

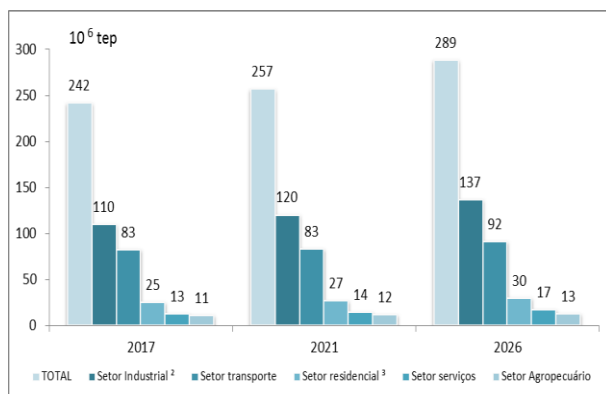
9. Eficiência Energética e Geração Distribuída

9.1 Eficiência Energética

Os resultados da energia conservada apresentados neste capítulo indicam a diferença entre a projeção do consumo final de energia, incorporando ganhos de eficiência energética, e o consumo de energia que ocorreria caso fossem mantidos os padrões tecnológicos observados no ano base, 2016.

Estima-se que a demanda de energia final atinja 289 milhões de tep em 2026, com taxas médias de crescimento de 2% ao ano. O setor industrial contribui com cerca de 47% do consumo em 2026.

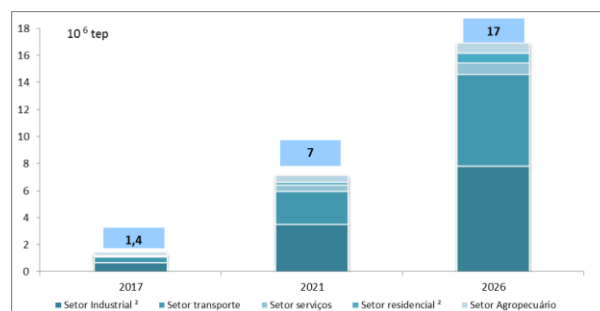
Gráfico 85. Consumo final de energia



Notas: (1) Corresponde ao consumo total de eletricidade em todos os setores somado ao consumo de combustíveis nos setores industrial, energético, agropecuário, comercial, público e de transportes. Não inclui, portanto, o consumo de combustíveis no setor residencial.
(2) Inclui setor energético.
(3) Compreende consumo de energia nos domicílios urbanos e rurais.

O Gráfico 86 apresenta os resultados da contribuição da eficiência energética, que em 2026 podem atingir 17 milhões de tep, equivalente a 7% do consumo final energético do Brasil em 2015.

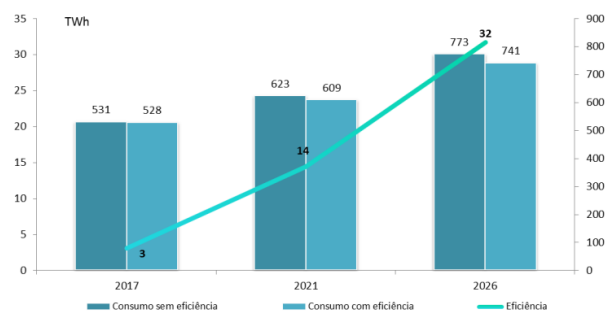
Gráfico 86. Energia conservada total



Notas: (1) Corresponde ao consumo total de eletricidade em todos os setores somado ao consumo de combustíveis nos setores industrial, energético, agropecuário, comercial, público e de transportes. Não inclui, portanto, o consumo de combustíveis no setor residencial.
(2) Inclui setor energético.
(3) Compreende consumo de energia nos domicílios urbanos e rurais.

A energia elétrica conservada em 2026, 32 TWh, corresponde à geração de uma usina hidroelétrica com potência instalada de cerca de 7 GW, equivalente a uma UHE de Itaipu (parte Brasileira). Especificamente no ano de 2025, o montante estimado de eficiência energética corresponde a aproximadamente 4% da demanda elétrica, diferindo da contribuição do setor energético para a NDC brasileira, que foi de 8%. Tal diferença se deve essencialmente ao ano base adotado para efeito dessa estimativa: enquanto essa contribuição foi estimada assumindo-se 2013 como ano base, no caso do PDE 2026, o ano base adotado foi 2016. Isso faz com que os ganhos estimados devidos principalmente à trajetória de ganhos proporcionados pela retirada de comercialização de lâmpadas incandescentes no mercado brasileiro no período 2013-2016 fossem desconsiderados. Caso esse efeito desses anos fosse considerado no PDE 2026, o percentual de eficiência energética em 2025 seria de 8%, equivalente ao estimado à época da elaboração da NDC brasileira.

