
WHITE PAPER

Alcançando o sucesso no Acordo de Paris

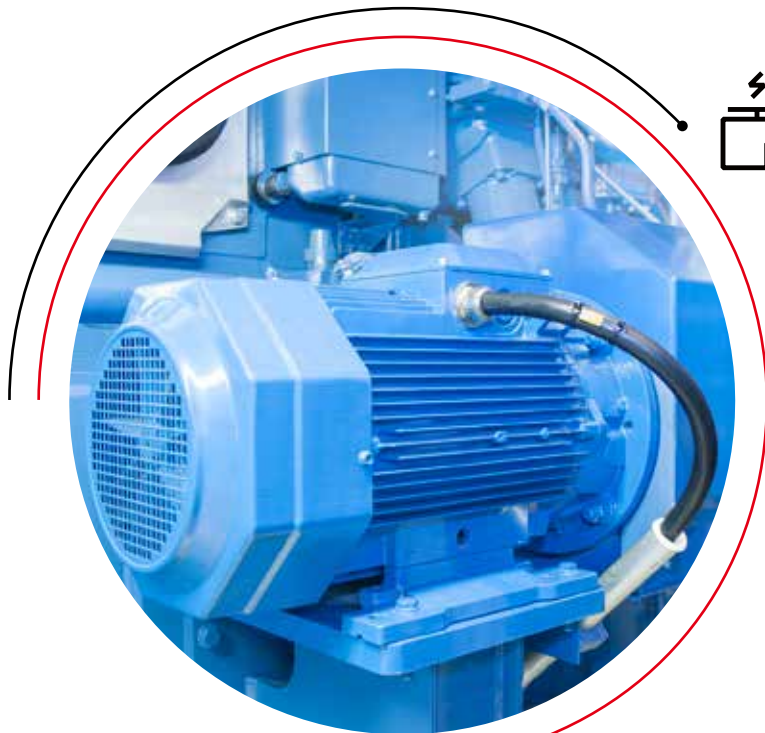
O papel vital dos
inversores e motores de
alta eficiência na
redução do consumo de
energia



O papel vital dos drives e motores de alta eficiência na redução do consumo de energia

Estima-se que até 2050, a população mundial aumentará para 9,7 bilhões; em 2019 totalizava 7,7 bilhões.¹ Espera-se que a economia global mais que dobre ao longo deste mesmo período.² A urbanização, automação e o aumento dos padrões de vida irão aumentar a demanda por energia globalmente. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades e centros, e as Nações Unidas projetam que a população urbana aumentará em cerca de 68% até 2050.³ Se continuarmos fazendo negócios da mesma forma como vem sendo feita, essa escala de expansão irá acelerar a mudança climática, e piorar a qualidade do ar e da água de todos aqueles organismos vivos que deles dependem. Para proteger o ambiente sem diminuir o crescimento econômico, nós precisamos redobrar nosso compromisso em reduzir o consumo de energia e os recursos naturais.

Ao acompanhar as tendências globais, espera-se que a demanda por electric motion, isto é, sistemas de acionamento que recebem energia de motores elétricos, cresça de forma significativa. De acordo com a IEA, a indústria é responsável por 37% do uso da energia global e 24% das emissões globais de CO₂.⁵ Uma grande parte desta atividade está associada aos motores elétricos. Estima-se que aproximadamente 70% da eletricidade consumida pela indústria é usada por sistemas de motores elétricos.⁶ Em prédios comerciais, 38% do consumo da energia elétrica são para motores.⁷



38%

do uso da energia elétrica são para motores em prédios comerciais.



70%

da eletricidade consumida pela indústria são utilizados em sistemas de motores elétricos.

Motores elétricos estão em uso há mais de 150 anos, e eles melhoraram continuamente ao longo do tempo. Ainda na década passada, eles se submeteram a um período de avanços tecnológicos excepcionalmente rápido. A última onda de melhorias abriu as portas para uma redução significativa para a pegada de carbono de motores elétricos industriais e comerciais em um futuro que estava por vir. Uma linha em expansão de motores elétricos de energia altamente eficiente (classificada como IE3 ou superior) e os inversores de frequência (também conhecidos como "conversores de frequência" ou "drives CA") que podem ser usados para operá-los já estão disponíveis no mercado.

Essas tecnologias são a chave para permitir que muitos dos países signatários do Acordo de Paris cumpram com as metas de redução de carbono no decorrer dos próximos 10 anos. O alcance de seu impacto tem um potencial enorme.

Mas para perceber todos os benefícios dos motores e inversores de alta eficiência, todos os stakeholders têm papéis decisivos:

- Gestores públicos e reguladores do governo precisarão incentivar sua adoção rápida.
- Empresas, cidades e países precisam estar cientes de ambas economias de custos e vantagens ambientais e estarão dispostos a fazer o investimento.
- Fabricantes como a ABB precisam fornecer as tecnologias necessárias e continuar a impulsionar a inovação que melhora a eficiência energética.
- Os investidores precisam alocar capital para as empresas mais bem preparadas para tratar o risco climático.
- Os programas de educação pública precisarão explicar e promover o valor desses upgrades.

