

SÉRIE  
ESTUDOS DA DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 19/15

# Projeção da demanda de energia elétrica

*para os próximos 5 anos (2016-2020)*

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2015



Empresa de Pesquisa Energética

Ministério de  
Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)



## SÉRIE ESTUDOS DA DEMANDA

NOTA TÉCNICA DEA 19/15

**Ministério de Minas e Energia**

**Ministro**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**Secretário Executivo**

Luiz Eduardo Barata

**Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético**

Altino Ventura Filho

# Projeção da demanda de energia elétrica

*para os próximos 5 anos  
(2016-2020)*



Empresa de Pesquisa Energética

*Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei n.º 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.*

**Presidente**

Maurício Tiomno Tolmasquim

**Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais**

Ricardo Gorini de Oliveira

**Diretor de Estudos de Energia Elétrica**

Amílcar Guerreiro

**Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível**

Gelson Baptista Serva

**Diretor de Gestão Corporativa**

Alvaro Henrique Matias Pereira

**Coordenação Geral**

Maurício Tiomno Tolmasquim

Ricardo Gorini de Oliveira

**Coordenação Executiva**

Jeferson Borghetti Soares

**Coordenação Técnica**

Jeferson Borghetti Soares

**Equipe Técnica**

Aline Moreira Gomes

Allex Yujhi Gomes Yukizaki

Arnaldo dos Santos Junior

Carla da Costa Lopes Achão

Fernanda Marques P. Andreza

Gabriel Konzen

Glaucio Vinicius Ramalho Faria

Isabela de Almeida Oliveira

João Moreira Schneider de Mello

Lidiane de Almeida Modesto

Simone Saviolo Rocha

Thiago Toneli Chagas

URL: <http://www.epe.gov.br>

**Sede**

SCN – Quadra 1 – Bloco C Nº 85 – Salas 1712/1714

Edifício Brasília Trade Center

70711-902- Brasília – DF

**Escritório Central**

Av. Rio Branco, n.º 01 – 11º Andar

20090-003 - Rio de Janeiro – RJ

Rio de Janeiro  
Dezembro de 2015

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

## AGRADECIMENTOS

É de justiça registrar o agradecimento da EPE a todas as concessionárias de distribuição de energia elétrica que, como integrantes da **COPAM - Comissão Permanente de Análise e Acompanhamento do Mercado de Energia Elétrica**, rede de intercâmbio de informações e experiências na área do mercado de energia elétrica, muito contribuíram para a discussão das premissas e a calibragem dos parâmetros básicos aplicados aos métodos de previsão da demanda de energia. Esses agradecimentos se estendem à **Eletrobras - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.** e à **Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE** que, da mesma forma, trouxeram informações relevantes para este estudo.

São obrigatórios também os agradecimentos às seguintes instituições: **Associação Brasileira de Grandes Consumidores Industriais de Energia e de Consumidores Livres - ABRACE**, **Instituto Aço Brasil - IABr**, **Associação Brasileira da Indústria Química - ABIQUIM** e **Associação Brasileira da Indústria de Álcalis, Cloro e Derivados - ABICLOR**, pela valiosa colaboração na composição dos cenários para evolução das grandes cargas industriais. Da mesma forma, esses agradecimentos se estendem ao **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES**, cuja contribuição permitiu compor uma visão equilibrada e realista desses cenários. Registrem-se, ainda, as contribuições da **Eletrobras Eletronorte - Centrais Elétricas no Norte do Brasil S.A.** e da **Eletrobras Chesf - Companhia Hidroelétrica do São Francisco**, pelo conhecimento que possuem das cargas industriais de grande porte no Norte, especialmente na região Amazônica, e no Nordeste do país.

Na formulação do cenário demográfico, vale o registro da contribuição sempre oportuna e auspiciosa do corpo técnico do **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**.

Registra-se o agradecimento ao **Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS**, parceiro de trabalhos conjuntos com a EPE, pela disponibilização de dados e informações relativos ao comportamento da carga e pela colaboração na análise das projeções de curto prazo da carga, contemplando o período de cinco anos, horizonte de interesse para o planejamento da operação energética do Sistema Interligado Nacional - SIN.

A despeito dessas contribuições, vale ressaltar que as premissas aqui adotadas e os resultados apresentados, ainda que enriquecidos pela discussão e troca de informações com as entidades citadas, são da total e exclusiva responsabilidade técnica da EPE que, com base nos elementos recolhidos, elaborou uma análise crítica e construiu sua visão própria relativamente aos possíveis cenários de expansão da demanda de energia elétrica.

## APRESENTAÇÃO

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é empresa pública instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, e do Decreto nº 5.184, de 16 de agosto de 2004, vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

O presente texto insere-se na série “Estudos de Energia”, que compila notas técnicas produzidas pela Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais da EPE, contemplando a análise de diversos temas ligados ao mercado de energia, com foco nas análises de demanda, recursos energéticos, economia da energia, evolução tecnológica e outros temas. Os documentos vinculados a esta série, que não têm obrigatoriamente periodicidade regular, estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.epe.gov.br/Estudos>.

Entre os “Estudos de Energia”, destacam-se os estudos sobre a demanda de energia que subsidiam a elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e do Plano Nacional de Energia de Longo Prazo (PNE). Tais estudos são importantes na avaliação das estratégias de expansão da oferta de energia no médio e no longo prazo.

Esta nota visa especificamente a elaboração de uma projeção atualizada da demanda de energia elétrica para subsidiar os estudos relativos ao horizonte quinquenal (2016-2020). Essa projeção constitui-se em importante subsídio para os estudos a desenvolver com vista à elaboração do PDE 2025.

Os estudos sobre a demanda de eletricidade que resultaram na projeção apresentada nesta nota técnica envolveram a análise prospectiva da evolução socioeconômica e demográfica no Brasil, para o período 2016-2020, assim como estudos setoriais contemplando os principais setores da economia. Em destaque, analisou-se a dinâmica do mercado dos principais segmentos industriais eletrointensivos, alguns dos quais estão inseridos numa lógica de competição global, com vista à definição dos cenários de expansão para esses segmentos.

Aspectos importantes que também foram contemplados no estudo referem-se ao aproveitamento das ações de eficiência energética, vistas pelo lado da demanda, assim como às perspectivas de autoprodução de energia elétrica, principalmente na indústria,

aproveitando as oportunidades de cogeração a partir de resíduos do processo. Por sua vez, a extração do petróleo da camada pré-sal envolve esforço adicional de geração elétrica a gás natural nas plataformas *off-shore*, representando uma contribuição importante para a autoprodução total de energia elétrica.

Ressalta-se, por fim, que a previsão de mercado e carga documentada nesta nota técnica refere às previsões da carga de energia e de demanda para os primeiros cinco anos do horizonte, tendo sido adotado como referência para o Plano Anual da Operação Energética (PEN) do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) relativo ao período 2016-2020.