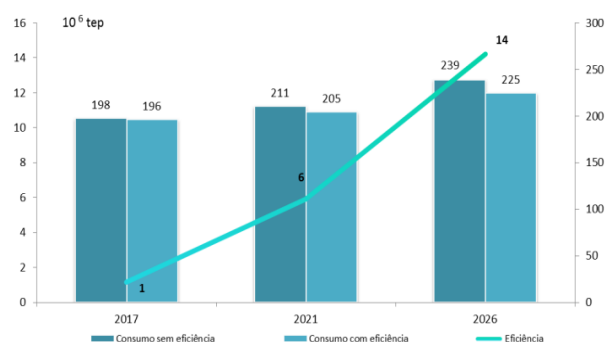
Gráfico 87. Consumo de energia elétrica e energia conservada



Notas: (1) Inclui autoprodução.
(2) Inclui setor energético.
(3) Compreende domicílios urbanos e rurais.

A projeção da eficiência energética no consumo de combustíveis atingirá 14 milhões de tep em 2026. O volume de combustível poupado nesse mesmo ano (2026), se expresso em barris equivalentes de petróleo, é de cerca de 285 mil barris por dia, ou aproximadamente 13% do petróleo produzido no País em 2016.

Gráfico 88. Consumo de combustíveis e combustível economizado

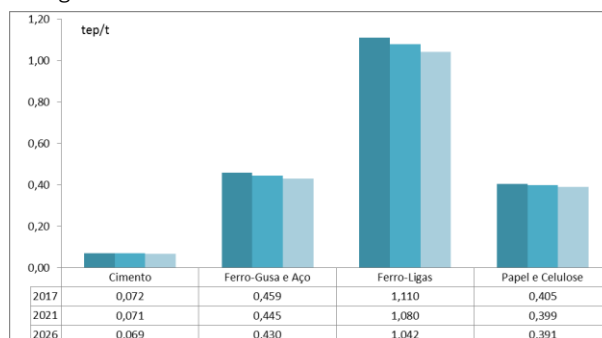


SETOR INDUSTRIAL³⁷

A eletricidade representa 17% do consumo total de energia no uso final, são ainda relevantes, como fonte de energia para o setor industrial, o bagaço de cana (26%) e o gás natural (14%).

O consumo específico de energia para os segmentos industriais selecionados, com destaque para o segmento de ferro-ligas, com redução no período de 0,069 tep/t, como mostra o Gráfico 89.

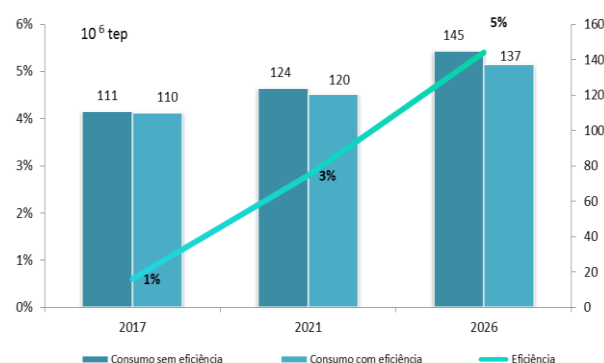
Gráfico 89. Setor industrial: consumo específico de energia



Nota: Inclui a conservação de energia.

A projeção de conservação de energia na indústria é apresentada no Gráfico 90. Projeta-se, para o agregado industrial, conservação de 5% em relação à demanda de energia final prevista para 2026, equivalente a aproximadamente 8 milhões de tep, equivalente ao consumo de energia do setor comercial (8,5 milhões de tep) no ano de 2015 (BEN 2015).