Esses passos já foram dados para apoiar a adoção dos veículos elétricos e fontes de energia renovável. Passou da hora de fazer o mesmo por uma tecnologia sustentável que promete entregar benefícios ainda maiores para o meio ambiente e economia global.



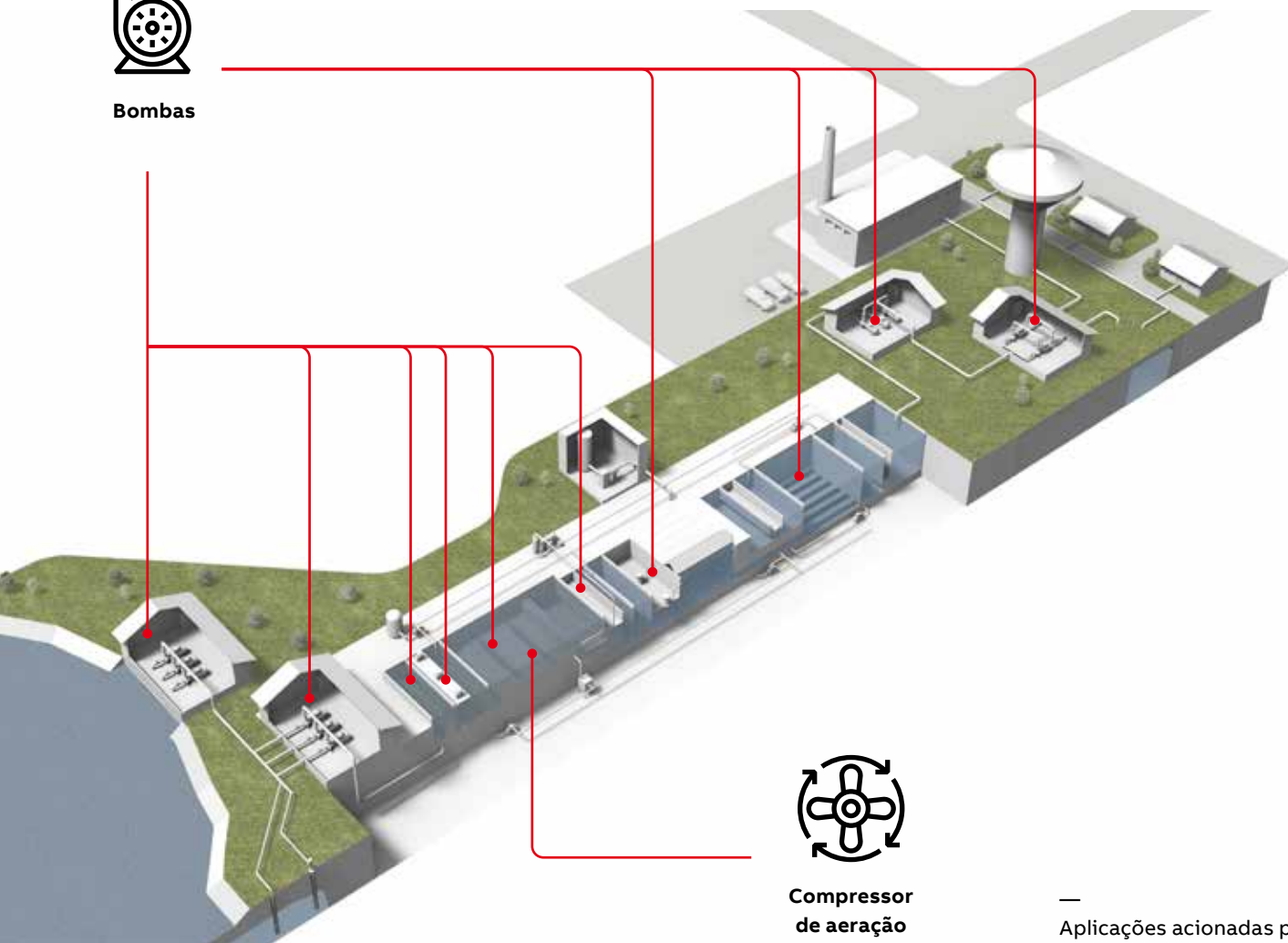
O papel essencial dos motores elétricos

Motores modernos e de alta eficiência, conectados com inversores de frequência são projetados para serem flexíveis e confiáveis. Mas acima de tudo, eles são bastante eficientes, oferecendo reduções consideráveis no consumo de energia comparado com sistemas mais antigos. Sua importância no desenvolvimento de uma sociedade sustentável não pode ser exagerada. Visto que 45% da energia mundial é usada para fornecer eletricidade para motores elétricos em aplicações industriais e de prédios, qualquer investimento em upgrade do equipamento usado nesses sistemas resultará em recompensas expressivas em termos de eficiência e sustentabilidade.⁸

— Mesmo que eles não sejam extremamente visíveis, os motores elétricos são onipresentes, uma parte integrante da indústria global e de nossas vidas todos os dias.



Bombas



Compressor de aerção

— Aplicações acionadas por motor podem ser encontradas em cada estágio do tratamento da água.