Conforme previsto nos Procedimentos de Rede do ONS, essa projeção de curto prazo (cinco anos) da carga sofrerá duas revisões ao longo do ano de 2016, as chamadas Revisões Quadrimestrais de Mercado e Carga, que serão elaboradas conjuntamente pela EPE e pelo ONS e oportunamente divulgadas através de Notas Técnicas, também conjuntas.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. PREMISSAS BÁSICAS</b>	<b>3</b>
<b>2.1 DEMOGRAFIA</b>	<b>4</b>
2.1.1 Projeção da População Total Residente	4
2.1.2 Projeção do Número de Domicílios	5
<b>2.2 PREMISSAS MACROECONÔMICAS (RESENHA)</b>	<b>6</b>
<b>2.3 GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>7</b>
2.3.1 Expansão da capacidade instalada e da produção	9
2.3.2 Consumo de eletricidade	34
<b>CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>34</b>
<b>AUTOPRODUÇÃO - GRANDES CONSUMIDORES INDUSTRIAIS</b>	<b>36</b>
<b>CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA REDE</b>	<b>38</b>
<b>2.4 AUTOPRODUÇÃO - SÍNTESE</b>	<b>40</b>
<b>2.5 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b>	<b>44</b>
<b>3. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>47</b>
3.1 O CONSUMO NA REDE EM 2015	47
3.2 PROJEÇÃO DO CONSUMO [2016-2020]	47
<b>4. CARGA DE ENERGIA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)</b>	<b>59</b>
4.1 PERDAS	59
4.2 A CARGA DE ENERGIA EM 2015	60
4.3 PROJEÇÃO DA CARGA DE ENERGIA [2015-2020]	61
4.4 COMPARAÇÃO COM O PDE 2024	63
<b>5. CARGA DE DEMANDA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)</b>	<b>65</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Brasil e Regiões. Projeção da População Total Residente (mil hab), 2016-2020	5
Tabela 2. Brasil e Regiões. Projeção do Número de Domicílios (mil), 2016-2020	6
Tabela 3 - Taxas de crescimento do nível de atividade (médias no período)	7
Tabela 4. Grandes consumidores industriais: produção física ( $10^3$ t/ano)	33
Tabela 5. Grandes consumidores industriais: consumo específico de eletricidade <sup>(1)</sup> , por segmento (kWh/t)	35
Tabela 6. Grandes consumidores industriais: consumo total de eletricidade <sup>(1)</sup> , por segmento (GWh)	36
Tabela 7. Grandes consumidores industriais – Consumo total de eletricidade <sup>(1)</sup> , por subsistema (GWh)	36
Tabela 8. Grandes consumidores industriais - Autoprodução por subsistema (GWh)	38
Tabela 9. Grandes consumidores industriais - Autoprodução por segmento (GWh)	38
Tabela 10. Grandes consumidores industriais – Consumo de eletricidade na rede, por segmento (GWh)	39
Tabela 11. Grandes consumidores industriais – Consumo de eletricidade na rede, por subsistema (GWh)	39
Tabela 12. Eficiência. Percentual de redução do consumo por classe (%)	45
Tabela 13. Brasil - Consumo de energia elétrica na rede 2014-2015, por classe (GWh)	47
Tabela 14. Brasil - Consumo de energia elétrica na rede 2014-2015, por subsistema (GWh)	47
Tabela 15. Brasil - Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica	48
Tabela 16. Brasil. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	56
Tabela 17. Subsistema Norte. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	56
Tabela 18. Subsistema Nordeste. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	56
Tabela 19. Subsistema Sudeste/CO. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	57
Tabela 20. Subsistema Sul. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	57
Tabela 21. Sistema Interligado Nacional. Consumo de eletricidade na rede (GWh)	57
Tabela 22. SIN – Carga de energia 2014-2015, por subsistema (MWmédio)	60
Tabela 23. SIN e Subsistemas: carga de energia (MWmédio)	63
Tabela 24. SIN e Subsistemas: acréscimos anuais da carga de energia (MWmédio)	63
Tabela 25. SIN e Subsistemas: demanda máxima instantânea (MW)	67
Tabela 26. Subsistema Norte. Carga de energia mensal (MWmédio)	75
Tabela 27. Subsistema Nordeste. Carga de energia mensal (MWmédio)	75
Tabela 28. Subsistema Sudeste/CO. Carga de energia mensal (MWmédio)	75
Tabela 29. Subsistema Sul. Carga de energia mensal (MWmédio)	75
Tabela 30. Sistema Interligado Nacional (SIN). Carga de energia mensal (MWmédio)	76

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1. Consumo de alumínio (*) per capita versus PIB per capita</i>	15
<i>Gráfico 2. Alumínio: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	16
<i>Gráfico 3. Alumina: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	16
<i>Gráfico 4. Bauxita: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	17
<i>Gráfico 5. Consumo de aço per capita versus PIB per capita</i>	19
<i>Gráfico 6. Aço bruto: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	20
<i>Gráfico 7. Ferro ligas: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	24
<i>Gráfico 8. Soda cáustica: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	26
<i>Gráfico 9. Cloro: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	26
<i>Gráfico 10. Eteno (*): capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	28
<i>Gráfico 11. Celulose: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	30
<i>Gráfico 12. Consumo per capita de papel versus PIB per capita</i>	31
<i>Gráfico 13. Consumo per capita de cimento versus PIB per capita</i>	32
<i>Gráfico 14. Indústrias eletrointensivas: expansão da produção física, 2015-2020</i>	33
<i>Gráfico 15. Grandes consumidores industriais: consumo de eletricidade (TWh)</i>	40
<i>Gráfico 16. Autoprodução de eletricidade, 2015-2020 (TWh)</i>	41
<i>Gráfico 17. Capacidade instalada e da geração fotovoltaica distribuída</i>	43
<i>Gráfico 18. Ganhos de eficiência (TWh)</i>	46
<i>Gráfico 19. Evolução da elasticidade-renda do consumo de eletricidade(**)</i>	49
<i>Gráfico 20. Consumo de eletricidade per capita versus PIB per capita</i>	50
<i>Gráfico 21. Intensidade elétrica versus PIB per capita</i>	51
<i>Gráfico 22. Projeção da demanda total de eletricidade (TWh)</i>	52
<i>Gráfico 23. Brasil. Estrutura do consumo de eletricidade na rede, por classe (%)</i>	53
<i>Gráfico 24. Brasil. Relação: consumo comercial/consumo residencial (%)</i>	54
<i>Gráfico 25. Brasil – Número de consumidores (ligações) residenciais</i>	55
<i>Gráfico 26. Brasil – Consumo médio por consumidor residencial (kWh/mês)</i>	55
<i>Gráfico 27. SIN e subsistemas. Índice de perdas (%)</i>	60
<i>Gráfico 28. SIN. Carga de energia. Estrutura por subsistema (%)</i>	62
<i>Gráfico 29. SIN. Carga de energia (MWmédio) - Projeção Atual ⊗ PDE 2024</i>	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Alumina: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	12
<i>Figura 2. Alumínio: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	14
<i>Figura 3. Siderurgia: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	18
<i>Figura 4. Pelotização: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	21
<i>Figura 5. Ferro ligas: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	23
<i>Figura 6. Soda cáustica: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	25
<i>Figura 7. Eteno (*): expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)</i>	27

*Figura 8. Celulose: expansão da capacidade instalada 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)*

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é documentar a projeção da demanda de energia elétrica elaborada pela EPE para os estudos de curto prazo (horizonte quinquenal: 2016-2020).

As projeções para os próximos cinco anos foram elaboradas em um momento em que a economia mundial se recupera da crise internacional. Dentre os países desenvolvidos, os Estados Unidos merecem destaque, pois vem apresentando uma recuperação mais forte, impulsionada pelo consumo das famílias, acompanhada de melhores indicadores do mercado de trabalho. Já os países emergentes passam por uma condição de crescimento mais limitado em relação aos anos anteriores. A maior incerteza em relação a esse grupo de países é a China, que apresenta sinais de desaceleração, em virtude da transição de modelo de crescimento, visando estimular mais o consumo em detrimento do investimento. Recentemente, alguns acontecimentos aumentaram as incertezas em relação à economia chinesa, como os movimentos bruscos na bolsa de Shangai, bem como a desvalorização cambial recente realizada pelo Banco Popular da China.

No tocante à economia brasileira, esta vem passando por uma situação conturbada de recessão com deterioração da confiança dos agentes, inflação acima do teto da meta<sup>1</sup> e agravamento da situação fiscal. Sendo assim, alguns esforços são necessários para que o Brasil retorne a uma trajetória de crescimento forte, como, por exemplo, retomada dos investimentos, sobretudo os relacionados à infraestrutura, inovação e educação, ajuste fiscal e avanços no ambiente de negócios.

Diante desse contexto, a expectativa de crescimento da economia brasileira no próximo quinquênio é inferior à da economia mundial.

Importa ressaltar que as projeções apresentadas nesta nota técnica tomaram por base os valores do consumo na rede projetado pela EPE para o ano de 2015. No caso da carga de energia, foram utilizados valores verificados das usinas despachadas de forma centralizada pelo ONS projetados para 2015, com base em valores verificados até novembro/2015.

---

<sup>1</sup> A meta de inflação é de 4,5% a.a., com intervalo de tolerância de dois pontos percentuais para cima e para baixo.

A projeção da demanda de energia elétrica apresentada nesta nota técnica, que contempla o horizonte dos próximos 5 anos (2016-2020), será referenciada ao longo do texto, por facilidade de exposição, como “Projeção Atual”.

A nota está organizada em quatro capítulos, além desta Introdução. O segundo deles descreve as principais premissas do estudo, contemplando a projeção da população e dos domicílios, o cenário macroeconômico de referência, as perspectivas relativas aos grandes consumidores industriais, englobando os principais segmentos eletrointensivos, a evolução da autoprodução de eletricidade e da eficiência energética. No capítulo 3, apresenta-se a projeção do consumo de energia elétrica por região (subsistema elétrico). O capítulo 4 contempla a projeção da carga de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN) e, por fim, o capítulo 5 trata da projeção da carga de demanda ou demanda máxima (ponta) do sistema.

## 2. PREMISSAS BÁSICAS

As premissas demográficas, macroeconômicas e setoriais, assim como aquelas relativas à eficiência energética e à autoprodução, têm papel fundamental na determinação da dinâmica do consumo de energia elétrica, com implicação direta no comportamento de vários indicadores de mercado. No setor residencial, o número de ligações à rede elétrica depende de variáveis demográficas, como a população, o número de domicílios e o número de habitantes por domicílio; o consumo médio por consumidor apresenta correlação com a renda, com o PIB e com o PIB per capita. Essas mesmas variáveis são também importantes na explicação de outros setores de consumo, como é o caso da classe comercial (comércio e serviços) e das demais classes de consumo.