Gráfico 90. Setor industrial: consumo de energia e energia conservada

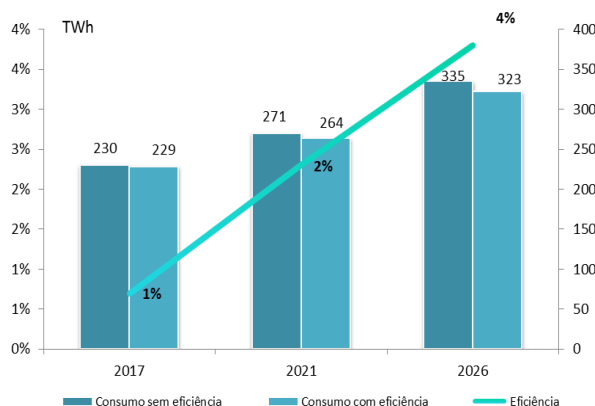


Nota: Inclui o setor energético

³⁷ Inclui o setor energético, classificação utilizada no Balanço Energético Nacional, onde se enquadra o consumo de energia devido ao segmento de produção de energia: exploração e produção de petróleo/gás natural, transporte de gás natural, refinarias de petróleo, destilarias, coquearias e carvoarias.

Para a eletricidade, o Gráfico 91 mostra os principais resultados. A conservação elétrica atinge 4% em 2026, equivalente a aproximadamente 12 TWh. Esse montante conservado em 2026 equivale ao consumo de eletricidade das indústrias de mineração e pelotização (12,7 TWh), dados do BEN 2016.

Gráfico 91. Setor industrial: consumo de eletricidade e eficiência elétrica



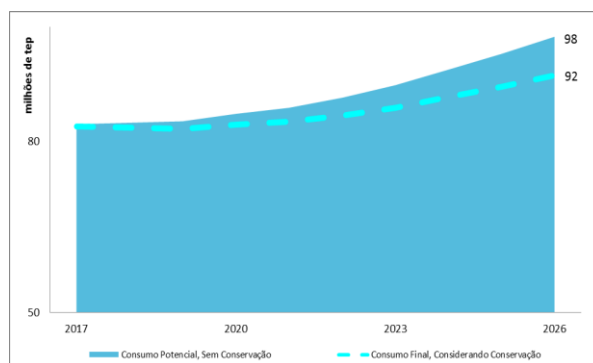
Nota: Inclui o setor energético

SETOR DE TRANSPORTES

Consideram-se, entre outros, as melhorias tecnológicas de motores, a introdução de novas tecnologias como a híbrida, a substituição para modos menos energo-intensivos, mudanças culturais no uso do transporte individual que afetam a intensidade de uso e o nível de ocupação dos veículos. Assim como o aumento da importância do modo rodoviário coletivo e a implementação de corredores de ônibus, além da priorização do transporte coletivo em vias preferenciais, também ajudam a melhorar a eficiência energética do sistema.

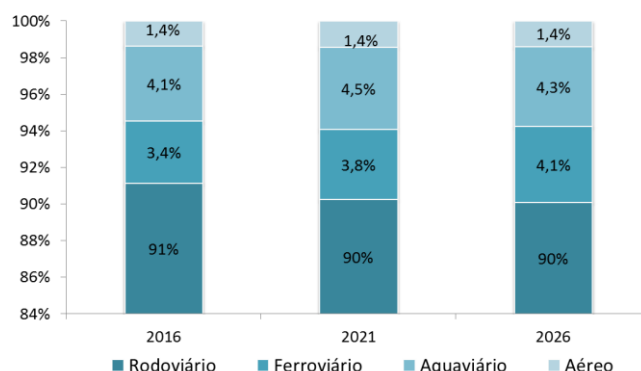
Somente com a eficiência de cada modo de transporte (por exemplo, melhorias tecnológicas e da intensidade do uso) o setor realiza ganhos da ordem de 7% em 2026, conforme o Gráfico 92.

Gráfico 92. Ganhos de eficiência



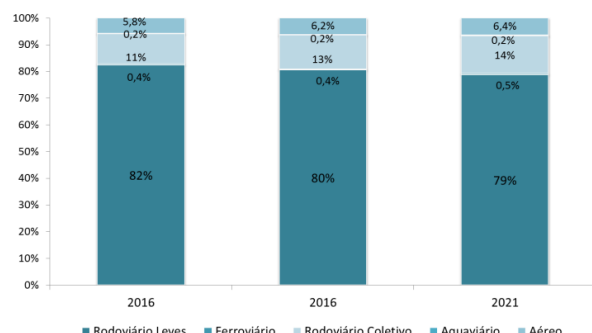
A atividade total do transporte de cargas deve aumentar 3,5% ao ano entre 2016 e 2026 no cenário referencial. A demanda do transporte de carga permite um aumento da participação de modos menos energo-intensivos, especialmente o ferroviário, conforme indicado no Gráfico 93.