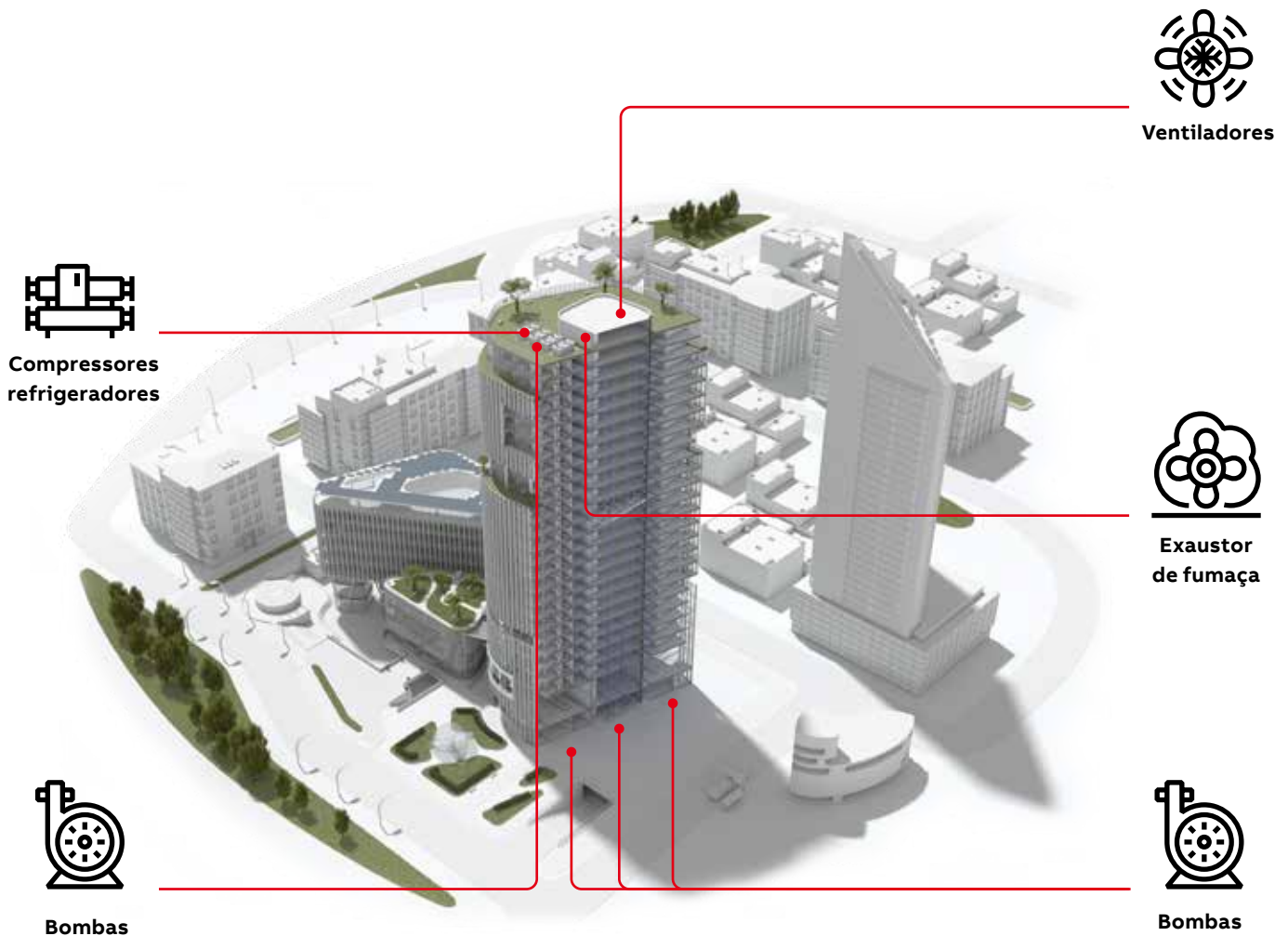
Pequenos motores são encontrados nos compressores usados em equipamentos de ar condicionado e refrigeradores, em janelas de carro, impressoras de computador, ventiladores de refrigeração de aparelhos eletrônicos, e incontáveis outros dispositivos comuns. Motores de médio porte aparecem em sistemas de aquecimento, ventilação, e ar condicionado (AVAC), assim como em elevadores, veículos de trânsito rápido e automóveis elétricos e híbridos. Eles são extensivamente usados na indústria, para bombas, correias transportadoras, ventiladores, e movimentos mecânicos de todos os tipos. Os maiores motores elétricos estão em máquinas ferroviárias, bondes, sistemas de propulsão para navios, e equipamentos pesados do tipo usado para minas e de plantas de papel.

Ao mesmo tempo que grandes motores, que extraem mais de 375 kW de energia, representam somente 0,03% de todos os motores em uso, eles também correspondem por cerca de 23% de todo o consumo elétrico por motores globalmente, ou 10,4% de todo o uso de energia elétrica. Os menores motores, com uma saída menor que 0,75% de saída, representam apenas 9%, mais ou menos, do consumo de energia dos motores elétricos.