O setor industrial mantém uma relação não só com a economia nacional, mas também com a economia mundial, em função dos segmentos exportadores. Os estudos prospectivos setoriais, principalmente dos segmentos eletrointensivos, no que se refere aos respectivos cenários de expansão, rotas tecnológicas e características de consumo energético, são essenciais para a projeção do consumo de energia elétrica dessa importante parcela do mercado. Por sua vez, é na indústria que a autoprodução ganha maior relevância deslocando parcela do consumo final de eletricidade que, dessa forma, não compromete investimento na expansão do parque de geração/transmissão do Setor Elétrico Brasileiro.

Adicionalmente, é extremamente importante a formulação de premissas de eficiência energética, as quais perpassam todos os setores de consumo, sendo, muitas vezes, considerada a forma mais econômica de atendimento à demanda. Cabe ainda destacar que esta nota destaca a contribuição esperada da geração distribuída de pequeno porte, em especial, a geração fotovoltaica que, embora ainda tenha pequena participação, pode mostrar uma crescente contribuição ao longo do tempo.

As seções subsequentes ocupam-se da descrição dos principais aspectos considerados relativamente às premissas utilizadas neste trabalho. Com relação às premissas econômicas que embasaram todo o estudo, apresenta-se uma resenha dos principais aspectos do cenário.

## 2.1 Demografia

A evolução demográfica, bem como seus efeitos sociais e econômicos, é de suma importância para explicar o consumo de energia. Sendo assim, qualquer estudo prospectivo da demanda de energia possui como um de suas preocupações básicas o estabelecimento de premissas com relação ao comportamento futuro da população.

Ao longo das últimas décadas, a população brasileira vem passando por um rápido processo de transição demográfica. A população total residente do país vem apresentando taxas de crescimento de modo geral declinantes em todas as regiões do país.

As projeções demográficas baseiam-se nos estudos e pesquisas realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, que refletem as tendências demográficas observadas nos últimos anos, tais como a redução das taxas de fecundidade e de mortalidade.

Na sequência, são apresentadas as projeções da população total residente e dos domicílios do país desagregadas por regiões geográficas.

### 2.1.1 Projeção da População Total Residente

As mudanças demográficas no Brasil tem se destacado pela rapidez com que elas vêm ocorrendo. A população brasileira está crescendo a taxas cada vez menores, tendência que se manterá nos próximos anos. Conforme pode ser visto na Tabela 1, estima-se que a população brasileira cresça a uma taxa média de 0,7% a.a. entre 2016 e 2020. Com isso, em 2020 o país passará a ter 212 milhões de habitantes - um acréscimo de aproximadamente 6 milhões de pessoas ao longo do período.

Com relação ao perfil regional da população brasileira, pode ser observado que o maior crescimento ocorre nas regiões Norte (1,2%) e Centro-Oeste (1,3%), com variações acima da média nacional (0,7%). Esse crescimento, contudo, não é capaz de induzir a uma mudança significativa na estrutura da população, que continua fortemente concentrada nas regiões Sudeste (41,8%) e Nordeste (27,4%).

Tabela 1. Brasil e Regiões. Projeção da População Total Residente (mil hab), 2016-2020

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2016	17.822	57.085	86.653	29.542	15.768	206.871
2020	18.685	58.314	88.854	30.310	16.596	212.759
Variação (% ao ano)						
2016-2020	1,2	0,5	0,6	0,6	1,3	0,7
Estrutura de Participação (%)						
2016	8,6	27,6	41,9	14,3	7,6	100
2020	8,8	27,4	41,8	14,2	7,8	100

Fonte: Elaboração EPE.

Nota: População em 31 de dezembro<sup>2</sup>.

### 2.1.2 Projeção do Número de Domicílios

O número de domicílios particulares permanentes vem apresentando trajetória crescente em todas as regiões do país. Para o período que se estende de 2016 a 2020, é projetado uma continuidade desta trajetória. A expectativa é de que haja um aumento de 5 milhões em relação a 2016, totalizando cerca de 71 milhões de domicílios no país em 2020.

Como resultado deste aumento e de um menor crescimento da população, espera-se que ocorra no período uma leve redução do número de habitantes por domicílios. Projeta-se que em 2016 essa relação seja de 3,1, reduzindo para 3,0 no fim do horizonte.

No que se refere à distribuição regional dos domicílios, observa-se um crescimento forte em todas as regiões, em especial nas regiões Norte e Centro-Oeste que apresentam crescimento acima da média nacional. Com relação à estrutura de participação do número de domicílios no total nacional, verifica-se que eles ainda se mantêm fortemente concentrados nas regiões Sudeste e Nordeste.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das projeções do número total de domicílios particulares permanentes do Brasil e das regiões para o período de 2016 a 2020.

<sup>2</sup> Os dados populacionais do IBGE, originalmente divulgados com a data de referência de 1° julho de cada ano, são ajustados para a data de 31 de dezembro, tornando-se assim compatíveis com os dados anuais relativos às variáveis energéticas.

Tabela 2. Brasil e Regiões. Projeção do Número de Domicílios (mil), 2016-2020

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	Brasil
2016	4.763	17.042	28.999	10.389	5.242	66.435
2020	5.190	18.039	30.911	11.176	5.761	71.076
Variação (% ao ano)						
2016-2020	2,2	1,4	1,6	1,8	2,4	1,7
Estrutura de Participação (%)						
2016	7,2	25,7	43,6	15,6	7,9	100
2020	7,3	25,4	43,5	15,7	8,1	100

Fonte: Elaboração EPE.

Nota: Domicílios em 31 de dezembro.

## 2.2 Premissas macroeconômicas (resenha)

Nesta seção, apresenta-se um resumo das premissas macroeconômicas adotadas neste estudo, que seguem as linhas gerais dos cenários macroeconômicos de médio e longo prazos da EPE.

O cenário de referência assume uma recuperação da economia mundial, onde os países em desenvolvimento, sobretudo os asiáticos, têm um papel relevante. É importante ressaltar que apesar dos maiores riscos recentes para a economia chinesa, ainda é esperada uma desaceleração suave de seu crescimento econômico. Para os países desenvolvidos, a perspectiva é de uma recuperação gradual, sem ruptura na União Europeia.

Já para o Brasil, a perspectiva é de um período de maiores incertezas no curto prazo. A queda dos investimentos nos anos de 2014 e 2015, os altos níveis de capacidade ociosa e a baixa confiança dos consumidores e investidores são fatores que afetam o crescimento no curto prazo e reduzem a possibilidade de uma recuperação vigorosa no médio prazo.

Com relação à demanda interna, a retomada do consumo das famílias é essencial para estimular o setor industrial e comercial. Inicialmente atendido pela expansão da oferta através de recuperação do nível utilização da capacidade da indústria, posteriormente é imprescindível que haja expansão dos níveis de investimento necessários para ampliar a capacidade de oferta da economia.

Pelo lado do setor externo, a economia continuará a se beneficiar de um câmbio mais favorável que estimulará a exportação de setores voltados para o mercado externo.

Nesse sentido, levando-se em conta o cenário descrito, a expectativa é de que a economia brasileira cresça nos próximos cinco anos a uma taxa média de 2,1% anuais. A evolução do crescimento econômico mundial e nacional é apresentada na Tabela 3.

**Tabela 3 - Taxas de crescimento do nível de atividade (médias no período)**

Indicadores Econômicos	Histórico		Projeção
	2005-2009	2010-2014	2016-2020
PIB mundial (% a.a.)	3,8%	3,9%	3,9%
Comércio mundial (% a.a.)	3,5%	5,8%	5,0%
PIB nacional (% a.a.)	3,6%	3,2%	2,1%

Fontes: IBGE e FMI (dados históricos) e EPE (projeções).

### 2.3 Grandes consumidores industriais de energia elétrica

Há um conjunto de segmentos industriais que respondem por importante parcela do consumo industrial de eletricidade, aqui denominados grandes consumidores industriais de energia elétrica. Englobam segmentos industriais que são na sua maioria eletrointensivos, podendo dizer-se que todos eles são, sem exceção, também energointensivos. Os grandes consumidores industriais aqui considerados contemplam a cadeia do alumínio, incluindo a produção de alumina e a extração de bauxita, siderurgia (produção de aço bruto), ferro-ligas, pelletização, cobre, petroquímica (produção de eteno), soda-cloro, cimento, papel e celulose.

Estes segmentos industriais são produtores de insumos básicos que entram na composição de grande quantidade de materiais usados nas mais diversas atividades da economia, desde a construção civil, incluindo obras de infraestrutura, à produção de utensílios de uso cotidiano, passando pela fabricação de máquinas e equipamentos, entre outras aplicações.

Esses insumos básicos e os materiais a partir deles fabricados estão intimamente ligados ao modelo de desenvolvimento econômico da sociedade contemporânea.

Apesar das legítimas pressões ambientais, que vêm ganhando maior força nos últimos anos e cuja intensidade se prevê crescente, não se visualiza uma ruptura do atual modelo de desenvolvimento econômico, contemplando mudanças fundamentais do paradigma de comportamento da sociedade no horizonte do presente estudo.