Gráfico 93. Participação dos modos na demanda energética do transporte de cargas



Em termos energéticos, a demanda do transporte de passageiros cresce em média 1,6% ao ano. A diferença em relação à taxa da atividade é explicada, em grande medida, pelos avanços tecnológicos, com avanços significativos na eficiência energética de veículos de transporte de passageiros. O aumento da importância do modo rodoviário coletivo e a implementação de corredores de ônibus, além da priorização do transporte coletivo em vias preferenciais, também ajudam a melhorar a eficiência energética do sistema, o Gráfico 94 mostra os principais resultados.

Gráfico 94. Participação dos modos na demanda energética do transporte de passageiros



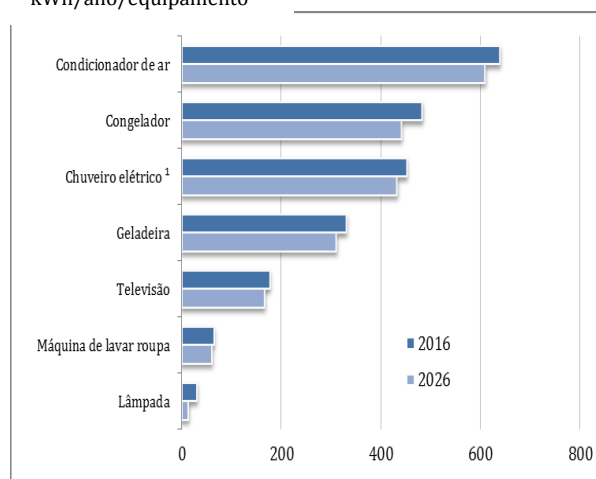
SETOR RESIDENCIAL

No setor residencial, destacam-se os consumos de eletricidade, GLP, gás natural, lenha e carvão, sendo que a eletricidade é a fonte que mais contribuirá para a conservação de energia nos domicílios entre 2016 e 2026.

No horizonte deste PDE, o estoque de eletrodomésticos em poder das famílias crescerá, devido à elevação da renda média e ao número de novos domicílios. O aumento da posse de equipamentos introduz aparelhos novos mais eficientes nas residências, levando à redução do consumo médio do estoque – como mostrado no Gráfico 95 e, conseqüentemente, ao aumento da conservação de energia elétrica.

Gráfico 95. Consumo médio

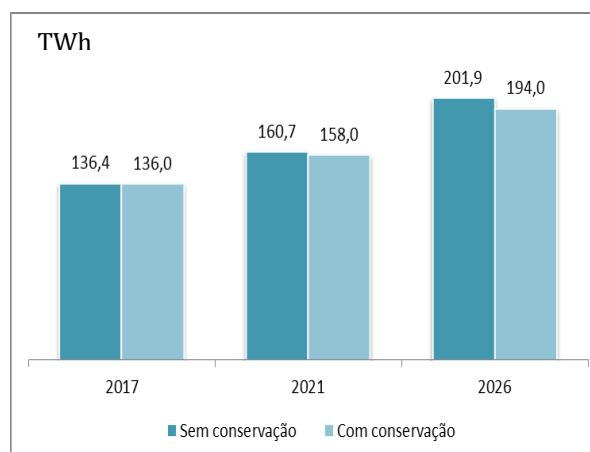
kWh/ano/equipamento



Mesmo com a posse relativamente estável, os dispositivos de iluminação serão os responsáveis pela maior parte da conservação de energia nos domicílios, resultado do fim da comercialização de lâmpadas incandescentes mais populares nas residências em 2016 – conforme a Portaria Interministerial MME/MCT/MDIC nº 1.007 de 31 de dezembro de 2010 – e da maior penetração de lâmpadas fluorescentes compactas e de LED (*light-emitting diode*).

Dessa forma, a conservação de energia elétrica no setor residencial será de 4% do consumo total. Cabe destacar que o aumento da renda, acima da trajetória considerada, levaria a um crescimento da venda de equipamentos novos mais eficientes e taxas mais elevadas de conservação de energia, tudo mais mantido constante.

Gráfico 96. Consumo de eletricidade no setor residencial



Com relação aos demais combustíveis, utilizados predominantemente para cocção de alimentos e aquecimento de água, destacam-se o GLP e o gás natural. Nesse caso, haverá redução do consumo específico dos fogões e fornos em função do aumento do rendimento médio dos queimadores, sujeitos à etiquetagem compulsória. Contudo, esse efeito é em parte compensado pelo aumento do consumo de alimentos que demandam mais energia em seu preparo, como as carnes.

