-416. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/009102600803700403>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CLARK, K. R. Managing multiple generations in the workplace. **Radiologic Technology**, vol. 88, n. 4, p. 379-398, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28298496/>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CONNER, K. R.; PRAHALAD, C. K. A resource-based theory of the firm: knowledge versus opportunism. **Organization Science**, vol. 7, n. 5, p. 477-501, 1996. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2635286>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CRAIK, F. I. M.; SALTHOUSE, T. A. **The Handbook of Aging and Cognition**. Third Edition (1st ed., Eds.). Psychology Press, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9780203837665>. Acesso em: 20 jan. 2023.

EY BRASIL/MATURI. Por que é preciso considerar pessoas 50+ na estratégia da força de trabalho? **EY Brasil**, 2022. Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/livros/engenharias/engenharias-jan-fev-2023>

Boas práticas para as empresas se adaptarem ao envelhecimento da força de trabalho

https://www.ey.com/pt_br/workforce/pessoas-com-mais-50-anos-forca-de-trabalho. Acesso em: 20 jan. 2023.

ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS DE SÃO PAULO DA FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS - FGV EAESP. Envelhecimento nas organizações e a gestão da idade. **FGV EAESP**, 2018. Disponível em https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u68/pesquisa_fgvbrasilprev.pdf. Acesso em: 20 jan. 2023.

HAYDN, S. **Sticking points**: how to get 5 generations working together in the 12 places they come apart. Carol Stream: Tyndale Momentum, 2020.

HERNANDEZ, J. S.; POOLE JR., K. G.; GRYS, T. E. Discussion: mentoring millennials for future leadership. **Physician Leadership Journal**, vol. 5, n. 3, p. 41-44, 2018. Disponível em: <https://www.physicianleaders.org/articles/discussion-mentoring-millennials-future-leadership>. Acesso em: 21 fev. 2023.

HURSH, N.; LUI, J.; PRANSKY, G. Maintaining and enhancing older worker productivity. **Journal of Vocational Rehabilitation**, vol. 25, n. 1, p. 45-55, 2006. Disponível em: <https://www.deepdyve.com/lp/ios-press/maintaining-and-enhancing-older-worker-productivity-18boSRh55f>. Acesso em: 21 fev. 2023.

JENKINS, J. Strategies for managing talent in a multigenerational workforce. **Employment Relations Today** (Wiley), vol. 34, n. 4, p. 19–26, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ert.20172>. Acesso em: 21 fev. 2023.

KIM, H.K.; KIM, Y. H. Older workers' career adaptability and career success. **Baltic Journal of Management**, vol. 17, n. 2, p. 192-205, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/BJM-06-2021-0225>. Acesso em: 20 jan. 2023.

Boas práticas para as empresas se adaptarem ao envelhecimento da força de trabalho

MURPHY, W. M. Reverse mentoring at work: Fostering cross-generational learning and developing millennial leaders. **Human Resource Management**, vol. 51, n. 4, p. 549-573, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/hrm.21489>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OCDE. **Working Better with Age**. Ageing and Employment Policies. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/c4d4f66a-en>. Acesso em: 20 dez. 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE - OPAS. **Relatório mundial sobre o idadismo**. Washington, D.C.: Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.37774/9789275724453>. Acesso em: 20 jan. 2023.

STATISTA. Global life expectancy at birth from 2010 to 2020. **Statista**, 2023a. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/805060/life-expectancy-at-birth-worldwide/>. Acesso em: 20 jan. 2023.

STATISTA. Labor force by age. **Statista**, 2023b. Disponível em: <https://www-statista-com.pxz.iubh.de:8443/outlook/co/labor-force/united-states>. Acesso em: 20 jan, 2023.

YEATTS, D. E.; FOLTS, W. E.; KNAPP, J. Older workers' adaptation to a changing workplace: Employment issues for the 21st century. **Educational Gerontology**, vol. 26, n. 6, p. 565-582, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/03601270050133900>. Acesso em: 21 fev. 2023.

2. INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL: PERSPECTIVAS E DESAFIOS

*Sara Stefanie de Oliveira*¹

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1801

INTRODUÇÃO

As Revoluções Industriais apresentam formas disruptivas, trazendo mudanças de paradigmas que impactam as mais variadas áreas da sociedade, transformando, principalmente, a forma como a matéria é processada para a fabricação dos bens de consumo. Segundo Viana (2022),

Durante a Primeira Revolução Industrial, as instalações de produção mecânica foram desenvolvidas com a ajuda de fontes de água e vapor. Durante a Segunda Revolução Industrial, a produção em massa foi realizada com a ajuda de energia elétrica. Durante a Terceira Revolução Industrial, as tecnologias eletrônicas e de informação foram introduzidas, promovendo a automação da produção. Durante a Quarta Revolução Industrial, o uso de sistemas ciberfísicos (CPS) desencadeou uma mudança de paradigma nas indústrias, em particular no setor de manufatura.

Impulsionada pelo crescente desenvolvimento da tecnologia, principalmente das IoT (*Internet of Things*) e dos Sistemas Ciberfísicos (CPS), a quarta Revolução Industrial trouxe uma nova forma de processamento da matéria prima, possibilitando a aplicação da tecnologia na indústria, que passou a ser considerada como Indústria 4.0.

Ela é respaldada por 6 princípios, sendo eles:

- Interoperabilidade: a capacidade de máquinas, dispositivos, sensores e pessoas de conectar e comunicar através da Internet das Coisas (IoT) e Computação em Nuvem.
- Descentralização: a habilidade de sistemas ciber-físicos de tomar decisões por conta própria e executar tarefas da forma mais autônoma possível.
- Orientação ao serviço: a habilidade de sistemas ciber-físicos de ajudar humanos ao agregar e visualizar informações sobre a fábrica e, então, sugerir soluções. Além da capacidade de apoiar fisicamente os seres humanos em tarefas exaustivas ou inseguras.
- Virtualização: a habilidade de sistemas de informação de criar cópias virtuais das fábricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto de todos os processos.
- Capacidade em tempo real: coleta e análise de dados e entrega de conhecimento de forma instantânea, permitindo a tomada de decisões em tempo real.
- Modularidade: adaptação flexível das fábricas inteligentes para requisitos mutáveis através da reposição ou expansão de módulos individuais (TAKAYAMA e PANHAN, 2022).

Entretanto, sabe-se que a implementação deste modelo industrial no Brasil perpassa por muitos desafios. Dentre eles, pode-se citar: a facilidade de ataques cibernéticos, devido à falta de estrutura e equipamentos adequados; a baixa escolaridade dos funcionários; o alto investimento para implementação; a dificuldade de se estabelecer uma

padronização na comunicação entre os sistemas, equipamentos ou entre a máquina e o operador; alto consumo de energia elétrica; a falta de capacitação dos fornecedores da cadeia produtiva, entre outros (PACCHINI *et al.*, 2020).

Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo trazer uma breve reflexão sobre as perspectivas e os desafios para a implementação da indústria 4.0 no Brasil. Para isso, realizou-se uma revisão de literatura, selecionando apenas artigos científicos publicados nos últimos 2 anos, ou seja, de 2020 a 2022.

DESENVOLVIMENTO

A Indústria 4.0 tem ganhado, cada vez mais, destaque no setor produtivo, sendo apresentada como uma nova tendência que revolucionará a forma de produção do setor industrial. De acordo com Gomes (2021), essas inovações trazem inúmeros benefícios, otimizando, principalmente, o fluxo de trabalho, uma vez que as informações podem ser enviadas e recebidas em tempo real, o que facilita a tomada de decisões, bem como o planejamento e controle da produção.

Pacchini *et al.* (2020), retrata que a abertura da indústria nacional para a modernização das máquinas e adoção das IOTs representa, antes de tudo, uma mudança cultural no ambiente organizacional. Entretanto, a implementação da Indústria 4.0 no Brasil deve ser pensada como algo a médio e longo prazo para as grandes organizações e como um grande desafio para as pequenas e médias empresas.

Além disso, deve-se levar em consideração que no território brasileiro, apenas 2% das companhias aderem a estas inovações, uma vez que muitas empresas não enxergam vantagens e não possuem recursos suficientes para implementarem a Indústria 4.0 (TOMÁZ, 2020).