A maior parte da energia elétrica consumida pelos motores é usada por motores de médio porte. Muitos destes são maiores do que o necessário para as aplicações manuais e estão muitas vezes operando em velocidade total, mesmo quando energia extra não é necessária.⁹

Aproximadamente 75% dos motores industriais em operação são usados para operar bombas, ventiladores, e compressores, uma categoria de máquinas que é altamente passível a importantes melhorias de eficiência.¹⁰

As reduções potenciais a serem obtidas no consumo de energia e pegada de carbono são drásticas, para dizer o mínimo.



— Aplicações acionadas por motor são encontradas em todos os prédios para fornecer aquecimento, ventilação e ar condicionado.

Os motores estão a vanguarda dos esforços globais para melhorar a eficiência e reduzir emissões

A tendência na engenharia industrial foi na direção da utilização de mais motores, em tamanhos menores e otimizados para tarefas específicas. Combinar a saída de um motor para a energia máxima exigida para uma tarefa já representa um passo importante rumo à conquista maior da eficiência energética. Pode-se dizer que essa eficiência pode vir com o custo de uma complexidade maior. Mas nos sistemas mais recentes, essa complexidade está efetivamente direcionada ao implementar sensores inteligentes e sistemas de monitoramento conectados à internet que podem alertar o operador quando qualquer um dos motores mostrar sinais de que é necessário reparo ou substituição.

Ao mesmo tempo, um motor moderno oferece eficiência maior do que no passado. Uma eficiência de um motor é igual a energia de saída mecânica dividida por sua energia de entrada elétrica. O tipo mais comum de motor elétrico em uso é o motor de indução de corrente alternada (CA), com base nos projetos desenvolvidos no século 19 por Galileo Ferraris, Nikola Tesla e Mikhail Dolivo-Dobrovolsky. Esses motores foram aprimorados continuamente ao longo dos anos, com base nas mudanças em materiais e designs do estator e do rotor.

A International Efficiency (IE) estipula a eficiência energética dos motores CA de baixa tensão. Esses códigos IE servem como uma referência para governos que especificam os níveis de eficiência para seus padrões mínimos de desempenho energético (MEPS).

Pode valer a pena chamar a atenção que mesmo um motor de indução comum é altamente eficiente comparado a qualquer motor de combustão interno. A eficiência térmica da máquina energizando um carro de passeio normal é raramente melhor do que 35%.¹¹ Quase qualquer motor elétrico de saída comparável atinge uma eficiência de mais que 90%.

Motores de indução modernos estão disponíveis em níveis muito superiores de eficiência. A eficiência do motor é classificada de acordo com a escala publicada pela International Electrotechnical Commission (IEC). Os motores categorizados como IE1 ou IE2 são comparativamente ineficientes. Um motor de indução CA de 200kW que atenda o padrão IE3 atinge aproximadamente eficiência de 96%. Alguns dos motores mais recentes atendem ao padrão IE4, que especifica perdas de energia em cerca de 15% menos do que aqueles motores IE3, e o motor de "eficiência ultra-premium" mais recente IE5 representa o mais alto nível que foi atendido por qualquer outro design atual.

1

—
IE1
Standard
Efficiency

2

—
IE2
High
Efficiency

3

—
IE3
Premium
Efficiency

4

—
IE4
Super Premium
Efficiency

5

—
IE5*
Ultra Premium
Efficiency

Cinco níveis da eficiência do motor

*A classe IE5 não foi especificada no padrão ainda, mas alguns fabricantes já desenvolveram motores em conformidade.



Muitos motores em operação atualmente não atendem a esses padrões e dependem de designs mais antigos, como IE1 ou IE2. Isso apresenta outro desafio, aquele do qual muitos desses motores são sobredimensionados para o uso que eles são utilizados. Muitas vezes, eles entregam muito mais energia do que o necessário, o que desperdiça energia. Ganhos consideráveis em eficiência podem ser obtidos simplesmente ao implementar motores que sejam dimensionados corretamente para a aplicação específica.

Juntamente com os motores de indução, alguns designs de motores altamente eficientes mais novos estão se estabelecendo como alternativas práticas. Entre eles está o motor síncrono de relutância, que combina o desempenho de um motor de ímã permanente com a simplicidade e viabilidade de manutenção de um motor de indução. Diferente dos motores de ímã permanente, os motores síncronos de relutância não exigem o uso de componentes raros de aterramento. Em vez disso, eles atingem um torque maximizado de relutância, a partir de um rotor simples, porém com design robusto.

Hoje esses motores inovadores são práticos e notavelmente eficientes, capazes mesmo de cumprir a meta IE5 proposta, primeiramente destacada em 2016.¹² Estima-se que, se 80% dos motores industriais instalados hoje fossem substituídos por motores eficientes ultra-premium, haveria economia de

160 terawatt-hora de energia ao ano, o equivalente a mais do que o consumo anual de energia da Polônia.^{13,14}

Mesmo que o mundo queira aumentar a eficiência energética em geral, novas aplicações terão providenciado o premium em designs de motores eficientes.

Isso é seguramente um fato para qualquer aplicação que dependa de bateria para fornecer energia para uma motor. Um automóvel à bateria, por exemplo, não pode se dar ao luxo de gastar energia de recarga, mas deve ser cuidadosamente projetado para minimizar o consumo enquanto maximiza a autonomia e disponibilidade de energia para o drives. Essa necessidade está motivando um fluxo estável de novas tecnologias inovadoras em meio ao crescimento global das vendas de veículos elétricos, uma tendência que espera-se que continue.