Por fim, no que se refere ao aquecimento de água, além da expansão do uso de gás natural em substituição aos chuveiros elétricos, crescerá a utilização de sistemas de aquecimento solar (SAS), atingindo 13,6% dos domicílios em 2026, resultado

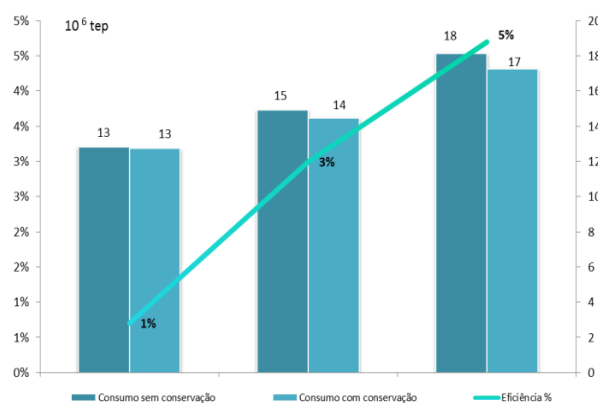
conjunto do desenvolvimento de um mercado autônomo e de programas de habitação de interesse social, que podem incluir a obrigatoriedade do uso dessa tecnologia. Dessa forma, em função do número de domicílios que substituirão a eletricidade por gás natural e aquecimento solar entre 2016 e 2026, o consumo evitado de eletricidade no aquecimento de água será de 2,6 TWh em 2026.

SETOR DE SERVIÇOS

O setor de serviços, que considera o comercial e público, de acordo com o BEN 2016 (EPE, 2016), tem um consumo de energia corresponde a 3,5% do consumo final energético do país. A fonte preponderante é a eletricidade, que concentra mais de 90% da energia total consumida nesse setor, em seguida o GLP com 5%.

A projeção de conservação de energia no setor serviços considerando, além da eletricidade, as demais fontes, foi calculada em 5% do consumo projetado em 2026, reduzindo o consumo final para aproximadamente 850 mil tep nesse ano, que equivale a aproximadamente ao setor têxtil no ano de 2015 (BEN 2016).

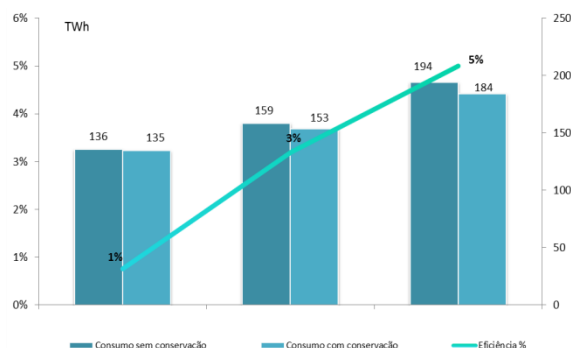
Gráfico 97. Setor de serviços: consumo de energia e conservação de energia



A conservação da energia elétrica foi calculada em 5% do consumo projetado em 2026, reduzindo o consumo final em aproximadamente 10 TWh nesse ano, que equivale a 7% do consumo do setor de

serviços no ano de 2015 (BEN 2016), conforme apresenta o Gráfico 98.

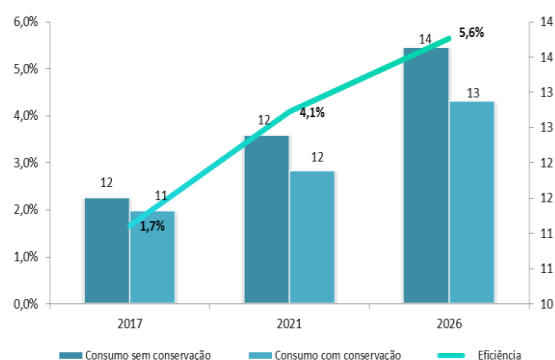
Gráfico 98. Setor de serviços: consumo de eletricidade e eficiência elétrica



SETOR AGROPECUÁRIO

No setor agropecuário os ganhos de eficiência energética na evolução da demanda desse setor indicam que os efeitos combinados dos progressos tendenciais e induzidos resultam em um abatimento da demanda setorial de energia em torno de 5,6% ou 769 mil tep em 2026 (Gráfico 99), sendo que o grande potencial de economia está concentrado no diesel equivalente (óleo diesel e biometano), com 57% e a eletricidade com 30%.