Nesse sentido, um dos desafios para a implementação da Indústria 4.0 é com relação a falta de investimento e incentivo por parte do Governo Federal. “Toda tecnologia de ponta envolve altos investimentos, porém, no Brasil, não se têm notícias de investimentos governamentais para as indústrias nesta direção” (PACCHINI *et al.*, 2020, p. 282). Este desafio traz prejuízos não somente para a modernização da indústria, mas também para a competitividade dos produtos brasileiros, tanto no cenário nacional, quanto no cenário internacional, uma vez que os consumidores buscam, cada vez mais, produtos tecnológicos e com melhor preço.

Levando em consideração o ambiente tecnológico atual, outro desafio encontrado na literatura diz respeito à segurança e monitoramento dos dados, uma vez que este novo maquinário gera um grande volume de dados a serem analisados a partir de sistemas computacionais que, também, armazenam dados da corporação, bem como de seus clientes. Nesse cenário, uma falha de segurança pode comprometer a privacidade da organização, divulgando dados da empresa, de seus clientes ou fornecedores. Além disso, há de se considerar os altos custos e a falta de mão de obra especializada para a utilização do *Big Data* (ISZCZUK *et al.*, 2021).

Paula e Paes (2021), retratam que a conexão entre os sistemas automatizados da Indústria 3.0, bem como as transformações

promovidas pelas IoTs advindas da Indústria 4.0, que promovem novas formas de produção e distribuição, acarretam novos modelos de negócio, que carecem de adaptações e transformações culturais no ambiente empresarial, o que, por muitas vezes, representa um grande desafio para o gestor.

Em consonância, Iszczuk *et al.* (2021, p. 50630), retratam a desinformação por parte dos gestores, uma vez que muitos “possuem a conscientização de que algo necessita ser feito, porém não sabem por onde começar”. Além disso, deve-se levar em consideração as resistências humanas para a mudança e adaptação, devido às tradições enraizadas no histórico empresarial, e a carência de conhecimento técnico para a execução do trabalho.

Outro desafio está relacionado a interoperabilidade dos sistemas, devido a massiva quantidade de dados a serem compartilhados entre máquinas, computadores, nuvem e pessoas em tempo real. Isso traz novas preocupações relacionadas a segurança dos dados, uma vez que, no Brasil, há carência de sistemas adequados, principalmente devido ao alto custo de implementação e falta de incentivo do governo, bem como de mão de obra qualificada para a correta operabilidade destes (GUIMARÃES, 2022).

A despeito dos desafios apresentados, segundo Tómasz (2020),

a expectativa é que nos próximos anos, as atribuições da IIoT cresçam cada dia mais nas indústrias brasileiras. Com o aquecimento da estagnada economia brasileira e as retomadas dos planejamentos de mercado, se espera que o aceitação por partes dessas inovações tecnológicas faça parte das pautas de grandes organizações.

Takayama e Panhan (2022), afirmam, também, que a implementação da Indústria 4.0, impactará o Produto Interno Bruto brasileiro em 39 bilhões de dólares até 2035. Além disso, estima-se que, até 2025, haja uma redução do consumo de energia e dos custos relacionados à manutenção do maquinário, aumentando a eficiência produtiva entre 10% e 25%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ante ao exposto, nota-se que o Brasil possui inúmeros desafios para a modernização de seu parque industrial. Dentre eles, retratou-se, brevemente, as questões relacionadas à falta de capacitação humana, tanto dos gestores, quanto dos funcionários; resistência cultural; falta de investimento e incentivo por parte do governo; e dificuldades relacionadas à segurança dos dados.

Entretanto, nota-se que a adoção da Indústria 4.0 pode trazer inúmeros benefícios às organizações, seja na tomada de decisões, melhor controle do fluxo e planejamento da redução, redução de custos com manutenção, aumento da eficiência do trabalho, entre outros.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

¹ Sara Stefanie de Oliveira
Graduanda em Engenharia de Produção e em Gestão da Tecnologia da Informação. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-5972-211X>.

REFERÊNCIAS

GOMES, Karen Teixeira. Os benefícios da indústria 4.0 na gestão de projetos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 06, ed. 04, vol. 01, pp. 92-105. Abril de 2021. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/industria-4-0>. Acesso em: 05 mar. 2023.

GUIMARÃES, Raphael da Silva. A internet das coisas e o início da quarta revolução industrial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 07, ed. 12, vol. 03, pp. 42-55. Dezembro de 2022. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/a-internet-das-coisas>, DOI: 10.3249/nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/a-internet-das-coisas. Acesso em: 05 mar. 2023.

ISZCZUK, Ana Claudia Duarte. *et al.* Evoluções das tecnologias da indústria 4.0: dificuldades e oportunidades para as micro e pequenas empresas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, p. 50614-50637, mai. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/30081/23684>. Acesso em: 05 mar. 2023.

PAULA, Ana Paula Paes de; PAES, Kettle Duarte. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des)caminhos da Indústria 4.0 **Cad. EBAP.BR**, vol. 19, n. 4, Sep-Dec. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395120210011>. Acesso em: 05 mar. 2023.

PACCHINI, Athos Paulo Tadeu. *et al.* Indústria 4.0: barreiras para implantação na indústria brasileira. **Exacta**, vol. 18, n. 2, p 278-292, abr./jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v18n2.10605>. Acesso em: 05 mar. 2023.

TOMÁZ, Márcio Raonni de Santana. *Internet of Things (IoT) e as profundas modificações nos processos industriais.* **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 05, ed. 04, vol. 06,

pp. 134-150. Abril de 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/internet-of-things>. Acesso em: 05 mar. 2023.

TAKAYAMA, Alessandro; PANHAN, Andre Marcelo. Indústria 4.0: desafios e oportunidades para a indústria brasileira. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 05, mai. 2022. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/5591/2155>. Acesso em: 05 mar. 2023.

VIANA, Riviany Araújo. *Lean six sigma*: qualidade total e indústria 4.0. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 07, ed. 11, vol. 09, pp. 144-165. Novembro de 2022. ISSN: 2448-0959. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/lean-six-sigma>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/lean-six-sigma. Acesso em: 05 mar. 2023.

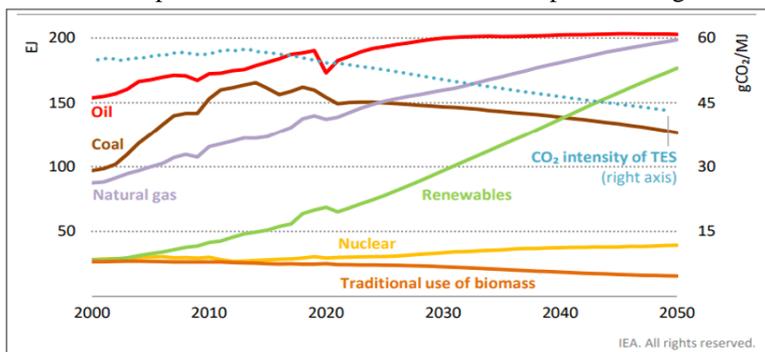
3. ENERGIA SEGURA, SUSTENTÁVEL E ACESSÍVEL

Leandro Jose Barbosa Lima ¹

10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1806

O presente capítulo tem como intuito trazer uma reflexão sobre a demanda mundial por energia, que ainda não pode ser completamente suprida pela atual produção. Nesse cenário, muitas regiões ainda não conseguem prover acesso à energia a toda a população, ao mesmo tempo em que o mundo atravessa um período de transição energética, buscando formas de produção de energia com menos emissões de gases poluentes e de gases de efeito estufa (GEE), tornando o processo mais sustentável para o planeta. Com esse novo foco, diversos Países se comprometeram a atingir emissões líquidas de GEE neutras até 2050, o que aumenta o hiato entre demanda e produção de energia, conforme pode ser visualizado no Gráfico 1.

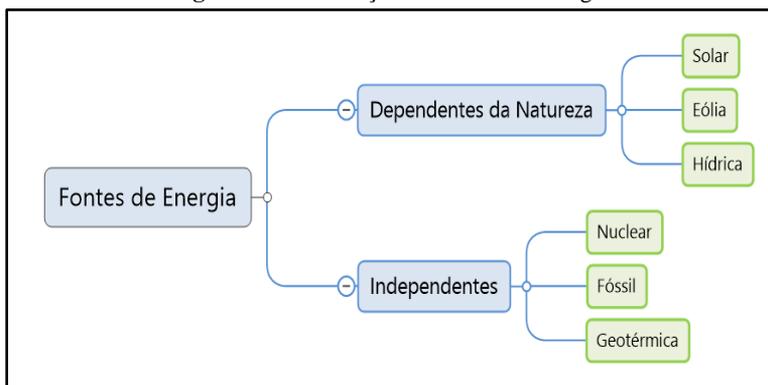
Gráfico 1. Expectativa de demanda dos diversos tipos de energia



Fonte: International Energy Agency (2021).