É certo que as pressões de ordem ambiental, da mesma forma que levarão ao progressivo aproveitamento do potencial de eficiência energética no uso e na produção de energia, também serão indutoras de uma economia menos intensiva no uso de insumos básicos

industriais energointensivos, tais como o aço, o alumínio ou o cimento, entre outros, resultando em redução gradual da elasticidade-renda da demanda por esses produtos.

No entanto, não se espera uma substituição radical no uso desses insumos básicos, vale dizer, não se imagina que, no horizonte de 5 anos, a construção civil prescindia de materiais como o aço, o alumínio, o cimento ou o PVC. Ademais, a demanda por esses insumos básicos deverá apresentar expansão importante ao longo dos próximos anos, não somente no Brasil, mas também em outros países em desenvolvimento, como a China e a Índia, nos quais ainda existe importante déficit habitacional, de serviços públicos básicos e de infraestrutura.

Um conjunto de relativamente poucos segmentos industriais representa quase 40% do consumo total de eletricidade da indústria brasileira. São eles os segmentos de alumínio (incluindo alumina e bauxita), siderurgia (aço bruto), ferro ligas, pelletização, cobre, celulose e papel, soda-cloro, petroquímica (eteno) e cimento. Dada a importância desses segmentos no consumo energético do país, vale uma análise mais aprofundada dos respectivos cenários de expansão, bem como dos correspondentes consumos de eletricidade.

Nesta seção são apresentadas as principais premissas utilizadas na cearização desses segmentos industriais grandes consumidores de energia elétrica, para o horizonte 2016-2020. Tais premissas englobam tanto as perspectivas de expansão da capacidade instalada de produção desses setores quanto os parâmetros característicos utilizados na descrição da respectiva dinâmica de mercado. Apresenta-se, também, a projeção da produção física e da autoprodução de eletricidade a eles associadas.

É importante para o planejamento da expansão do parque elétrico nacional, especialmente para o dimensionamento da rede de transmissão, o conhecimento da distribuição espacial do consumo, dadas as limitações dos intercâmbios de energia possíveis entre os diferentes subsistemas elétricos interligados. Nesse sentido, é fundamental conhecer a alocação regional das cargas relativas aos grandes consumidores industriais. É por esse motivo que os resultados apresentados nesta seção são desagregados por subsistema integrante do Sistema Interligado Nacional (SIN).

Vários dos segmentos energointensivos, nomeadamente as indústrias produtoras de *commodities* metálicas, como é o caso do segmento siderúrgico e o de alumínio, assim como o segmento de papel e celulose, são controlados por grandes grupos empresariais de escala e atuação globais. Por isso, a alocação da expansão da capacidade de produção mundial dos respectivos produtos segue uma lógica global de otimização de resultados, que leva em consideração diversos fatores, desde a disponibilidade e a localização das fontes

de matérias primas, de insumos básicos e de mão de obra local, passando por aspectos de ordem institucional e de geopolítica, pela questão energética (garantia de suprimento, preços competitivos da energia), até a logística de transporte e a localização dos principais mercados consumidores.

Dessa forma, várias regiões no mundo apresentam vantagens comparativas relativamente à alocação mundial da produção dessas indústrias. Nesse contexto, o Brasil atualmente ocupa posição de destaque em alguns setores, como é o caso do segmento de papel e celulose e da cadeia de alumínio (especialmente, no que se refere à extração de bauxita e à produção de alumina).

Entretanto, considera-se no atual ciclo de planejamento um cenário econômico um pouco mais fraco do que o vislumbrado à época do PDE 2024. Neste contexto, alguns segmentos industriais têm grande dificuldade de expansão, como são os casos da siderurgia e da produção de alumínio primário. Como consequência, espera-se que tais setores tenham piores resultados de balança comercial em 2020.

Prevê-se para o próximo quinquênio (2016-2020) uma retomada da utilização de capacidade instalada das indústrias de base, sem prejuízo da movimentação gradual da indústria brasileira para uma maior diversificação da indústria manufatureira, tornando-se mais competitiva em segmentos industriais de tecnologia mais avançada, com maior valor agregado, que, gradualmente, deverão ganhar espaço na matriz industrial do País.

Em síntese, a economia brasileira deverá caminhar ao longo dos próximos anos, para uma maior eficiência no uso de insumos básicos energointensivos, cujos processos de produção são também, geralmente, fortes emissores de gases de efeito estufa, e considera-se que essa será, também, a tendência em nível mundial.

### **2.3.1 Expansão da capacidade instalada e da produção**

No que se refere ao cenário de expansão da capacidade instalada de produção dos segmentos industriais eletrointensivos para os próximos anos, as diferenças com maior destaque em relação ao cenário considerado no último Plano Decenal (PDE 2024) concentram-se nos segmentos de alumínio primário, ferro-ligas e celulose, cujos cenários de expansão sofreram reduções.

Em seguida, apresentam-se as expansões de capacidade instalada consideradas por segmento industrial grande consumidor de eletricidade. São, também, apresentadas as projeções da produção física, da demanda interna e das exportações relativas a cada um

dos segmentos analisados, descrevendo-se brevemente as premissas adotadas para cada um deles.

Naturalmente, é com base na produção física que será feita a projeção do consumo de energia elétrica de cada segmento, utilizando-se os respectivos consumos específicos de eletricidade (kWh por tonelada produzida).

No que se refere à produção física, relativa aos segmentos industriais atualmente voltados fortemente para a exportação, como o alumínio (sobretudo, a alumina e a bauxita) e a celulose, entre outros, admite-se, de um modo geral, que eles recuperam parcialmente seus níveis de utilização da capacidade instalada e que o excedente da produção relativamente à demanda interna encontra alocação no mercado internacional. De fato, os grupos econômicos que controlam esses setores conhecem bem a política internacional relativamente à regionalização da produção setorial, sendo eles mesmos coautores na formulação dessa política. Dessa forma, a alocação regional de nova capacidade é definida levando-se em consideração as perspectivas de evolução do mercado mundial, a localização das reservas de insumos básicos e as questões de logística, entre outras.

A demanda interna dos produtos oriundos da maioria desses segmentos industriais é determinada em função do cenário econômico, através da sua elasticidade em relação ao PIB. De um modo geral, admite-se, como tendência de longo prazo, uma maior eficiência da economia no uso desses insumos básicos, traduzida em uma redução gradual da elasticidade-renda ao longo do tempo.

### **Alumínio**

A análise da indústria do alumínio considera não somente a produção de alumínio primário, que é extremamente eletrointensiva, mas também de alumina, bem menos intensiva em eletricidade, e de bauxita, que tem baixo consumo específico de eletricidade. Além disso, a produção primária do alumínio (a partir da cadeia bauxita-alumina-alumínio primário) é complementada pela produção secundária, isto é, através da reciclagem da sucata de alumínio.

A mineração da bauxita no Brasil totaliza uma capacidade instalada de produção próxima a 40 milhões de toneladas por ano, sendo a Mineração Rio do Norte - MRN a maior unidade produtora, situada no Pará, atualmente com capacidade de produção de cerca de 20 milhões de toneladas por ano. Com capacidades menores, registram-se as unidades de mineração da Companhia Brasileira de Alumínio - CBA, do grupo Votorantim, em Minas Gerais e Goiás, da VALE em Paragominas, no Pará, da ALCOA e da NOVELIS, no estado de Minas Gerais.

No caso da bauxita, a maior parcela da produção nacional é utilizada como insumo para a produção local de alumina. No horizonte quinquenal, estima-se que a produção brasileira de bauxita mostre um crescimento médio anual de 3,7% da produção brasileira.

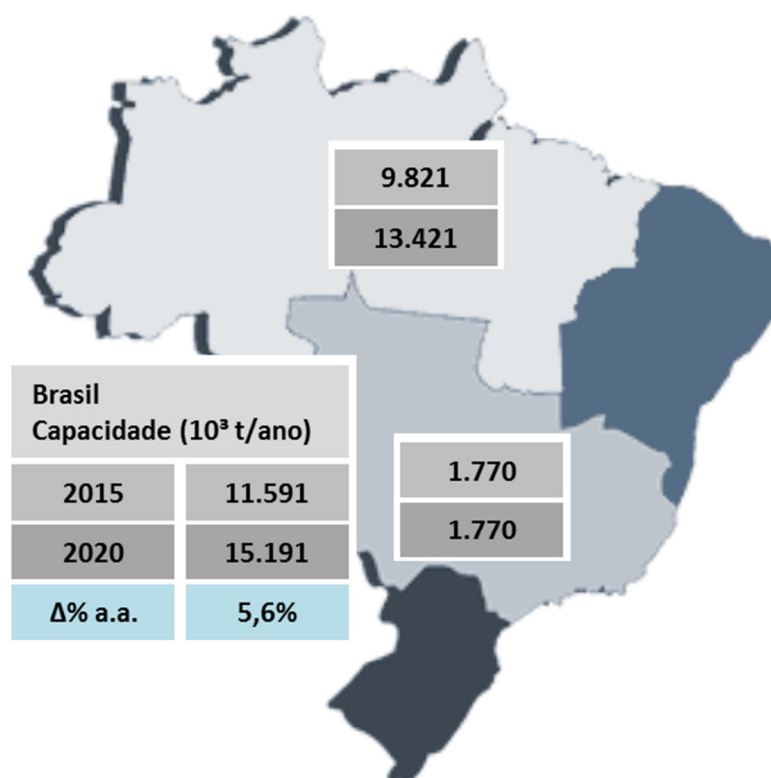
No que se refere à alumina, o Brasil atualmente exporta grande parte da sua produção (quase 80% da produção nacional em 2014). O restante da produção é usado basicamente como insumo na produção de alumínio primário. A atual capacidade instalada de produção de alumina situa-se em torno de 12 milhões de toneladas por ano, sendo que as maiores plantas são a da Alunorte, no Pará, de 6 milhões de toneladas, e a Alumar, no Maranhão, de 3,5 milhões de toneladas anuais.