Gráfico 99. Setor agropecuário: Consumo de energia total e eficiência energética



BOX 9.1 – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS

Eficiência Energética (EE) significa realizar o mesmo, ou mais, serviço energético com menor quantidade de energia. Embora o conceito pareça simples, a sua execução tem enfrentado barreiras ao longo do tempo no Brasil. O país possui experiência com programas de conservação de energia desde 1984, com destaque para o Programa Brasileiro de Etiquetagem, PROCEL, CONPET, Programa de Eficiência Energética promovido pela ANEEL e o estabelecimento de índices mínimos de EE para equipamentos comercializados no Brasil (lei 10.295/2001). Apesar disso, não se pode dizer que já houve a criação de um mercado sustentável de EE como resultado dessas iniciativas.

De um modo geral, a dificuldade de articulação entre os diversos agentes públicos e privados é uma barreira que se apresenta em grande parte dos setores e indica que aspectos de institucionalidade da EE ainda não estão resolvidos no país, dificultando a proposição e coordenação de ações. A falta de modelos de negócio adequados para financiamento dos projetos de eficiência também precisa ser superada.

Alguns setores apresentam problemas específicos. No setor público, por exemplo, há barreiras de cunho fiscal e financeiro, além de entraves na política de compras/licitações públicas. Na indústria, os investimentos em eficiência energética não são priorizados, por causa do menor peso do custo da energia na maioria dos segmentos, pela falta de uma cultura industrial que dê importância a EE e dificuldade em medir os resultados. Já no setor de transportes há problemas graves de institucionalidade e coordenação de ações em âmbito local, estadual e federal, além de impedimentos de ordem burocrática, falta de conhecimento de tomadores de decisão e má alocação de investimentos que impedem progressos nesse setor. E nas edificações, faltam requisitos mínimos nos códigos municipais e normas de desempenho mínimo para prédios, e há conflitos de interesse entre quem constrói (que quer o menor custo) e quem ocupa os prédios (que vai pagar pelo consumo). Para que a eficiência energética seja colocada em prática, ações bem estruturadas precisam ser construídas estimulando diferentes agentes da sociedade a agirem em relação ao tema. Até então, o planejamento da eficiência energética tem seguido uma visão estratégica baseada em três pilares (1) identificação dos potenciais de eficiência, (2) elaboração de portfólio de políticas e ações de incentivo, e (3) monitoramento e avaliação de resultados.

9.2 Geração Distribuída

A relação do consumidor com a energia vem se alterando nos últimos anos. O aumento do poder de escolha – uma tendência geral na sociedade – tem se materializado no setor de eletricidade através da popularização das tecnologias de micro e minigeração distribuída. O consumidor, podendo gerar sua própria energia, evolui de uma posição passiva para ativa no setor elétrico.

No Brasil, esse tipo de modalidade de geração foi regulamentado em 2012 pela ANEEL, através da Resolução Normativa (REN) nº 482, que institui o modelo de *net-metering* no país. Em 2015, o regulamento foi aprimorado, de modo a tornar o processo de conexão mais célere e ampliar o acesso à geração distribuída para um número maior de unidades consumidoras. Atualmente, a resolução permite a conexão de geradores de até 5 MW na rede de distribuição, a partir de fontes renováveis de energia ou cogeração qualificada.

A partir da regulamentação, a adoção de sistemas de geração própria teve um início tímido, mas começou a se popularizar. Em 2016 houve um salto de mais de quatro vezes no número de instalações, terminando o ano com 81 MW instalados, distribuídos em 7,7 mil unidades (ANEEL, 2017). Apesar do crescimento recente, essa modalidade de geração ainda é insignificante no Brasil, havendo espaço para se desenvolver muito mais na próxima década.

Dentre as tecnologias de geração distribuída de pequeno porte, destaca-se a baseada no aproveitamento solar fotovoltaico. Essa tecnologia se apresenta com maior potencial de penetração no horizonte decenal, em razão da sua modularidade e custo decrescente. Adicionalmente, é considerada no Plano a contribuição de sistemas a biogás de pequeno porte.

Em 2026, estimam-se cerca de 770 mil adotantes de sistemas fotovoltaicos sob o regime da REN 482, totalizando 3,3 GWp, suficiente para atender 0,6% do consumo total nacional. A evolução das plantas a biogás é menor, com a perspectiva de

aproximadamente 300 MW no final do horizonte do Plano.