Pode-se agrupar a produção de energia em dois grupos principais: as energias intermitentes e dependentes da natureza, e as fontes de energia independentes e contínuas. O primeiro grupo inclui a energia solar, eólica e hidroelétrica, por exemplo, enquanto no segundo grupo podem se exemplificar a energia geotérmica, as fontes fósseis e a energia nuclear, conforme pode-se observar na Figura 1.

Figura 1. Classificação de Fontes de Energia



Fonte: Elaborado pelo autor.

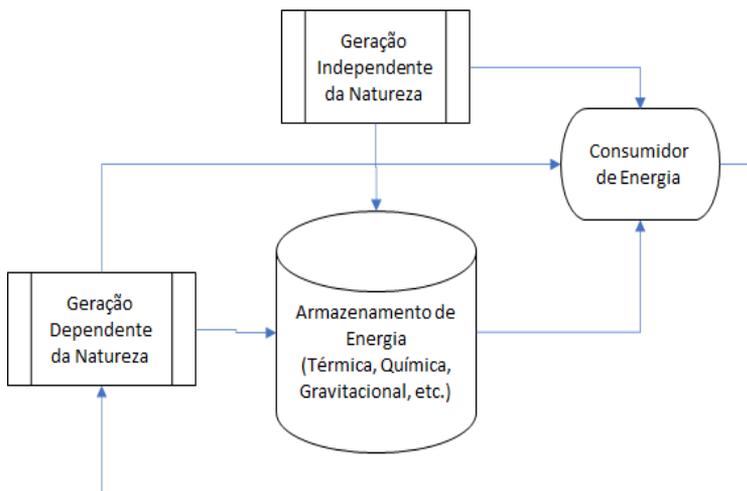
Tendo em vista o foco na redução de gases de efeito estufa, as redes elétricas estão se diversificando e considerando mais fontes energéticas dependentes da natureza. Isso acontece ao mesmo tempo que as mudanças climáticas vêm afetando a consistência de geração dessas fontes tornando-as menos confiáveis, por conta da mudança em regimes de chuvas, ventos e até mesmo de insolação.

Muitas dessas fontes precisam de meios de armazenamento de energia como baterias ou sistemas térmicos ou gravitacionais para evitar

que as fontes independentes venham a sofrer nos casos de aumento de demanda na transição do dia ou períodos do ano, uma vez que desligar e ligar grandes usinas demanda tempo. Algumas fontes independentes, como no caso da energia nuclear, podem ser utilizadas para armazenar energia em períodos de pico de produção.

A Figura 2 exemplifica uma rede composta por fontes dependentes, independentes, sistemas de armazenamento e de consumidores, que também fazem geração dependente. Na Figura observa-se que todas as fontes de geração alimentam os consumidores, e que o sistema de armazenamento recebe a geração excedente de todas as fontes. A seta que representa a relação entre consumidor e fonte dependente serve justamente para demonstrar a capacidade geradora dos consumidores de fontes dependentes da natureza.

Figura 2. Exemplo de interação de uma rede elétrica composta de sistemas de armazenamento, geração dependente e independente, armazenamento e consumo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao contrário dessa tendência mais geral, locações que vinham confiando em sistemas dependentes da natureza, tem investido em sistemas de geração confiáveis como fósil ou nuclear para evitar o risco do apagão elétrico, a exemplo do que aconteceu no Brasil desde o apagão de 2001.

Já a energia geotérmica tende a ser mais regionalizada, uma vez que nem todas as locações no mundo podem se utilizar desse recurso. A Energia Geotérmica pode ganhar mobilidade através da produção do Hidrogênio, por exemplo, produzido próximo a fonte Geotérmica e transportado ao ponto de utilização. Essa fonte energética precisa ganhar mais espaço no mundo a fim de se tornar mais amplamente utilizada. É

estimado que a Energia Geotérmica possa suprir cerca de 3 a 4% da energia no mundo, e apesar de um investimento inicial mais alto possui um custo de manutenção relativamente baixo em comparação com outras fontes de energia.

Inclusive um dos principais aspectos de evolução tecnológica requeridos para as soluções energéticas dependentes da natureza são as soluções de armazenamento de energia e a mobilidade dessa energia armazenada. Como citado no caso da Energia Geotérmica, o Hidrogênio vem sendo considerado um bom vetor para dar essa mobilidade, porém em alguns casos esse hidrogênio pode ser processado e transformado em Amônia para facilitar a logística de transporte, pois pode ser transportada em melhores condições de temperatura e pressão, e em seguida ser novamente transformada em Hidrogênio no ponto de utilização.

Outros sistemas como o gravitacional, de temperatura e as baterias não têm tanta mobilidade. O armazenamento gravitacional também vem sendo uma solução muito explorada, sendo a energia excedente utilizada para empilhar cargas ou bombear água para áreas mais elevadas, usando a energia da rotação dos motores das bombas ou das talhas usadas para o empilhamento para regenerar a energia. Novas baterias também vêm sendo utilizadas, tanto baterias de Lítio, cada vez mais otimizadas, como outras soluções como a bateria Ferro-Ar que se vale da energia da corrosão, e que apesar de serem menos otimizadas para espaço, podem armazenar a energia por mais tempo que as baterias de Lítio. Já o armazenamento térmico, mais recentemente utilizado, pode armazenar energia térmica diretamente da fonte, seja Geotérmica, Nuclear ou Solar, como exemplos, ou de forma indireta através da

conversão da energia elétrica por efeito Joule. O armazenamento pode ser feito em Sal Liquefeito, Areia, Tijolos, dentre outras opções em desenvolvimento. A Energia é transformada novamente em elétrica por turbinas, ou até mesmo pelo efeito Seebeck-Peltier, que aproveita o calor para a geração de eletricidade.

Na geração de energia elétrica as fontes de energia fósseis vêm sendo predominantes, e muito provavelmente vão seguir com protagonismo por muitas décadas, a exemplo do que se observou em 2022, quando a demanda por carvão aumentou cerca de 6% no mundo.

Dada a necessidade da transição energética para a redução de poluentes e de gases de efeito estufa, sem afetar a produção de energia, sistemas mais modernos precisam ser desenvolvidos para aumentar a eficiência dessa geração e que contemplem melhores filtros para poluentes e que tenham por desenho a captura e armazenamento de carbono, que ainda está ganhando espaço tanto pela captura direta na fonte como pela captura indireta.

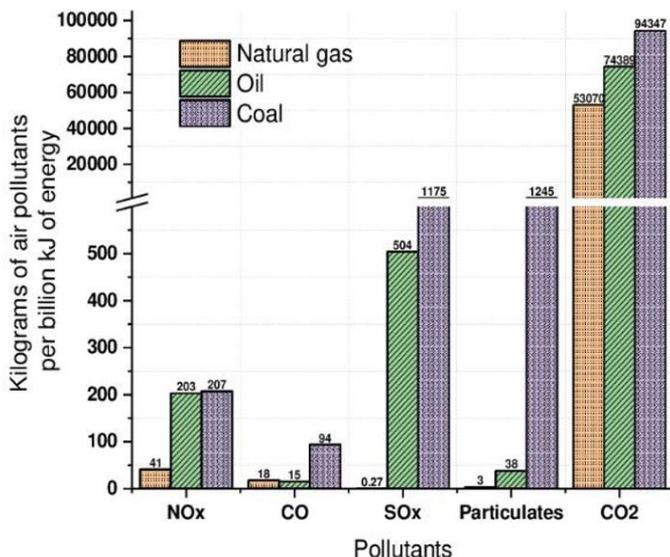
O que também requer a conversão e adaptação de plantas de produção elétrica mais antigas, a carvão ou com sistemas de geração de vapor ou turbinas menos eficientes para a geração ou de emissões. Apesar do avanço, esses sistemas ainda precisam ser aperfeiçoados, o que vai naturalmente acontecer com maiores investimentos em projetos desse tipo.

Tanto o desenvolvimento de formas mais otimizadas para a captura e tratamento de poluentes e para os gases de efeito estufa tendem a se tornarem soluções críticas para a manutenção e expansão das formas de produção de energia para reduzir esse hiato energético. Um tema

importante para a pesquisa também é que essas soluções sejam economicamente viáveis.