No cenário adotado para o horizonte quinquenal, considera-se que as exportações se mantêm em um nível próximo a 85% da produção nacional ao longo do horizonte quinquenal, aumentando em valor absoluto neste período. Cabe ressaltar que a demanda interna de alumina cresce a 6,0% anuais entre 2015 e 2020, por conta basicamente da recuperação da utilização da capacidade instalada de alumínio primário neste período.

Entre as expansões previstas da capacidade instalada de produção de alumina no país, destaca-se a planta da Votorantim, projeto Alumina Rondon, no Pará, com capacidade de 3 milhões de toneladas anuais e com início de operação previsto para 2017.

Na Figura 1 mostra-se a localização, por subsistema elétrico, das expansões de capacidade instalada de produção de alumina previstas no horizonte deste estudo, assim como a evolução da capacidade instalada no Brasil.

Figura 1. Alumina: expansão da capacidade instalada 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)



Quanto às perspectivas da produção de alumínio primário no Brasil, agentes do setor, representados pela Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) vêm há algum tempo sinalizando que a indústria de alumínio primário no Brasil vive momentos difíceis em termos de sua competitividade no mercado internacional, sendo o custo da energia elétrica adquirida o principal fator que, segundo a ABAL, compromete essa competitividade. Assim, dada a falta de competitividade salientada pela ABAL, e conforme já se havia admitido no PDE 2024, não foram contempladas expansões da capacidade produtiva nacional de alumínio primário nos estados do subsistema Norte interligado. Adicionalmente, foi considerada a desativação da planta de alumínio primário da Novelis/Ouro Preto a partir de 2015, além da suspensão temporária da produção da Alumar/MA a partir de 2015, conforme anunciado na imprensa especializada.

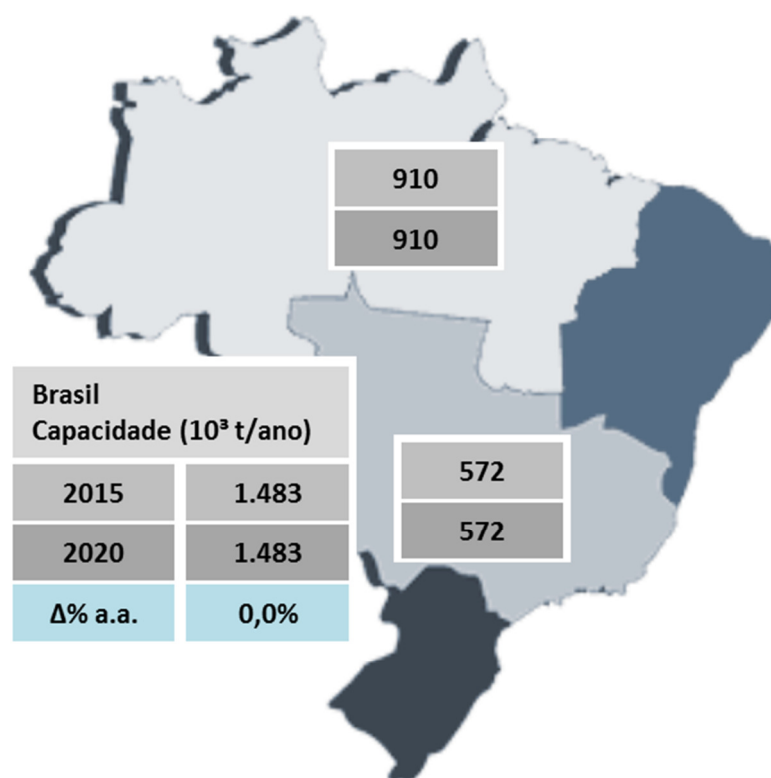
É interessante observar que a lógica internacional de alocação da indústria do alumínio no mundo, de um modo geral, visa à produção de alumina junto às reservas do minério (bauxita), a produção do alumínio primário situada onde haja disponibilidade de energia elétrica a preços competitivos, e a produção de transformados e de produtos finais é, preferencialmente, localizada junto aos mercados consumidores.

Nesse sentido, nos últimos anos, os projetos de investimento em novas plantas de alumínio primário (*smelters*) têm se baseado, no caso da China e da Índia, no aproveitamento do baixo custo de capital que, de certa forma, compensa tarifas de energia mais altas do que em outros países, assim como na existência de um mercado demandante de alumínio em forte expansão.

No resto do mundo, a alocação da produção de alumínio primário tem-se orientado, essencialmente, pela disponibilidade e pelo baixo custo da energia elétrica. Como resultado, nos últimos anos, a expansão da capacidade instalada de produção tem buscado países como a Rússia (hidroeletricidade e termoeletricidade a gás natural), a Austrália (termoeletricidade baseada em carvão), o Oriente Médio (termoeletricidade a gás natural), ou a Islândia (hidroeletricidade e eletricidade de origem geotérmica), os quais têm energia abundante, em relação a suas respectivas necessidades, e condições de suprir a indústria de alumínio primário com energia elétrica a preços muito competitivos.

No que se refere à produção de alumínio primário, a atual capacidade instalada no País é de cerca de 1,5 milhões de toneladas por ano. Os maiores produtores são a CBA (475 mil t/ano), do grupo Votorantim, situada em São Paulo, e as unidades da Albrás (450 mil t/ano), no Pará, e da Alumar (450 mil t/ano), no estado do Maranhão. Cabe ressaltar que foi considerada a desativação da planta de alumínio primário da Novelis/Ouro Preto, além da suspensão temporária da produção da Alumar/MA a partir de 2015. A Figura 2 ilustra a evolução da capacidade instalada de produção de alumínio primário por subsistema elétrico considerada para o período 2016-2020.

Figura 2. Alumínio: expansão da capacidade instalada 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)

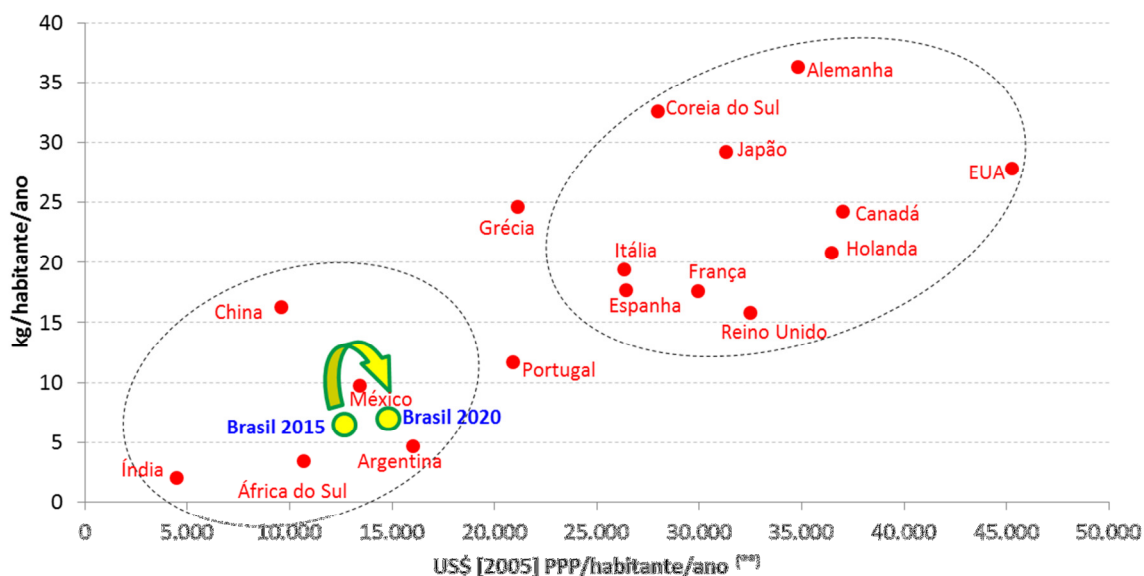


Vale ressaltar que o Brasil detém, em termos da reciclagem do alumínio, um índice elevado. A relação entre a quantidade de sucata recuperada e o montante de alumínio consumido (consumo doméstico de produtos transformados do alumínio) foi de 33,7% em 2013, valor superior à média mundial (30,7% em 2013). No caso específico de latas de alumínio, o País é líder mundial em termos de nível de reciclagem - 98,4% em 2014 (ABAL, 2015). Desta forma, acredita-se que, no horizonte 2016-2020, a proporção de produção secundária de alumínio relativamente à demanda doméstica não tenha capacidade para expansão para níveis muito superiores ao observado atualmente.