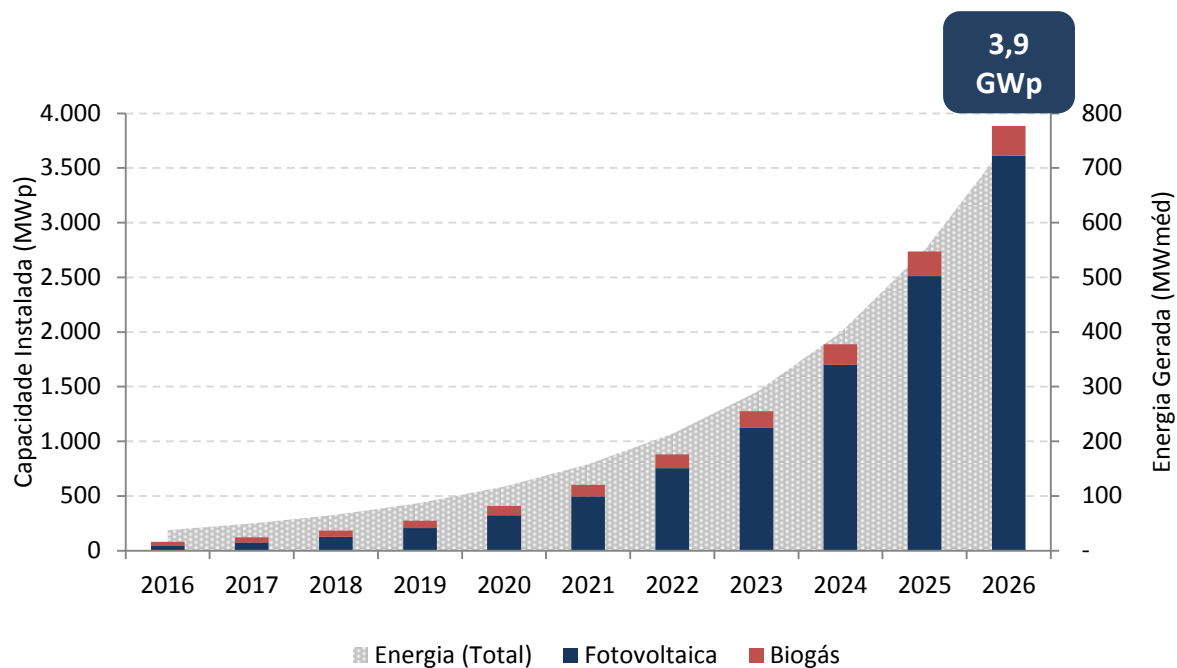
Em relação ao PDE 2024, houve uma melhora do cenário, o que alterou as projeções positivamente. Dentre as mudanças, destacam-se principalmente quatro fatores: (i) alteração da REN 482/2012, que amplia as possibilidades de negócios em geração distribuída, permitindo a adoção por uma maior parcela da população; (ii) isenções tributárias, de PIS/COFINS e ICMS (em 23 unidades federativas) sobre a energia compensada pela unidade consumidora, o que aumenta a viabilidade financeira do investimento; (iii) reajuste das tarifas de eletricidade acima da inflação nos últimos dois anos; (iv) redução no preço dos sistemas fotovoltaicos.

CONTRATAÇÃO PELAS DISTRIBUIDORAS

Além das unidades instaladas sob o regime da REN 482, as projeções do PDE 2026 também consideram uma parcela da inserção da GD fotovoltaica através da contratação via chamadas públicas promovidas diretamente pelas distribuidoras, conforme regulamentado pelo Decreto 5.163/2004. Esse modelo de negócio deve ser viabilizado nos próximos anos, após ser sancionada a Lei 13.203, com a instituição de um Valor Anual de Referência Específico (VRES) para a fonte fotovoltaica. O VRES, definido pela EPE, oferece atratividade ao investimento em geração distribuída fotovoltaica em unidades consumidoras atendidas principalmente em alta tensão. No entanto, salienta-se que a realização desse modelo de negócio depende prioritariamente da iniciativa dos agentes de distribuição em promover chamadas públicas para contratação da fonte.

O resultado consolidado das projeções da micro e minigeração distribuída e da GD contratada pelas distribuidoras é apresentado no gráfico a seguir.

Gráfico 100. Capacidade instalada e energia a partir da geração distribuída fotovoltaica e de biogás



BOX 9.2 – COMO PROMOVER A GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) DE FORMA SUSTENTÁVEL?

A revisão da REN 482 ampliou as possibilidades de negócios em micro e minigeração distribuída (maior limite potência e geração compartilhada, por exemplo) e manteve o atrativo esquema de compensação líquida de energia (*net-metering*). É possível afirmar que, atualmente, o Brasil possui um dos modelos regulatórios mais favoráveis do mundo para quem quer gerar sua própria energia.