O Gás Natural vem sendo cada vez mais utilizado no mundo para energizar indústrias e plantas de geração. Esse combustível fóssil tem muito menos emissões de gases de efeito do que os demais, e ainda emite quantidades muito baixas de poluentes atmosféricos. A principal preocupação em relação ao Gás Natural vem sendo as emissões relacionadas a fuga de gás (metano), o que vem sendo tratada por grandes empresas da área através de diversos sistemas de monitoramento, além do controle do *flaring*, que quando realizado de forma adequada pode reduzir substancialmente as emissões de gases de efeito estufa e de válvulas e tubulações mais adequados para prevenir vazamentos nas linhas.

Gráfico 2. Emissões do Gás Natural comparado a outras fontes fósseis



Fonte: Qyyum *et al.* (2019).

Redes de tubulações vêm sendo estimuladas em diversas partes do mundo para permitir um melhor acesso a essa fonte em localidades remotas, o que representa uma grande oportunidade para a transição, uma vez que essas redes podem ser integradas com linhas de biometano, respeitadas as regras de pureza, ou ainda com um certo percentual de hidrogênio, que já é muito compatível com muitos sistemas.

O Biometano provê uma das grandes oportunidades para a eliminação de emissões de metano, uma vez que se utiliza de fontes naturais de metano, que na atualidade não têm um controle, como por exemplo acontece em centrais de tratamento de efluentes, fazendas ou

lixões. Esse metano é capturado e tratado, e assim pode ser utilizado em veículos a Gás Natural, sem a necessidade de qualquer conversão, ou ainda podem ser adicionados a linhas de Gás Natural.

Tanto o Gás Natural quanto o Biometano, plenamente intercambiáveis, já podem hoje ser utilizados em veículos de passeio ou veículos de transporte, levando estes a terem menos intensidade de emissões de gases de efeito estufa e de poluentes, por decomposição de material orgânico. Em muitas regiões ainda faltam investimentos em infraestrutura de distribuição e subsídios para a mudança da frota.

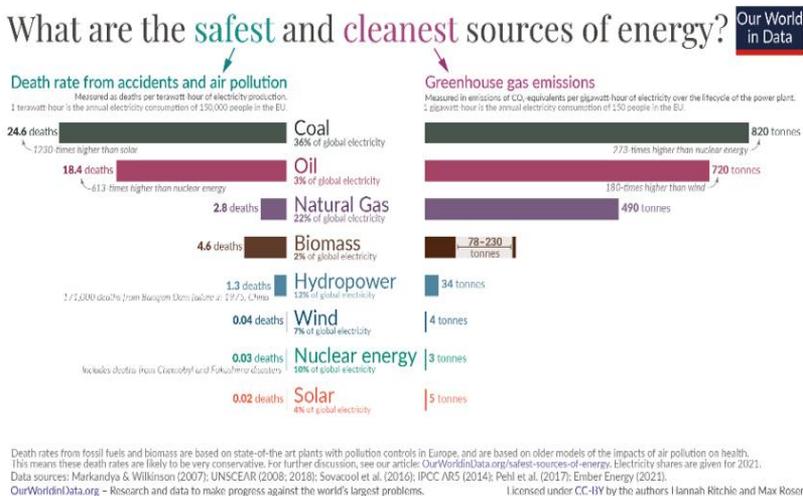
O Hidrogênio não é apenas um tipo de combustível, mas também uma forma de armazenar energia, como citado na aplicação da energia Geotérmica. Fontes dependentes da natureza também podem ser utilizadas para produzir Hidrogênio Verde em momentos de pico de disponibilidade e esse hidrogênio produzido pode ser armazenado para uso futuro ou diretamente injetado em linhas de gás natural ou de biometano. O hidrogênio pode ser utilizado em turbinas ou motores a hidrogênio sem emissões de gases de efeito estufa, ou em certas turbinas combinados com o Gás Natural produzem menos emissões.

As cadeias de suprimento de Hidrogênio, Biometano e de Gás Natural ainda estão sendo estabelecidas à medida que os investimentos nas redes de transporte e infraestrutura de produção vêm sendo criados. Cada mercado tem a sua própria característica e tende a se adaptar com a cadeia de valor que melhor lhe corresponda.

Outra fonte de energia independente da natureza que vem crescendo é a energia nuclear, progressos têm sido feitos tanto na fissão como na fusão nuclear. Apesar de acidentes como os de 3-miles island.,

Chernobyl e Fukushima, a energia nuclear vem sendo a mais confiável e que gera menos perdas humanas dentre as formas de geração de energia elétrica.

Figura 3. Número de mortes associadas às diferentes fontes de energia



Fonte: Ritchie (2020).

As principais preocupações do mundo com a produção de energia nuclear por fissão estão relacionadas a: riscos de perda de controle do reator (sobre aquecimento), resíduos nucleares e os riscos de proliferação.

Para reduzir a probabilidade de ocorrência desses riscos novos reatores vêm incorporando sistemas de segurança passiva que vem para evitar problemas de perda de controle dos sistemas de resfriamento do Núcleo do Reator no caso de acidentes, também estão sendo

considerados outros tipos de combustíveis como o Tório e Sal Liquidificado em reatores que podem inclusive se utilizar de combustível nuclear exaurido de outros reatores convencionais.

Reatores a Tório produzem resíduos nucleares com uma menor vida quando comparado aos reatores convencionais a Urânio, e têm menor risco de proliferação, assim como o que acontece com os Reatores Compactos e Modulares, SMR (*Small Modular Reactors*), uma vez que muitos são selados pela vida e só abertos na fábrica, além de operarem com quantidades inferiores de combustíveis.

Gráfico 3. Estimativa de consumo de combustível para a produção de 1GW de energia



Fonte: Wiltgen (2022a).

Já os reatores a fusão, ainda em fase de desenvolvimento, têm um potencial de produção de energia muito maior e não tem riscos associados ao vazamento nuclear ou a proliferação de armas nucleares, visto que uma vez parado o processo esse não tem emissões tão preocupantes como nos reatores a fissão. Ao contrário dos reatores de

fissão que fazem uso do bombardeio de nêutrons em um átomo de urânio e produzem energia através da fissão de isótopos do Hidrogênio para a liberação de energia térmica.

De forma geral não há uma única solução para a questão da energia, na verdade, apesar das opções existentes não há uma fórmula única pronta para responder a esse trilema. Os sistemas precisam confiar em uma composição de energia dependente, independente e de sistemas de armazenamento de energia para atender as comunidades, indústrias e serviços, e o consumo precisa ser mais eficiente e moderno para evitar desperdícios.

No que tange a eficiência no consumo de energia, é importante destacar que dentro das residências e até mesmo na indústria é preciso buscar novas formas de uso da energia, que passam por equipamentos mais modernos, como o exemplo de eletrodomésticos e máquinas mais eficientes até melhores meios de produção, com o uso de metodologias como a do Lean-Six Sigma para otimização de consumo e emissões.

Nenhuma forma de energia pode ser descartada para que essa esteja disponível para a população, inclusive é crítica a expansão de todas as formas de energia, mas é preciso que essa também não venha a causar danos a vidas humanas ou ao ambiente, e o custo dessa energia precisa ser acessível.

A solução da questão energética precisa contemplar todo o balanço de massa ou ciclo de vida dos elementos envolvidos na sua produção, o que hoje em dia não está, em muitos casos, contemplado no ciclo de vida do uso de combustíveis fósseis, que não contemplam os custos de captura e armazenamento de emissões, ou ainda dos painéis

solares, que não contemplam os custos de recolhimento e reprocessamento de painéis em fim de vida, como acontece por exemplo, no caso da energia nuclear, que já tem no custo de produção energética os custos de destinação do combustível nuclear.

Por fim, a energia solar tem que se expandir ao máximo, ocupando cada espaço já existente de telhados ou de zonas que não sejam produtivas para alimentos, biocombustíveis ou até mesmo zonas de florestas. A energia geotérmica precisa atingir o seu potencial máximo aproveitando todas as regiões onde seja possível instalar uma planta, assim como os sistemas eólicos. Biodigestores precisam estar presentes em todas as plantas de processamento de rejeitos sólidos ou líquidos, assim como em fazendas e onde mais existe a possibilidade de captura de metano para a produção de biogás.