Uma tecnologia de tração de última geração, sistemas de armazenamento de energia e soluções de e-drivetrain (trem de força elétrica), agora estão permitindo uma variedade em expansão de opções de transportes livres de emissões nos segmentos ferroviários, rodoviários, veículos pesados e navios. Barcos zero-emissões e ferries híbridos estão somente começando a surgir nas hidrovias comerciais de todo o mundo. Recentes inovações no design do motor têm uma parte importante para desempenhar ao permitir a rápida adoção de todas essas formas de mobilidade elétrica.

O papel não reconhecido dos inversores de frequência

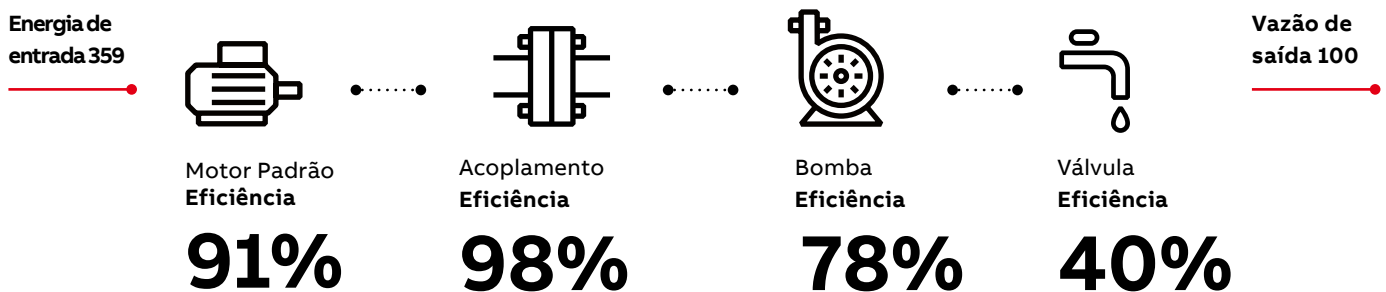
Ao mesmo tempo em que há ganhos consideráveis de eficiência a serem colhidos a partir do upgrade de um motor, enormes economias de energia também podem ser obtidas quando um motor de alta eficiência é usado em combinação com um inversor de frequência.

Um inversor de frequência serve para controlar um motor elétrico de forma a otimizar sua operação. Ele consegue isso ao ajustar a velocidade e torque de um motor conforme ele opera para combinar os requisitos de carga do sistema. Com o inversor correto, um motor elétrico irá operar o mais rápido conforme for solicitado pela carga subjacente, resultando em economias de energia significativas.

Os inversores controlam a velocidade de um motor CA ao variar a frequência e tensão da energia sendo alimentada ali. Os primeiros inversores, desenvolvidos no início do século 20 tinham como base designs mecânicos.

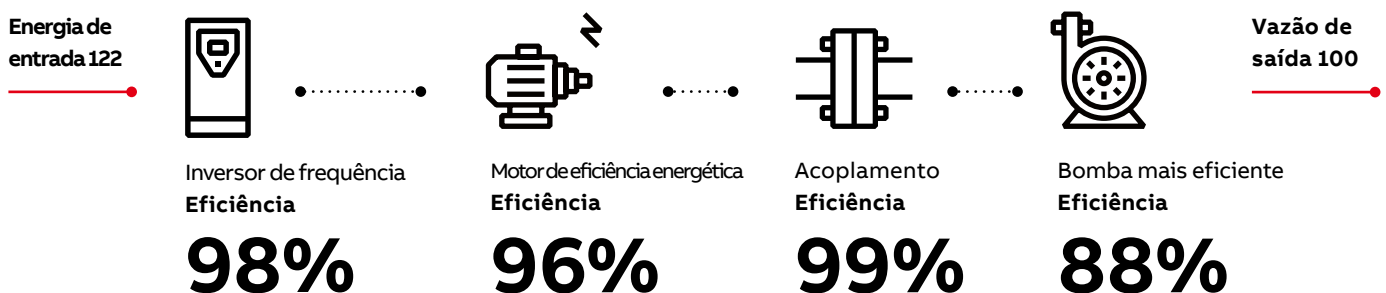
Sistema de bombeamento convencional

Eficiência do sistema = 28%



Sistema de bombeamento com eficiência energética

Eficiência do sistema = 82%



À medida que a eletrônica de estado sólido teve avanço nas décadas recentes, os inversores se tornaram drasticamente mais sofisticados e mais baratos. Apesar destes avanços, eles foram implementados a passos modestos até aqui. Estima-se que 23% dos motores industriais do mundo tenham um inversor de frequência.¹⁵ Espera que esse número aumente para 26% nos próximos cinco anos, pois economias relevantes poderiam ser obtidas se o ritmo de adoção aumentasse. Os especialistas sugeriram que aproximadamente 50% dos motores industriais se beneficiariam desta combinação com um drive.¹⁶

Sem ser controlado por um inversor, muitos motores operam a toda velocidade mesmo quando os requisitos de carga são mínimos. Por exemplo, para controlar a geração de energia mecânica pelo motor em aplicações de bombeamento, um técnica chamada de "throttling",

parecida com aquela usada para reduzir a velocidade de um carro ao aplicar os freios sem deixar de pisar no acelerador. Isso representa um desperdício grande de energia.