Como resultado das projeções de produção de alumínio primário neste estudo, estima-se que o consumo per capita de alumínio no Brasil passará de cerca de 6,1 kg/habitante/ano, em 2015, para algo em torno de 7,0 kg/habitante/ano em 2020. O país passará de uma renda per capita<sup>3</sup> um pouco superior à da China e da África do Sul para uma renda próxima à da Argentina em 2020, enquanto o consumo per capita de alumínio, que é atualmente próximo ao da Argentina, atingirá, em 2020, valor que se aproxima do atual valor de México e Portugal (Gráfico 1).

<sup>3</sup> No sentido da paridade do poder de compra (*Power Purchase Parity* – PPP).

Gráfico 1. Consumo de alumínio (\*) per capita versus PIB per capita



(\*) Consumo aparente = produção primária + importação de lingotes + importação de semimanufaturados e manufaturados + sucata recuperada - exportação de lingotes - exportação de semimanufaturados e manufaturados.

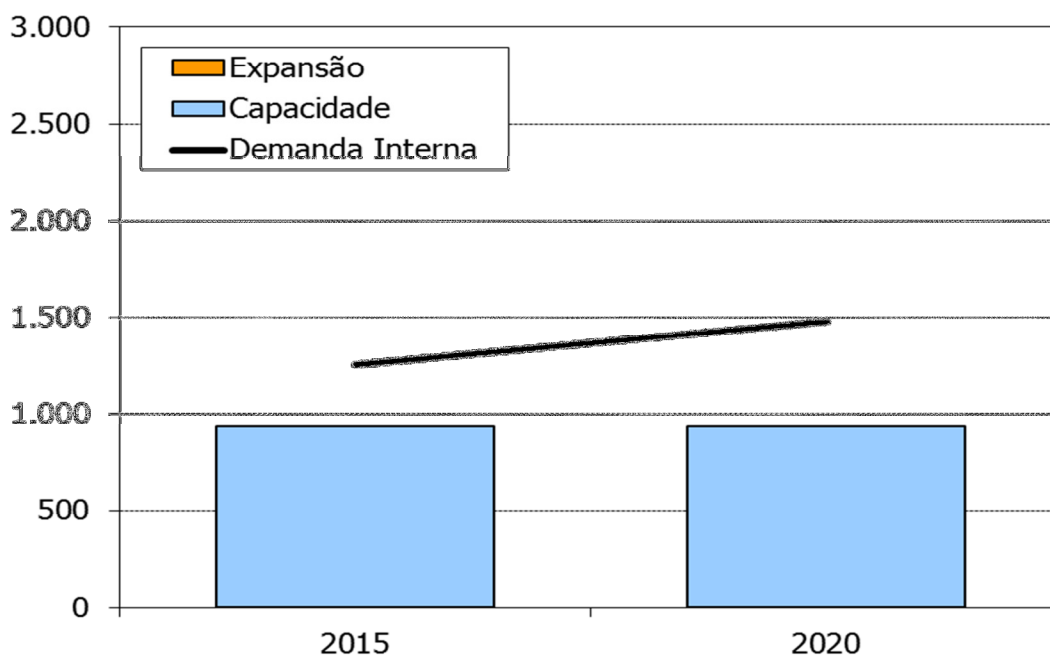
(\*\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP<sup>4</sup>, relativos ao ano de 2013. Os dados de consumo são relativos ao ano de 2013 para todos os países com exceção do Brasil.

Fontes: ABAL (2013) e IEA, *Key World Energy Statistics* 2015. Elaboração EPE.

O Gráfico 2 mostra a evolução da demanda interna de alumínio primário, além da capacidade instalada e da produção física para o período quinquenal. Já em 2015, a demanda nacional de alumínio primário tende a ser bem superior à produção de alumínio primário no País, por conta principalmente dos baixos níveis verificados de utilização da capacidade instalada. Mesmo quando considerada a produção secundária, há certo nível de importações líquidas atualmente, que tende a se acentuar até o final do horizonte quinquenal. Por sua vez, os Gráficos 3 e 4 mostram a evolução dos mesmos indicadores, respectivamente, para a alumina e a bauxita. Conforme se pode observar, a alumina continuará sendo exportada em montantes expressivos.

<sup>4</sup> Os dados relativos ao PIB estão expressos em US\$ constante de 2005 e levam em consideração a paridade do poder de compra nos diferentes países (PPP - *Power Purchase Parity*), o que torna a comparação entre países mais justa.

Gráfico 2. Alumínio primário: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)



Nota: não inclui produção secundária.

Gráfico 3. Alumina: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)

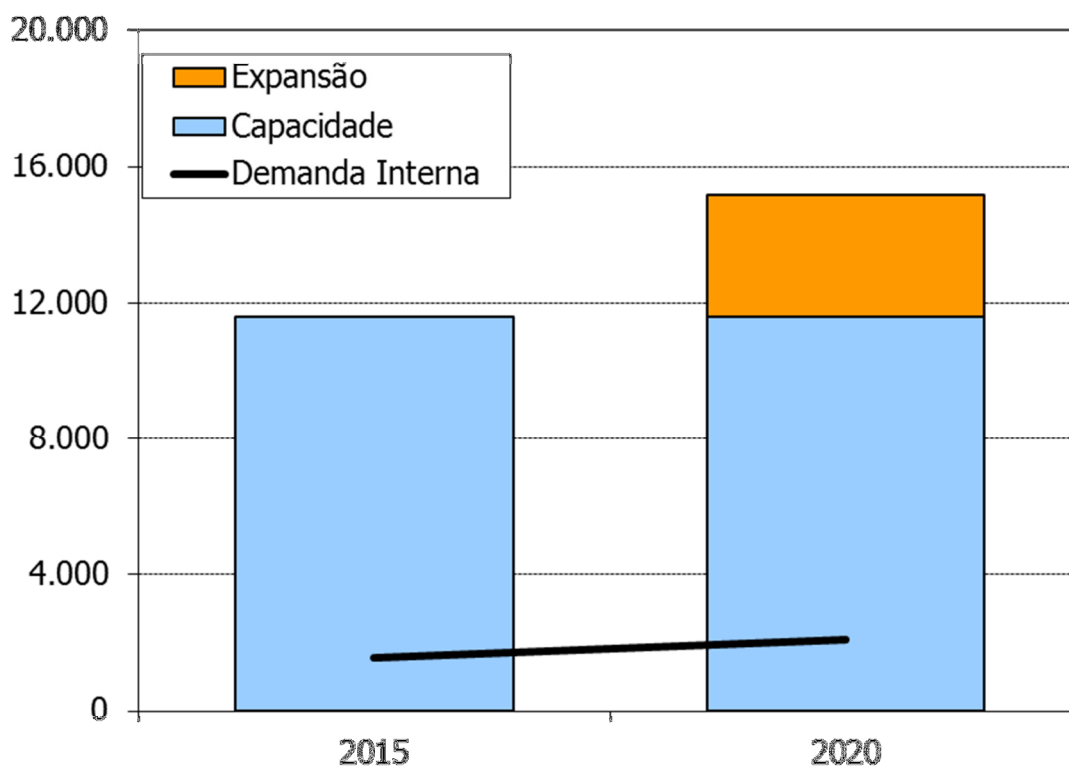
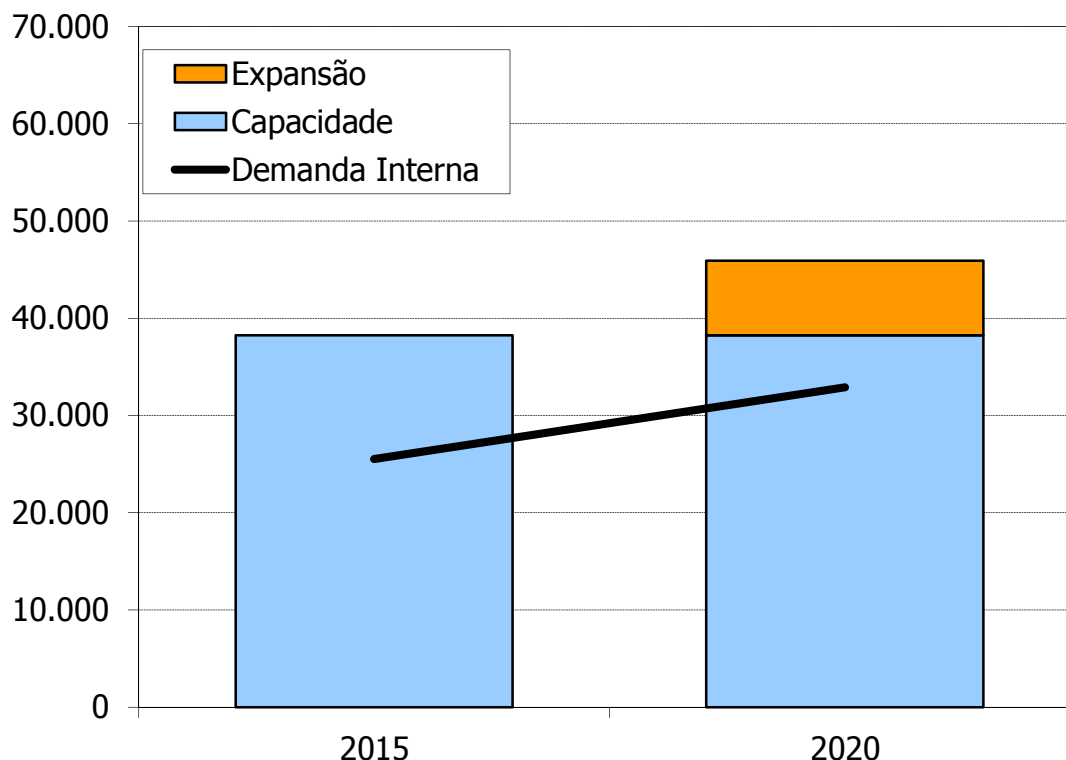