A captura de carbono no ponto deve ser instalada em todas as plantas de produção que empreguem sistemas fósseis, da mesma forma, para todos os casos onde não seja possível a captura de carbono na fonte, os emissores devem instalar sistemas de captura do gás de efeito estufa, e a fissão nuclear deve fazer parte de toda a matriz que precise se expandir para garantir a segurança do sistema, mas para que tudo isso funcione a equação financeira precisa ser ajustada e fazer sentido, as soluções precisam chegar ao ponto ideal de viabilidade econômica para que a energia seja Segura, Sustentável e Acessível.

Uma das soluções mais comuns para habilitar esses investimentos vêm sendo o uso de créditos de carbono, mas além disso é preciso que existam incentivos fiscais, como isenção de impostos sobre

produtos, equipamentos e sistemas que tenham melhor eficiência energética e de emissões, com linhas de financiamento atrativas.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

¹ Leandro Jose Barbosa Lima

Mestre em Engenharia Mecânica. ORCID: 0000-0001-8082-5763.

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7624616512124788>.

REFERÊNCIAS

DE OLIVEIRA, I. O que foi o apagão de 2001? A conta de luz subiu? Pode acontecer de novo? **UOL**, 2021. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/faq/o-que-foi-o-apagao-de-2001-risco-acionamento-energia-eletrica.htm>. Acesso em: 11 fev. 2023.

DW PLANET A. Geothermal energy is renewable and powerful. Why is most of it untapped? **YouTube**, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c7dy0hUZ9xI>. Acesso em: 28 jun. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Net Zero by 2050**. Paris. 2021.

LIMA, L. J. B.; HAMZAGIC, M. Eletrificação no Brasil: um caminho da transição. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 7, n. 11, p. 83-98, nov. 2022. ISSN ISSN: 2448-0959.

LIMA, L. J. B.; HAMZAGIC, M. ESTRATÉGIAS PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA: REVISÃO DE LITERATURA. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, Junho 2022. 96-120.

LIMA, L. J. B.; HAMZAGIC, M. GREENHOUSE GASES AND AIR POLLUTION: COMMONALITIES AND DIFFERENTIATORS. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, 27 set. 2022. 102-144.

MACHADO, N. Preço do carbono foi insuficiente para frear carvão em 2022. **epbr**, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/preco-do-carbono-foi-insuficiente-para-frear-carvao-em-2022/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

QYYUM, M. A. *et al.* Performance Enhancement Of Offshore Lng Processes By Introducing Optimal Mixed Refrigerant Self-Cooling Recuperator. In: **11th International Conference on Applied Energy 2019**. Västerås, Sweden: [s.n.]. 2019. p. 712-749.

WILTGEN, F. Fusão nuclear via máquina tokamak – energia elétrica para o futuro do desenvolvimento humano. In: **Congresso Brasileiro de Planejamento Energético - XIII CBPE - 2022**, Fortaleza, August 2022. 1-12.

4. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: SISTEMA OFF GRID COMO GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Girlane Castro Costa Leite ¹

Gilson Carlos Castro Costa Leite ²

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1819

INTRODUÇÃO

A agência internacional de energia (IEA), define a geração distribuída como sendo a produção de energia localizada próxima à unidade de consumo, independentemente do tamanho ou da fonte geradora (IEA, 2002). Existem dois tipos de operação referentes à geração distribuída. A primeira é denominada ON GRID, onde a energia elétrica gerada é introduzida diretamente à rede elétrica, não necessitando da utilização de baterias. Além disso, temos o sistema isolado da rede concessionária, denominado OFF GRID (NARUTO, 2017).

Atualmente, é possível perceber o aumento do interesse da sociedade pelos sistemas de geração distribuída, principalmente os que apresentam armazenamento energético. Hoje, a energia solar fotovoltaica é a principal fonte de energia para esses sistemas (NARUTO, 2017), pois apresenta o benefício de ser um tipo de fonte limpa e renovável. Além do mais, é possível citar outras vantagens como longo tempo de vida dos equipamentos, baixo custo operacional e de manutenção, e portabilidade (BRITO e SILVA, 2006).

A energia solar fotovoltaica é um tipo de fonte de energia, dentre os recursos renováveis, que seria mais viável para o Brasil, uma

vez que o governo brasileiro resolveu utilizar energia solar devido às condições hidrológicas do país. Por outro lado, esse tipo de fonte contribui no atendimento ao consumidor por causa da sua localização, onde a radiação solar incidente é superior ao esperado (BRITO e SILVA, 2006). Essa energia permite fazer a conversão direta da luz solar em energia elétrica, através de um dispositivo semicondutor denominado célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotovoltaico (SILVA *et al.*, 2021).

Tal efeito ocorre quando a radiação incide no material semicondutor liberando e movimentando os elétrons, gerando uma diferença de potencial nos extremos do material (TORRES, 2012). O efeito fotovoltaico foi descoberto pelo físico francês Edmond Becquerel, em 1839 (BRITO e SILVA, 2006; SALAMANCA-ÁVILA, 2017; SOARES; NADAE e NASCIMENTO, 2021). Entretanto, a tecnologia fotovoltaica é recente em nossa história, onde a primeira célula solar foi uma de selênio, fabricada em 1941, com eficiência de apenas 1% (CABRAL, 2006).

A conversão de energia solar em energia elétrica ocorre de maneira silenciosa, sem emissão de gases e sem necessidade de um operador para o sistema (TORRES, 2012). É relevante evidenciar que apenas a componente luminosa da energia solar (fótons) é útil para a conversão fotovoltaica. Dessa forma, a componente térmica da energia solar (radiação infravermelha) é utilizada em outras aplicações, como o aquecimento de água ou a geração de energia elétrica através de sistemas termo solares com concentradores (LAMBERTS *et al.*, 2010).

Os sistemas fotovoltaicos já conseguem competir com outras soluções alternativas convencionais de geração de energia, seja ele sozinho ou em associação, principalmente em locais remotos onde a rede elétrica não está disponível, pois são claramente superiores do ponto de vista econômico e ambiental (CASTRO, 2002). A maior demanda dessa energia é encontrada na região Norte e Nordeste, onde os sistemas já são introduzidos como adjuntos para o fornecimento de energia elétrica em postos de saúde, escolas rurais, sistemas de telecomunicação, entre outros (KOLLING *et al.*, 2004).

O tipo de sistema mais comum, encontrado nessas regiões, é a geração solar fotovoltaica utilizando sistemas isolados (autônomos), conhecidos como sistema off grid, que são usados para suprir baixa quantidade de energia disponibilizada (MORAES e BARBOSA, 2015). Enquanto o sistema conectado à rede concessionária (on grid), é de pequena utilização no Brasil, pois apresenta um custo elevado e necessita de regulamentação favorável (MORAES e BARBOSA, 2015).

Nesse sentido, o estudo consistiu em apresentar uma contextualização sobre um sistema fotovoltaico off grid, apontando as classificações e equipamentos necessários para implementação desse tipo de sistema em residências unifamiliares. O estudo foi realizado na Universidade Federal do Maranhão, no município de Codó, no período de 22 de novembro de 2021 até 31 de outubro de 2022.

DESENVOLVIMENTO

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O sistema fotovoltaico (SFV) é um conjunto de elementos essenciais para converter energia solar em energia elétrica, com características apropriadas para alimentação de aparelhos elétricos e eletrônicos, tais como lâmpadas, ventiladores, geladeiras e outros (LAMBERTS *et al.*, 2010). O painel fotovoltaico é o principal componente do SFV, podendo ser incluso, dependendo da aplicação, dispositivo para controle, supervisão, armazenamento e condicionamento de energia. Também fazem parte de um SFV a fiação, a estrutura de suporte e a fundação, se necessária (LAMBERTS *et al.*, 2010).