Quando adicionado ao motor existente de uma bomba, ventilador ou compressor, um inversor de frequência pode normalmente reduzir o consumo até 25%.¹⁷

O impacto da digitalização e da conectividade

Outro desenvolvimento tecnológico que está preparado para melhorar a eficiência dos motores elétricos do mundo pode ser encontrado na digitalização e conectividade - a "Internet da Coisas da Indústria." Ao anexar sensores conectados sem fio a motores já existentes, torna-se possível monitorar seu desempenho de forma transparente e remota. Em uma instalação industrial complexa ou sistema AVAC de um prédio grande, os dados obtidos possibilitam otimizar processos e perceber a eficiência expressiva dos ganhos e economias de energia.

Quando os motores que estão sendo monitorados são controlados por inversores de frequência, eles de fato se tornam motores inteligentes, visto que eles podem então ser controlados remotamente, ou mesmo automaticamente, ainda otimizando o desempenho, eficiência do sistema e economias de energia. Os dados fornecidos pelos sensores podem ser analisados juntamente com outros dados de controle e assim usados por um sistema de controle central como base de ajustes em tempo real para a instalação como um todo.

Benefícios em potencial e o próximo passo

Foi estimado que, se todos os mais de 300 milhões de sistemas acionados por motores elétricos industriais atualmente em operação fossem otimizados e substituídos por equipamentos de alta eficiência, o consumo de eletricidade global poderia ser reduzidos em até 10%.¹⁸

Então, os ganhos potenciais associados com modernização são grandes.¹⁹ Já os desafios práticos precisam ser superados se vamos concretizar esses ganhos.

As políticas regulatórias estão entre os principais direcionadores do investimento industrial na eficiência energética ao redor do mundo. Isso é particularmente verdade ao falar das regras implementadas pelos grandes produtores industriais, como a China, Europa, Índia e os Estados Unidos. Regras e incentivos feitos adequadamente podem desempenhar uma parte importante em promover a adoção de tecnologias de motores de alta eficiência.

Outra consideração importante são os prazos para retorno, como investimentos em eficiência energética devem competir com os retornos potenciais a partir de outros investimento.²⁰ Um investimento em motores e inversores é muitas vezes uma proposta atrativa devido a facilidade de instalação; eles podem geralmente ser instalados sem exigir qualquer modificação de um sistema industrial existente. Já a linha do tempo do retorno financeiro depende fortemente dos preços da energia. Em períodos de preços mais altos da energia, nós podemos esperar ver maiores investimentos em mais equipamentos eficientes. No momento, os incentivos financeiros estão trabalhando contra a rápida adoção.

Já é um fato que implementar mais inversores e os últimos designs de motores elétricos representa uma tremenda oportunidade à medida que o mundo busca obter uma eficiência energética maior. Os ganhos a serem percebidos ao melhorar a eficiência energética em geral, são provavelmente responsáveis por mais de 40% da redução das emissões dos gases do efeito estufa exigidos até 2040 para atingir as metas climáticas estabelecidas pelo Acordo de Paris.²¹



Alguns projetos de sucesso mais recentes e seus impactos

Não faltam exemplos de como os motores de alta eficiência já estão gerando benefícios econômicos e para o meio ambiente em todo o mundo. Vamos mencionar apenas alguns deles.

Ásia

Em 2018, o India's National Motor Replacement Program (NMRP) se encarregou de estudos piloto de 36 motores nas cidades de Ahmedabad, Surat, Jamnagar e Mumbai. Ao substituir motores de eficiência padrão por motores IE3 de eficiência premium em compressores, bombas, ventiladores e sopradores usados nas indústrias de metal, têxtil, química e automotiva, observou-se as economias de energia nas instalações piloto. O NMRP começou a explorar o impacto potencial de realizar o upgrade de 5.000 motores de eficiência padrão em grandes indústrias e pequenas e médias empresas em todo o país. Concluíram que a ação atingiria economias de energia anuais de 9,150 MWh, uma economia de custo anual de \$902,112 e uma redução anual de emissões de CO₂ de 8,050 toneladas. O NRMP estima que capturar todo o mercado do país levaria a economias de energia de cerca de 22 milhões de MWh e reduções de emissões de 18,3 milhões de toneladas de CO₂ ao ano.²²

Europa

Na refinaria de açúcar Nordzucker AG, em Uelzen, na Alemanha, os inversores industriais regenerativos da ABB estão sendo usados para operar as centrífugas em um nível de eficiência nunca visto antes. As centrífugas desempenham uma função chave no processo de produção do açúcar, separando o açúcar cristalino do xarope viscoso. Os motores que acionam as centrífugas devem acelerar um lote em torque de velocidade máxima para cerca de 15 a 20 segundos antes de começar a frear a centrífuga o mais rápido possível. Os inversores permitem que eles façam isso sem superaquecer. Melhor ainda, sua capacidade regenerativa torna possível alimentar a energia de frenagem dos motores de voltar para a rede. Comparado a outros métodos, esses inversores economizam significativamente mais energia.²³