Gráfico 4. Bauxita: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)

### **Siderurgia (aço bruto)**

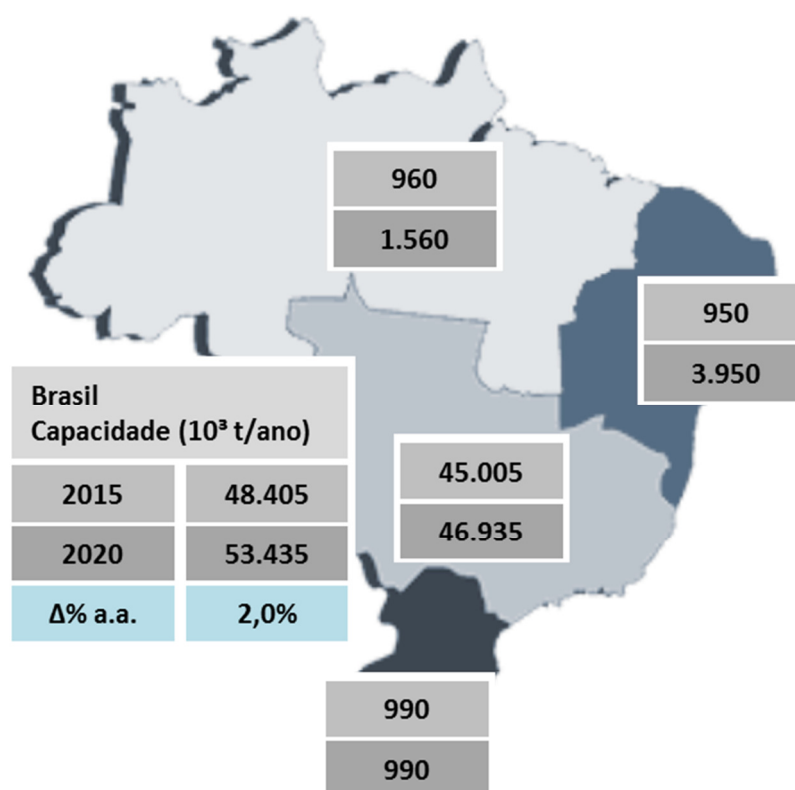
Analogamente ao que ocorre com a indústria de alumínio, também há relativa concentração na indústria siderúrgica, no que se refere à produção de aço bruto, com um número reduzido de grandes grupos investidores e com uma quantidade de plantas ainda pequena, porém maior do que o das plantas de alumínio primário.

A capacidade de produção de aço bruto em 2015 situou-se em torno de 48 milhões t/ano. Os maiores produtores nacionais são: a CST Arcelor Mittal com capacidade de 12,6 milhões t/ano (7,8 milhões t/ano na CST, 3,9 milhões nas antigas unidades da Belgo, Monlevade, Juiz de Fora, Grande Vitória e Piracicaba, e 0,9 milhões t/ano na Acesita); o grupo Gerdau com capacidade instalada de 11,1 milhões t/ano (dividida em um conjunto de usinas, das quais a maior é a Açominas com 4,5 milhões t/ano); o grupo Usiminas com capacidade de 9,3 milhões t/ano (4,8 milhões t/ano na unidade de Ipatinga e 4,5 milhões t/ano na unidade de Cubatão - Cosipa); o grupo CSN com 5,9 milhões de t/ano; e a usina da Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA), consórcio da VALE com a *Thyssen Krupp*, instalada no município de Itaguaí (RJ), com capacidade de 5,0 milhões de t/ano, a qual entrou em operação comercial em 2010.

A crise econômica mundial recente motivou a revisão do cenário de expansão da siderurgia nacional para o período quinquenal desde o ciclo de planejamento do PDE anterior. Com isso, espera-se que o incremento da capacidade instalada nos 5 anos seja mais modesto, em torno de 2,0 % ao ano. Por outro lado, estima-se que a produção brasileira de aço evolua de 33 milhões de toneladas em 2015 para 36 milhões de toneladas em 2020 (1,9% a.a.), devido à retomada gradual da capacidade instalada por essa indústria nesse horizonte.

A Figura 3 mostra as principais expansões de capacidade de aço bruto previstas no período 2015-2020, por subsistema elétrico. No ciclo de planejamento atual, destacam-se a entrada da siderúrgica de Pecém (CE), com capacidade instalada de 3,0 milhões de toneladas de aço, em 2016.

**Figura 3. Siderurgia: expansão da capacidade instalada 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)**



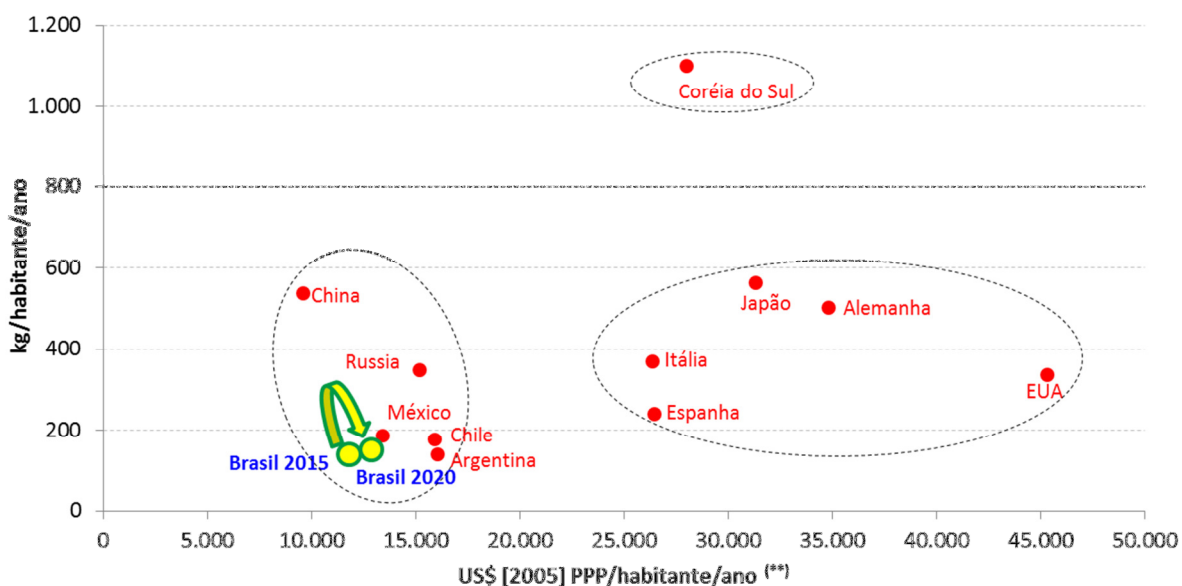
Em termos de demanda por aço bruto, os setores que atualmente mais consomem aço no Brasil são: construção civil (20% das vendas internas em 2014), autopeças (9%) e automobilístico (6%), segundo dados do INSTITUTO AÇO BRASIL (2015).

Estima-se que no horizonte quinquenal, a demanda doméstica de aço crescerá ao ritmo de 2,4% ao ano, incremento pouco mais modesto que o previsto no PDE 2024.