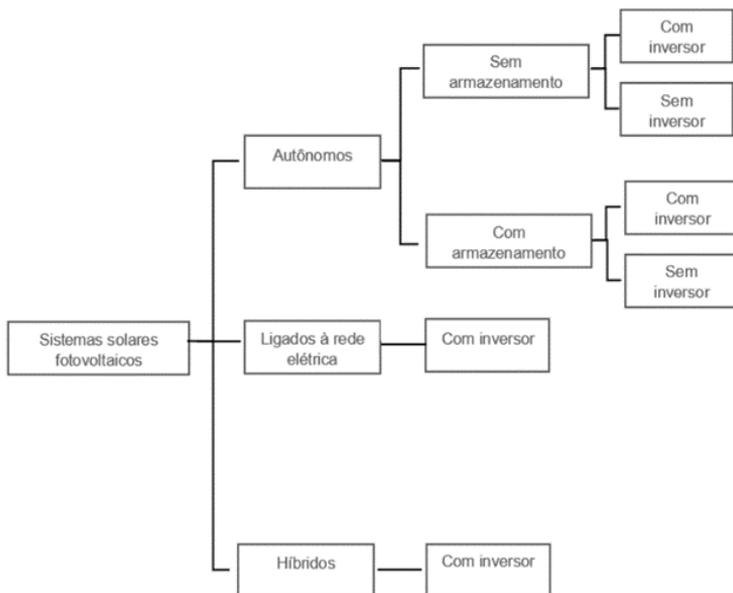
CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O sistema fotovoltaico (SFV) pode ser colocado em qualquer local onde se tenha radiação solar suficiente (DI SOUZA, 2016). Esse tipo de sistema não usa combustível e por ser um dispositivo de estado sólido, requer menor manutenção. Durante seu funcionamento não geram ruídos e muito menos emitem gases tóxicos ou qualquer outro tipo de poluição sonora (DI SOUZA, 2016).

O SFV é classificado em três categorias distintas: sistemas isolados ou autônomos, híbridos e sistemas conectados à rede elétrica (Figura 1) (CÂMARA, 2017). O manuseio de qualquer uma das

categorias depende da aplicação e/ou da disponibilidade de recursos energéticos (PINHO e GALDINO, 2014).

Figura 1. Tipos de sistemas solares fotovoltaicos



Fonte: Adaptado de Wanderley (2013).

SISTEMAS OFF GRID

Os sistemas off grid são considerados como sistemas isolados ou não conectados à rede elétrica, ou seja, eles operam de forma anônima armazenando energia solar em baterias para posterior utilização quando não houver produção (ALVES, 2019). Esses sistemas fornecem energia elétrica para famílias e aldeias que estão em regiões isoladas, onde não são atendidos pela rede elétrica da concessionária ou que tenham um

abastecimento escasso de eletricidade (WANDERLEY, 2013). Dessa forma, os habitantes mais afastados das fontes de geração, como por exemplo em fazendas, sítios e zonas rurais, sofrem com a dificuldade de receber energia elétrica, que está associada aos custos elevados de distribuição e transmissão, visto que é essencial uma rede de transmissão de alta tensão para o atendimento desses clientes (ALVES, 2019).

Os sistemas off grid podem ser com ou sem armazenamento elétrico (DI SOUZA, 2016). O primeiro pode ser usado em iluminação pública, em carregamento de baterias de veículos elétricos e em pequenos aparelhos portáteis. Em contrapartida, o segundo apresenta uma maior viabilidade econômica, uma vez que não precisa de instrumentos para armazenamento de energia (SILVA *et al.*, 2021). Nesse sentido, o sistema funciona ou deixa de funcionar por meio de incidência de luz nos painéis.

SISTEMAS ON GRID

São sistemas conectados à rede em que a energia gerada é introduzida diretamente à rede elétrica, onde não há necessidade de banco de baterias (LAMBERTS *et al.*, 2010). Nesse tipo de sistema, o inversor solar tem a atribuição de sincronizar o sistema com a rede de distribuição, além de exercer a função de transformar a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) (PEREIRA, 2019).

Nesse contexto, toda a energia remanescente produzida pelo sistema será enviada à rede convencional de distribuição. Assim, o

relógio medidor gira no sentido contrário e o que sobra será convertido em créditos para o cliente (PEREIRA, 2019). Além disso, o sistema on grid depende de regulamentação e legislação favorável, pois utilizam a rede de distribuição das concessionárias (DI SOUZA, 2016).

SISTEMAS HÍBRIDOS

Um sistema fotovoltaico híbrido é aquele que apresenta mais de uma fonte de geração de energia, podendo ser aerogerador, um motor-gerador a combustível líquido, turbinas eólicas, entre outros (DI SOUZA, 2016). Nesse sentido, esse sistema pode ser bem complexo sendo indispensável o domínio de todas as fontes presentes para que seja possível obter o máximo de eficiência na geração de energia. Ademais, o sistema híbrido exige a utilização de um inversor, podendo ter ou não um sistema de armazenamento de energia (TORRES, 2012).

COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF GRID

Para o funcionamento de um sistema solar fotovoltaico é necessário a instalação de alguns equipamentos auxiliares em conjunto com os módulos. Esses componentes irão servir para o processo de armazenamento e distribuição da energia elétrica gerada, dependendo do tipo de sistema implantado (SILVA *et al.*, 2021). O sistema off grid é composto por painel fotovoltaico, controlador de carga, inversor e banco de baterias utilizadas para o armazenamento e fornecimento da energia elétrica gerada nos períodos em que há radiação solar (TORRES, 2012).

O painel fotovoltaico é o principal elemento do sistema fotovoltaico que é instalado sobre a cobertura de uma residência ou edifício, cuja função é captar o máximo possível de radiação solar e converter em energia elétrica através das células solares, também conhecidas como células fotovoltaicas (NEOSOLAR, 2015). O silício (Si) é o principal material na produção dessas células e pode ser investigado por diversas formas, tais como: cristalino, policristalino e amorfo (SILVA *et al.*, 2021). É perceptível observar a crescente utilização dos sistemas fotovoltaicos no uso de energias renováveis, dessa forma tem-se promovido pesquisas e estudo de novos materiais para o progresso da tecnologia fotovoltaica (SILVA *et al.*, 2021).

O controlador de carga, também chamado de regulador de carga, tem como principal função controlar e monitorar a carga e/ou descarga do banco de baterias. Além do mais, se bem ajustado, garante a máxima eficiência operacional desse sistema (SILVA *et al.*, 2021). Nesse sentido, a utilização dos controladores de carga para proteção da bateria, se faz necessária para impedir que a bateria sofra sobrecarga de tensão e consiga ser completamente descarregada. Ambas as situações promovem desgaste e, conseqüentemente, uma diminuição da vida útil da bateria, por essa razão devem ser controladas (SILVA *et al.*, 2021).

O inversor é um dispositivo eletrônico, cuja função é transformar a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), com características adequadas para alimentação de aparelhos elétricos e eletrônicos (TORRES, 2012). Como a energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua (CC), então é inviável a sua operação direta nos equipamentos que precisam de corrente alternada

(CA) para funcionar. Dessa maneira, empregam-se os inversores para solução desse obstáculo, pois estes são capazes de realizar essa conversão de CC para CA (SILVA *et al.*, 2021).

As baterias são responsáveis pelo armazenamento da energia gerada, com a finalidade de sustentar a demanda de energia na ausência de radiação solar, sendo de grande relevância para utilização nos períodos noturnos, pois não há radiação solar nesse período. Existem diversos tipos de baterias, que se diferenciam devido às células manuseadas, as quais intervêm na capacidade de armazenamento (SILVA *et al.*, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das informações apresentadas neste estudo, torna-se evidente que o dimensionamento adequado do sistema é um requisito essencial para assegurar a eficácia e a segurança dele. Além disso, a escolha de equipamentos de qualidade e a instalação correta dos componentes são fundamentais para o bom desempenho do sistema.

Ademais, verificou-se um interesse na utilização do sistema solar fotovoltaico off grid, pois ele se mostra como uma fonte de energia limpa e renovável, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a redução da emissão de gases poluentes.

Dessa forma, é possível concluir que a energia solar fotovoltaica off grid é uma alternativa promissora para geração de energia em residências unifamiliares. A utilização desse tipo de energia é um fator essencial para colaborar na redução dos custos com energia elétrica e na independência energética.

Energia solar fotovoltaica: sistema off grid como geração de energia elétrica

Portanto, estudos que englobam essa temática são de grande importância para as residências unifamiliares de baixa renda. Este trabalho teve como limitação a restrição no acesso de artigos publicados de forma não pública.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

¹ Girlane Castro Costa Leite

Doutora em Física pela Universidade de Brasília (UnB), Professora da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1131-043X>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0000528802857269>.

² Gilson Carlos Castro Costa Leite

Graduado em Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e Especialista pelo Instituto Federal do Maranhão (IFMA). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0480-6023>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5223259071805555>.

REFERÊNCIAS

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019.

BRITO, Miguel C.; SILVA, José A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. **O instalador**, vol. 25, n. 676, 2006.

CABRAL, Cláudia Valéria Távora. **Análise de dimensionamento estocástico e determinístico de sistemas fotovoltaicos isolados**. Tese (Doutorado em Construções rurais e ambiência) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

Energia solar fotovoltaica: sistema off grid como geração de energia elétrica

CÂMARA, Carlos Fernando. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica No Brasil**. Monografia (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2017.