Américas

O Enercare Centre no Exhibition Place em Toronto é o nonomaior centro de convenções na América do Norte, com mais de um milhões de metros quadrados de espaço. É também certificado LEED Platinum e possui um operação eco-eficiente premium. Mas seu tamanho significa que seu sistema AVAC utiliza mais de 380,000 kWh ao ano para fornecer energia para as bombas que circulam água para aquecer e refrigerar equipamento em toda a instalação. Em 2018, ele equipou 11 bombas grandes com inversores modernos de AVAC. O projeto entregou resultados imediatos, reduzindo o consumo de energia da bomba em até 38%.²⁴



O impacto global dos motores e drives de alta eficiência da ABB

Como uma fornecedora líder de motores e inversores de baixa e média tensão, a ABB avalia com frequência o impacto real do equipamento que ela produziu na eficiência energética global. Ao longo de 2020, a base instalada da ABB de motores e inversores de alta eficiência permitiram 198 terawatt-hora de economias de eletricidade (ou mais de três vezes o consumo total anual da Suíça).²⁵ Até 2023, estima-se que a expansão da base instalada da ABB de motores e inversores permitirá que os clientes economizem um adicional de 78 terawatt-hora de eletricidade ao ano, ligeiramente mais do que o total anual do consumo do Chile.

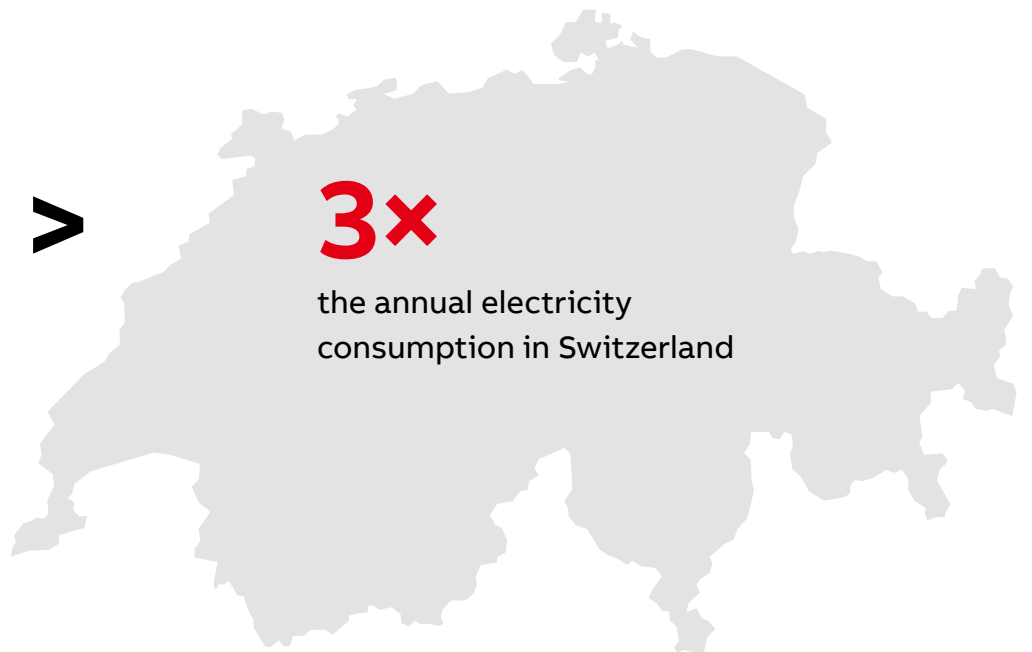
Como um Grupo, a ABB está comprometida a permitir que seus clientes reduzam suas emissões anuais de CO₂ em um adicional de 100 megatons de 2021 até 2030.²⁶ Além dos motores e inversores, a empresa está utilizando conectividade digital e desempenho de uma ampla variedade de tecnologias como máquinas e robôs, assim como plantas de produção, navios e minas. Essas soluções conectadas também prolongam a duração do equipamento, ajudando a preservar os recursos. A ABB também pretende liderar pelo exemplo - ao atingir a neutralidade do carbono em suas próprias operações. A ABB fará isso ao continuar sua transição para fontes renováveis de energia, melhorando a eficiência energética em suas fábricas e unidades, e convertendo sua frota de veículos para alternativas zero emissão ou elétricas.

198 TWh
of electricity savings

>

3x

the annual electricity
consumption in Switzerland



Conclusão

A tecnologia que o mundo precisa para melhorar drasticamente a eficiência energética está nas mãos. Muitas delas, como motores e inversores de alta eficiência, estão bem estabelecidas e testadas ao longo do tempo. Acelerar a adoção dessas tecnologias existentes - na indústria, cidades e transporte - iria atingir economias consideráveis de energia em todo o mundo. Unicamente por esta razão, os motores e inversores de alta eficiência deveriam ser de grande interesse de investimento da comunidade, que cada vez mais visa a sustentabilidade como uma parte de seu critério para investimento.