No entanto, o modelo de *net-metering*, em conjunto com o uso de tarifas monômias, também traz um problema para o equilíbrio das tarifas de energia elétrica. A justificativa é a de que a distribuidora tem custos fixos e variáveis embutidos na sua tarifa, e que o gerador, ao reduzir a sua conta, deixa de contribuir com as duas parcelas, embora não reduza os dois custos. Logo, os custos fixos devem ser cobertos pelos demais consumidores, através de aumentos na tarifa. Esse aumento torna o investimento em geração distribuída mais atrativo, levando novos consumidores a optarem por gerar sua própria energia, agravando o problema das distribuidoras.

Ressalta-se que a difusão da GD ainda é baixa e que seu impacto nas tarifas é insignificante. No entanto, é importante se antecipar para proporcionar um ambiente sustentável de negócios. Considerando o papel da GD no atendimento da demanda, o desafio é criar condições que estimulem sua difusão e que ao mesmo tempo não onerem outros consumidores e que não prejudiquem as atividades da distribuidora (a rede é fundamental para a existência da GD). Também há de se destacar que ao mesmo tempo em que a penetração da GD afeta o mercado das distribuidoras, também poderá abrir a possibilidade de exploração de novos serviços por parte das mesmas, podendo fazer desse contexto uma grande oportunidade de obtenção de novas receitas.

O Instituto de Tecnologia de Massachussetts (MIT, na sigla em inglês) produziu um importante estudo, denominado *Utilities of the Future*, que avalia através uma abordagem técnica, as tecnologias, políticas, e modelos de negócio que estão moldando a evolução e transformação da indústria de eletricidade e seus impactos na regulação, planejamento, mercado e empresas. O cerne do estudo é a avaliação de tecnologias de geração distribuída. O estudo conclui que a adoção de tecnologias como geração distribuída, baterias, redes inteligentes, carros elétricos, entre outras, ocorrerão não apenas devido aos ganhos financeiros diretos para o consumidor, mas também pela preferência da população que extrapolam a racionalidade econômica clássica. Esta dinâmica afetará as atividades de planejamento de diversas formas, como por exemplo na definição de sua projeção de demanda, como discutido em box apresentado no capítulo 2.

Nesse contexto, a principal função do planejamento será criar condições isonômicas que permitam a competição entre as tecnologias, para que se desenvolvam naturalmente, de forma que prevaleçam as opções que se mostrarem mais competitivas e que tragam maior valor ao sistema. Com o objetivo de disseminar as informações e provocar discussão, no final de Maio a EPE teve em suas instalações uma apresentação de um dos principais autores do estudo, com a participação das entidades responsáveis pela política energética, comercialização, operação e regulação do setor elétrico brasileiro. Em seu website, a EPE divulgou um resumo com as principais conclusões do estudo pois as mesmas forma reflexões importantes para as transformações que a indústria elétrica brasileira passará, com ênfase no planejamento.

PONTOS PRINCIPAIS DO CAPÍTULO

- > Em 2026, a eficiência energética representará 7% do consumo final energético do Brasil em 2015.*
- > Em 2026, a energia elétrica conservada (32 TWh) corresponderá à geração de uma usina hidroelétrica com potência instalada de cerca de 7 GW, equivalente a uma UHE de Itaipu (parte brasileira).*
- > Em 2026, o volume de combustível poupado (285 mil barris por dia) será de 13% do petróleo produzido no País em 2016.*
- > Na indústria, a conservação de energia representará 5% da demanda de energia final prevista em 2026. Já a conservação de eletricidade representará 4%, equivalente ao consumo atual dos setores da mineração e pelletização.*
- > No setor de transportes, devido às melhorias tecnológicas de motores, à substituição para modos menos energo-intensivos, mudanças culturais no uso do transporte individual, ao aumento da importância do modo rodoviário coletivo e à implementação de corredores de ônibus, além da priorização do transporte coletivo em vias preferenciais, a eficiência energética atinge ganhos da ordem de 7% em 2026.*
- > No setor residencial, os dispositivos de iluminação serão os responsáveis pela maior parte da conservação de energia nos domicílios. A conservação de energia elétrica no setor residencial será de 4% do consumo total. O aumento da renda, acima da trajetória considerada, levaria a um crescimento da venda de equipamentos novos mais eficientes e taxas mais elevadas de conservação de energia, tudo mais mantido constante.*