CASTRO, Rui. **Energias renováveis e Produção Descentralizada - Introdução à energia fotovoltaica**. Lisboa: Secção de Energia do Instituto Superior Técnico, 2002.

DI SOUZA, Ronilson. **Os sistemas de energia solar fotovoltaica**. Bluesol Energia Solar. 2016. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wpcontent/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdução-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. **Distributed generation in liberalized electricity markets**. Paris: IEA, 2002.

KOLLING, Evandro M.; SOUZA, Samuel de; RICIERI, Reinaldo P.; SAMPAIO, Silvio C.; DALLACORT, Rivanildo. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água. **Engenharia Agrícola**, vol. 24, p. 527-535, 2004.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Enedir; PEREIRA, Cláudia Donald; BATISTA, Juliana Oliveira. **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

MORAES, Bruno Carlos dos Santos; BARBOSA, Charles Renato Pinto. **Projeto de aquecimento solar térmico-fotovoltaico off grid de piscinas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

NARUTO, Denise Tieko. **Vantagens e desvantagens da geração distribuída e estudo de caso de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2017.

NEOSOLAR. **Guia prático: Energia Solar Fotovoltaica**. Neosolar, 2015.

PEREIRA, Naron Xavier. **Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no Brasil: geração distribuída vs geração centralizada**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de São Paulo. Sorocaba, 2019.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014.

SALAMANCA-ÁVILA, Sebastián. Proposta de design para um sistema de energia solar fotovoltaica. Caso de aplicação na cidade de Bogotá. **Revista científica**, n. 30, p. 263-277, 2017.

SILVA, Matheus Segundo da; LANA, Tiago Rocha; SILVA JÚNIOR, José Antônio; TALARICO, Matheus G. Energia solar fotovoltaica: Revisão bibliográfica. **Revista Mythos**, vol. 14, n. 2, p. 51-61, 2021.

SOARES, Allan Barbosa; NADAE, Jeniffer de; NASCIMENTO, Diego Coelho do. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma instituição de ensino superior no estado do Ceará. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, vol. 10, n. 2, p. 84-104, 2021.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

WANDERLEY, Augusto César Fialho. **Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado em Automação e Sistemas) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

5. A CONTRIBUIÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO NA AGRICULTURA

Marinaldo Loures Ferreira ¹

Henrique Aparecido de Sousa Martins ²

DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/livros/1825

A necessidade de adotar práticas de agricultura de precisão para melhorar a eficiência da produção agrícola, requer a implantação de técnicas de monitoramento de culturas, precisas e confiáveis para fornecer informações para tomadas de decisões mais assertivas (OMIA et al., 2023). Visto que, a população mundial está crescendo, e a estimativa é que atingirá mais de 9 bilhões de pessoas até 2050 (UN, 2019), no entanto, toda a humanidade depende da agricultura para suprir suas necessidades mais básicas de alimentos e fibras (SISHODIA et al., 2020).

Neste contexto, o sensoriamento remoto tem sido amplamente utilizado na agricultura moderna, e tem se mostrado uma ferramenta indispensável ao estudo, gestão e planejamento (ADUVUKHA et al., 2021; FELEGARI et al., 2021), permitindo aos agricultores monitorar o crescimento das plantas, avaliar a qualidade do solo, prever a produtividade das colheitas e identificar áreas de cultivo com problemas. Ou seja, oferece um meio potencialmente eficaz, capaz de extrair informações do “estado da lavoura” para monitorar o crescimento da lavoura (OMIA et al., 2023). Com o avanço da tecnologia, novas ferramentas de sensoriamento remoto têm sido desenvolvidas, tornando a técnica ainda mais valiosa para a agricultura.

O objetivo deste material, é mostrar de forma bem sucinta, as possibilidades do sensoriamento remoto aplicado na agricultura como ferramenta para fornecer informações complementares para gestão, controle e tomada de decisões.

Um dos avanços recentes é o uso de veículos aéreos não tripulados (UAVs) equipados com sensores remotos de alta resolução. Esses drones permitem a coleta de dados mais precisos e detalhados sobre as plantações, permitindo que os agricultores identifiquem áreas que demandem cuidados, como a presença de pragas ou doenças. A qualidade das informações a serem obtidas, dependerá do tipo de câmera, pois, diferentes tipos de imagens podem ser capturados, como RGB, térmica, multiespectral, hiperespectral, 3D e fluorescência de clorofila (ISLAM et al., 2021).

Outro avanço significativo é o uso de *Machine Learning* (ML), no qual, refere-se a abordagens computacionais que usam a experiência para realizar tarefas, como melhorar o desempenho ou fazer previsões precisas (OMIA et al., 2023). Um algoritmo de ML refere-se a um programa computacional, que permite que um sistema aprenda e melhore a partir de dados e experiências, no final do processo, o sistema cria as próprias regras ou perguntas (CRACKNELL; READING, 2014). Portanto, os métodos de inteligência artificial aplicados ao sensoriamento remoto, facilitam a classificação e a determinação da validade dos resultados (YUVALI et al., 2022).

As imagens de satélites possuem uma grande diversidade de alvos complexos, sendo necessário o uso de classificadores automatizados para extrair as informações de interesse (UHL et al.,

2022). Dependendo do algoritmo utilizado neste procedimento, a classificação poderá ser denominada supervisionada ou não supervisionada (YUVALI et al., 2022).

Na classificação supervisionada, o usuário sabe quais classes estão presentes em um conjunto de dados e treina o modelo para classificar essas classes conhecidas, enquanto na classificação não supervisionada, baseia-se no princípio de que o algoritmo seja capaz de identificar por si só as classes dentro de um conjunto de dados (ANEECE; THENKABAIL, 2021).

Embora existam vários métodos de classificação de imagens para dados de sensoriamento remoto, o método a ser utilizado deve considerar fatores como multidimensionalidade dos dados, tempo de computação e disponibilidade do conjunto de dados de treinamento (ADUVUKHA et al., 2021).

A agricultura se beneficiou substancialmente das capacidades intrínsecas do ML para melhorar as atividades no campo (OMIA et al., 2023). Por exemplo, monitoramento de várias características de culturas, incluindo rendimento, qualidade, pragas e doenças. Os algoritmos de aprendizado de máquina também podem ser usados para otimizar as estratégias de irrigação e fertilização ou para melhorar a eficiência das técnicas de agricultura de precisão (HOLLOWAY; MENGERSEN, 2018).

Também devemos mencionar a computação em nuvem, um avanço essencial na área de processamento de dados provenientes do sensoriamento remoto. A computação em nuvem é baseada em servidores com recursos e poder computacional infinitos, que fornecem

serviços de alta qualidade para muitos dispositivos móveis que possuem recursos computacionais limitados (YONGHUN et al., 2023).

Uma das plataformas baseadas em nuvem mais explorada para análise geoespacial, podendo ser aplicada em diversas áreas de estudo, é o Google Earth Engine (GEE), que possui um poderoso poder de computação, muitos algoritmos de processamento de imagem e dados massivos, como imagens de satélite, dados meteorológicos, dados de elevação e dados atmosféricos dados (GORELICK et al., 2017).

O GEE é aplicado em uma ampla variedade de disciplinas, cobrindo tópicos como mudança no uso e cobertura do solo (SCHULZ et al., 2021), mapeamento de safra (PAN et al., 2021), estimativas de umidade do solo de superfície (GREIFENEDER; NOTARNICOLA; WAGNER, 2021), mapeamento de áreas irrigadas (MAGIDI et al., 2021), e dentre outros.

As imagens de satélite são uma ferramenta importante para uma variedade de aplicações, incluindo monitoramento ambiental, planejamento urbano, agricultura, defesa nacional e muito mais. Existem duas categorias principais de imagens de satélite: imagens gratuitas e imagens pagas. Neste material, abordaremos sobre as principais gratuitas, com possibilidade e aplicação na agricultura. Vale lembrar que as imagens de satélite gratuitas são fornecidas por agências governamentais, bem como por empresas privadas.

O PlanetScope, operado pela Planet, é uma constelação de aproximadamente 130 satélites, capazes de capturar imagens de toda a superfície terrestre da Terra todos os dias, cujas imagens, possui

resolução por pixel de aproximadamente 3 metros, tendo o seu primeiro lançamento no ano de 2016 (PLANET, 2021).