Ao promover sua adoção por meio de incentivos fiscais, o investimento público e obrigações regulatórias baseadas em sistema, os governos podem estimular ainda mais investimentos privados e pesquisas e mover o mundo para mais perto de atingir as metas climáticas estabelecidas pelo Acordo de Paris.

Os benefícios de uma maior eficiência energética vão além da luta contra a mudança climática. Eles contribuem amplamente para a conservação do meio ambiente, ar e água mais limpos, melhor saúde pública, independência da energia, e crescimento econômico e desenvolvimento mais fortes. Desde o começo da era industrial, as melhorias em eficiência produtiva sempre levaram diretamente para períodos de expansão econômica. Com os últimos avanços tecnológicos, estamos embarcando em uma era em que a maior eficiência contribui simultaneamente para o crescimento econômico e proteção ambiental. Acelerar a adoção dessas soluções é simplesmente um senso comum.

Enquanto os desafios à frente são substanciais, eles não são insuperáveis. Com o investimento adequado e legislação apropriada, deveria ser possível fazer progresso nas metas climáticas do Acordo de Paris nas próximas décadas, assim como nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas. Conforme os impactos econômicos e ambientais de tecnologias obsoletas tenham crescido, fica claro o quanto ganhamos ao aceitar as formas novas e melhoradas de fabricar coisas e operar prédios e redes de transporte. O mais rápido que pudermos fazer isso acontecer, mais nós podemos nos beneficiar.

- (1) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Population Prospects 2019: Highlights," https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf.
- (2) Guillemette, Y. and D. Turner (2018), "The Long View: Scenarios for the World Economy to 2060," OECD Economic Policy Papers, No. 22, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b4f4e03e-en>.
- (3) United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, "World Urbanization Prospects 2018: Highlights," <https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>.
- (4) IEA, "Tracking industry 2020," <https://www.iea.org/reports/tracking-industry-2020>
- (5) UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction, "Why buildings?," 2019 (2018 IEA data), <http://globalabc.org/media-global-advocacy/why-buildings-our-key-messages>.
- (6) Fong, J.; F. Ferreira; A. M. Silva; and A. T. De Almeida, "IEC61800-9 System Standards as a Tool to Boost the Efficiency of Electric Motor Driven Systems Worldwide," *Inventions*, 2020, 5, 20, <https://www.mdpi.com/2411-5134/5/2/20/htm>.
- (7) Waide, P. and C.U. Brunner, "Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems," International Energy Agency working paper, Paris, 2011.
- (8) *Ibid.*, p. 35.
- (9) Stoffel, B., "The role of pumps for energy consumption and energy saving," 2015, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/electric-energy-consumption>.
- (10) Omdia, "Motor-driven Equipment Research Package," 2020
- (11) Christian Bach, "Record efficiency for a gas engine," *Phys.org*, <https://phys.org/news/2019-06-efficiency-gas.html>.
- (12) IEC TS 60034-30-2:2016, "Rotating electrical machines - Part 30-2: Efficiency classes of variable speed AC motors," International Electrotechnical Commission, Geneva, 2016, https://webstore.iec.ch/preview/info_iec60034-30-2%7Bed1.0%7Den.pdf.
- (13) Based on an assumption of 300 million industrial motors currently in service worldwide. Global sales from 2016 to 2020 amounted to roughly 200 million motors. Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.
- (14) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Poland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.
- (15) Omdia, "Low Voltage Motors Intelligence Service," 2020.
- (16) IEA, "Energy efficiency roadmap for electric motors and motor systems," 2015, p. 12.
- (17) For an example of the calculations involved, see "Program Insights: Variable frequency drives," Consortium for Energy Efficiency, 2019, <https://www.cee1.org/content/variable-frequency-drives>.
- (18) Waide, P. and C.U. Brunner, *op. cit.*, pp. 13, 17, 118. Absent additional regulations or incentives, and based on ordinary rates of replacement, it is expected that upgrading to high-efficiency equipment could occupy from 10 to 20 years.
- (19) United4Efficiency, "Accelerating the Global Adoption of energy-efficient electric motors and motor systems," UN Environment Programme, <https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2017/11/Motors-Policy-Brief.pdf>.
- (20) "Energy Efficiency 2020," International Energy Agency, Paris, 2020, <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2020>.
- (21) *Ibid.*
- (22) "National Motor Replacement Program Vision Document," Energy Efficiency Services Limited, 2019, https://copperindia.org/wp-content/uploads/2020/03/Vision-Documents_NMRP.pdf
- (23) "A sugar-sweet start," ABB, 2017, <https://new.abb.com/drives/media/a-sugar-sweet-start>.
- (24) U.S. Energy Information Administration, international data: electricity, 2019, Switzerland, <https://www.eia.gov/international/data/world/electricity/electricity-consumption>.
- (25) "We enable a low-carbon society," ABB, 2022, <https://global.abb/group/en/sustainability/we-enable-a-low-carbon-society>.
- (26) "Convention center exhibits major pump energy savings," Danfoss case studies, 2019, <https://www.danfoss.com/en-us/service-and-support/case-studies/dds/convention-center-exhibits-major-pump-energy-savings/>



ABB Motion

P.O. Box 1
FI-00232
Helsinki, Finland