Quanto aos dados PlanetScope disponível gratuitamente no Google Earth Engine, corresponde a dados Planet & NICFI, parceria entre a Norway's International Climate & Forests Initiative – NICFI, Kongsberg Satellite Services (KSAT), Planet e GEE. O Planet & NICFI Basemaps, corresponde ao catálogo de dados públicos do Google Earth Engine de mais de 700 conjuntos de dados geoespaciais, fornecendo séries temporais profundas e de alta resolução (4,77 m) sem precedentes para o período entre dezembro de 2015 a agosto de 2020 (bianaual), e setembro de 2020 em diante (mensalmente), sendo 4 bandas (RGB+NIR), cobrindo 94 países nos trópicos globais (PLANET, 2017).

O programa Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT), desde 1972 tem adquirido continuamente imagens da superfície terrestre, mediante um conjunto de satélite de observação da Terra, gerenciado pela National Aeronautics and Space Administration - NASA e pela United States Geological Survey - USGS, no qual, fornece dados ininterruptos para ajudar gestores e formuladores de políticas a tomar decisões informadas sobre recursos naturais e meio ambiente (SURVEY, 2019). Os dados do programa Landsat (Figura 2) são processados e hospedados no Earth Resources Observation and Science – EROS do USGS em Sioux Falls, Dakota do Sul, contendo uma vasta gama de imagens (SAYLER, 2022).

Desde o lançamento do Landsat-1 em 1972, o programa Landsat ocupou um único nicho e hoje representa o recorde de satélite terrestre mais antigo (ZHU et al., 2019). Outro marco importante,

ocorreu em 2008, ano em que a política de dados do Landsat mudou, tornando o arquivo Landsat livre e aberto (WOODCOCK et al., 2008).

O Sentinel-2 é uma missão de imagem multiespectral que compreende uma constelação de dois satélites em órbita polar. O Sentinel-2A foi lançado em junho de 2015 e o Sentinel-2B em março de 2017 (ESA, 2015). Sendo um dos satélites com dados disponíveis gratuitamente mais aplicado no sensoriamento remoto de alta frequência (ZHANG, et al. 2019).

No entanto, apesar dos avanços tecnológicos, ainda existem desafios a serem enfrentados na implementação do sensoriamento remoto na agricultura. Por exemplo, a interpretação dos dados coletados ainda é uma tarefa complexa e requer conhecimento especializado.

Em resumo, o sensoriamento remoto é uma técnica valiosa na agricultura moderna e seu uso está se expandindo e evoluindo com o tempo. Com o avanço da tecnologia, espera-se que essa técnica se torne ainda mais sofisticada e integrada com outras tecnologias, melhorando a eficiência e a sustentabilidade da produção agrícola. No entanto, é importante continuar a enfrentar os desafios associados à implementação dessas tecnologias e garantir que elas sejam acessíveis e úteis para todos os agricultores.

INFORMAÇÕES SOBRE OS AUTORES

¹ Marinaldo Loures Ferreira
Graduado em Engenharia Civil, Mestre e Doutorando em Produção Vegetal pela (UFVJM), Professor da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Unai. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8106-2793>. Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2795031758366655>.

² Henrique Aparecido de Sousa Martins

Graduado em Logística e Coordenador de cursos técnicos na (CNEC).

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5233-8965>. Currículo Lattes:

<http://lattes.cnpq.br/2876522450584699>.

REFERÊNCIAS

ADUVUKHA, Grace Rebecca; ABDEL-RAHMAN, Elfatih M.; SICHANGI, Arthur W.; *et al.* Cropping Pattern Mapping in an Agro-Natural Heterogeneous Landscape Using Sentinel-2 and Sentinel-1 Satellite Datasets. *Agriculture*, v.11, 530, 2021.

ANEECE, I.; THENKABAIL, P. S. Classifying Crop Types Using Two Generations of Hyperspectral Sensors (Hyperion and DESIS) with Machine Learning on the Cloud. *Remote Sens.*, v.13(22), 4704, 2021.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-2 User Handbook**. ESA Standard Document. rev. 2, pg. 64, 2015.

GORELICK, Noel; HANCHER, Matt; DIXON, Mike; ILYUSHCHENKO, Simon; THAU, David; MOORE, Rebecca. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, v. 202, p. 18–27, 2017.

GREIFENEDER, Felix; NOTARNICOLA, Claudia; WAGNER, Wolfgang. A Machine Learning-Based Approach for Surface Soil Moisture Estimations with Google Earth Engine. *Remote Sens.* v.13, 2021.

HOLLOWAY, Jacinta; MENGERSEN, Kerrie. Statistical Machine Learning Methods and Remote Sensing for Sustainable Development Goals: A Review. *Remote Sensing*. v10(9):1365, 2018.

ISLAM, Nahina, RASHID, Mamunur, WIBOWO Santoso, XU, Cheng-Yuan, MORSHED, Ahsan, WASIMI, Saleh A, MOORE, Steven, RAHMAN Mostafizur. Early Weed Detection Using Image Processing and Machine Learning Techniques in an Australian Chilli Farm. *Agriculture*, v.11(5):387, 2021.

MAGIDI, James; NHAMO, Luxon; MPANDELI, Sylvester; MABHAUDHI, Tafadzwanashe. Application of the Random Forest Classifier to Map Irrigated Areas Using Google Earth Engine. **Remote Sens.** v.13, 876, 2021.

OMIA, Emmanuel; BAE, Hyungjin; PARK, Eunsung; KIM, Moon Sung, BAEK, Insuck; KABENGE, Isa; CHO, Byoung-Kwan. Remote Sensing in Field Crop Monitoring: A Comprehensive Review of Sensor Systems, Data Analyses and Recent Advances. **Remote Sensing**, v.15(2), 354, 2023.

PAN, Li; XIA, Haoming; ZHAO, Xiaoyang; Guo, Yan; QIN Yaochen. Mapping Winter Crops Using a Phenology Algorithm, Time-Series Sentinel-2 and Landsat-7/8 Images, and Google Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 13(13), p. 2510, 2021.

PLANET TEAM. **Interface do programa de aplicação Planet: In Space for Life on Earth.** São Francisco, CA, 2017.

PLANET. **PlanetScope.** Disponível em: <https://developers.planet.com/docs/data/planetscope/>. Acesso em: jan. 2023.

SAYLER, Kristi. **Landsat 9 Data Users Handbook.** U.S. Geological Survey, 2022.

SCHULZ, Dario; YIN, He; TISCHBEIN, Bernhard; VERLEYS DONK, Sarah; ADAMOU, Rabani; KUMAR, Navneet. Land use mapping using Sentinel-1 and Sentinel-2 time series in a heterogeneous landscape in Niger, Sahel. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.178, p.97-111, 2021.

SISHODIA, Rajendra; RAY, Ram L.; SINGH, Sudhir K. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. **Remote Sens.**, v.2, 3136, 2020.

UHL, Florian; GRAESDAL RASMUSSEN, Trine; OPPELT, Natascha. Classification Ensembles for Beach Cast and Drifting Vegetation

Mapping with Sentinel-2 and PlanetScope. *Geosciences*, v.12(1), 15, 2022.

UNITED NATIONS. World Population Prospects 2019. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019. **Probabilistic Population Projections**. Rev. 1 based on the World.

WOODCOCK, Curtis E.; ALLEN, Richard; ANDERSON, Martha; *et al.* Free access to landsat imagery. *Science*, v. 320(5879), p. 1011, 2008.

YONGHUN, Kwon; WOOJAE, Kim; INBUM, Jung. Neural Network Models for Driving Control of Indoor Autonomous Vehicles in Mobile Edge Computing. *Sensors*, v.23(5): 2575, 2023.

YUVALI, Meliz; YAMAN, Belma; TOSUN, Özgür. Classification Comparison of Machine Learning Algorithms Using Two Independent CAD Datasets. *Mathematics*, v.10(3), 311, 2022.

ZHANG, Tian-Xiang; SU, Jin-Ya; LIU, Cun-Jia; CHEN, Wen-Hua. Potential Bands of Sentinel-2A Satellite for Classification Problems in Precision Agriculture. *International Journal of Automation and Computing*, v. 16, p. 16-26, 2019.

ZHU, Zhe; WULDER, Michael A.; ROY, David P.; WOODCOCK, Curtis E.; HANSEN, Matthew C.; RADELOFF, Volker C.; HEALEY, Sean P.; *et al.* Benefits of the free and open Landsat data policy. **Remote Sensing of Environment**, v. 224, p. 382–385, 2019.