Concomitantemente, a expansão da infraestrutura, prevista para o período, e a prospecção, exploração e produção de petróleo na camada do Pré-sal, também se constituem em elementos indutores do consumo de aço no País.

Assim, o consumo per capita de aço no País passará de cerca de 141 kg/habitante/ano, em 2015, nível semelhante ao atual da Argentina (2012), para cerca de 154 kg/habitante/ano, em 2020, valor ligeiramente inferior ao consumo atual do México e, ainda, muito inferior ao de alguns países europeus (Gráfico 5). Um país que se destaca pelo elevadíssimo consumo per capita de aço, afastando-se da relação tendencial entre a renda per capita e o consumo per capita de aço, é a Coreia do Sul. Este caso pode ser considerado um *outlier*, em função do peso na economia sul-coreana de determinados segmentos industriais intensivos em aço, sobretudo a indústria naval, a automobilística e a de armamento, sendo importante ressaltar que muita da produção sul-coreana intensiva em aço é destinada à exportação.

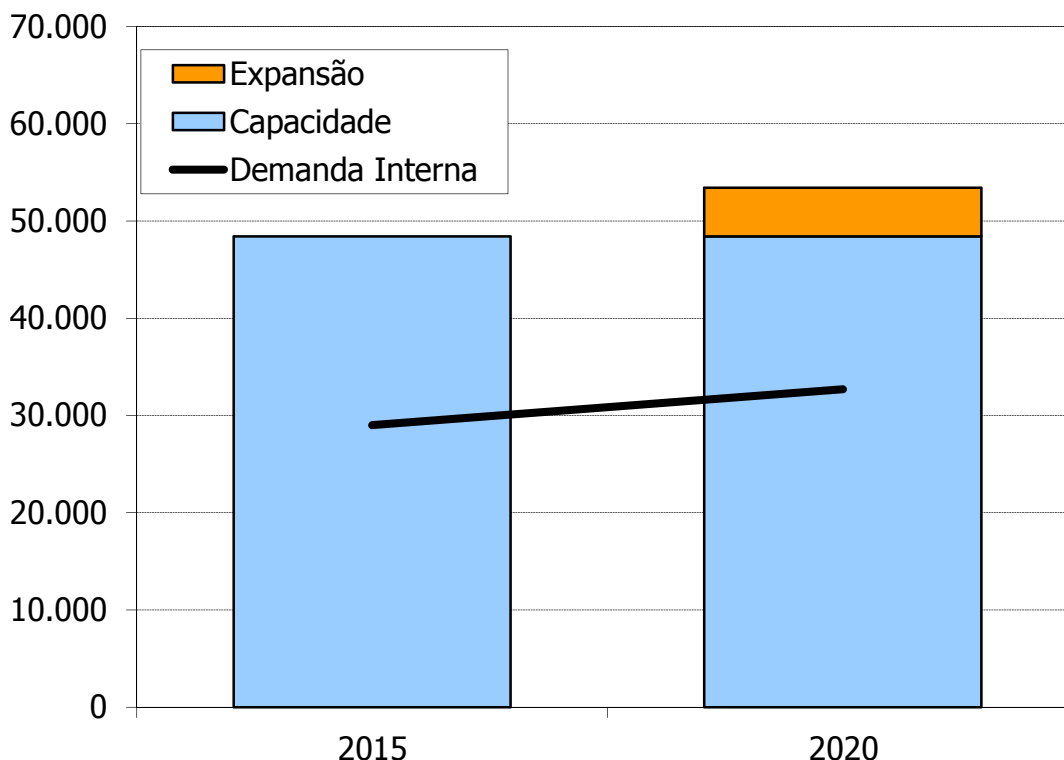
**Gráfico 5. Consumo de aço per capita versus PIB per capita**



(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP, relativos ao ano de 2013. Os dados de consumo são relativos ao ano de 2014 para todos os países com exceção do Brasil.

Fontes: Instituto Aço Brasil (2015) e IEA, *Key World Energy Statistics* 2015. Elaboração EPE.

Finalmente, o Gráfico 6 mostra a evolução da capacidade instalada de aço bruto e da demanda interna. Neste cenário, as exportações brasileiras de aço decaem da produção ao longo do horizonte em estudo, passando de 13% para 10% entre 2015 e 2020.

Gráfico 6. Aço bruto: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)

### **Pelotização**

A indústria de pelletização tem como finalidade a fabricação das pelotas, que são aglomerados de finos de minério, gerados na extração do minério de ferro, de forma a adequá-los para a sua utilização como componente de carga metálica nos altos fornos da indústria siderúrgica. Dado o grande volume de extração de minério de ferro no Brasil<sup>5</sup>, a pelletização ganha maior importância, permitindo a recuperação dos finos que, de outra forma, seriam considerados resíduos do processo, agregando, assim, valor econômico ao minério.

Em 2014, 85% da produção de pelotas no País foi destinada à exportação (MME, 2015). A capacidade instalada brasileira de pelletização em 2015 situou-se em torno de 90 milhões toneladas anuais de pelotas. Essa capacidade está concentrada nas usinas da VALE (Tubarão I e II, Hispanobrás, Itabasco, Nibrasco e Kobrasco), localizadas no Espírito Santo, além das usinas da Samarco (VALE e BHP Billiton), com capacidade de 30 milhões t/ano, da

<sup>5</sup> A VALE é um dos maiores produtores mundiais de minério de ferro e o Brasil foi o terceiro maior produtor mundial em 2013, com 18,2% da produção, atrás apenas da Austrália.

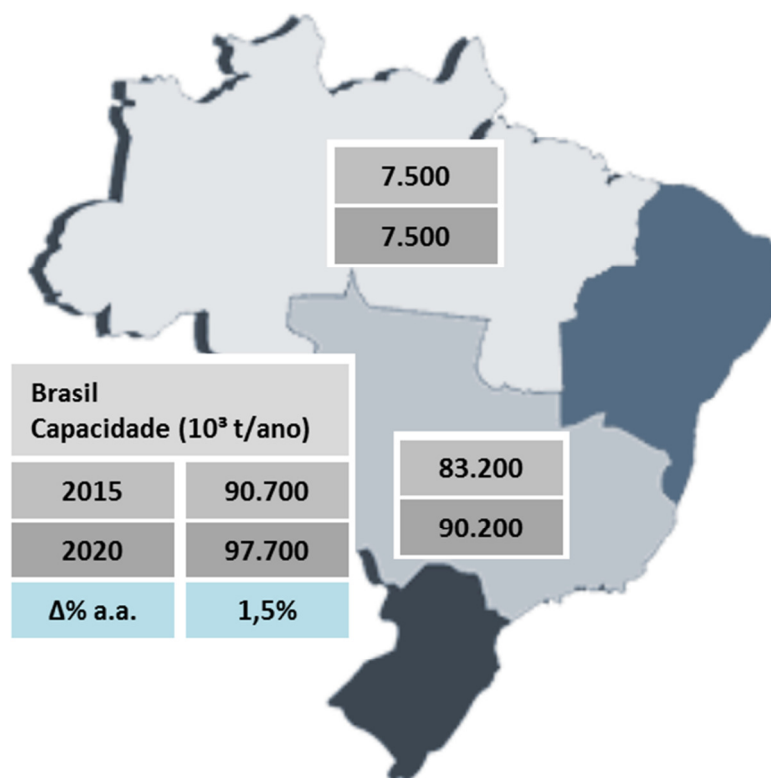
Ferteco (4,5 milhões t/ano) e da usina da VALE no Maranhão com capacidade de 7,0 milhões t/ano.

Para o ano de 2016, foi considerada uma redução de atividade no segmento de pelotas, com base na projeção da Vale, dado o acidente da Samarco em Mariana/MG em 2015 e o impacto dos preços internacionais em seus projetos.

Para os demais anos, ainda há expectativa favorável, assim como no PDE anterior. Apesar da tendência de ampliação das restrições ambientais, a mineração não energética brasileira seguirá altamente competitiva, pela qualidade de suas rochas e pela estrutura logística já existente, o que localiza o custo da extração do minério de ferro na posição inferior das curvas de custo mundial. Tal vantagem de custos permanece mesmo ao se incorporar o frete para o mercado asiático, grande fronteira de expansão da demanda. A suave diminuição esperada do crescimento chinês reduzirá a intensidade do crescimento da demanda global por ferro, também se refletindo no preço do minério, mas esse movimento tende a forçar a saída de minas de custo mais elevado, localizadas majoritariamente na China.

As expansões consideradas para o segmento de pelotas de minério de ferro contemplam os montantes indicados na Figura 4, por região (subsistema elétrico).

**Figura 4. Pelotização: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)**



### **Ferro ligas**

O segmento de ferro ligas é parte integrante da cadeia siderúrgica, dado que a utilização dessas ligas se dá na composição de diversos tipos de aço, aos quais as ligas conferem as propriedades desejadas.

A capacidade instalada da produção de ferro ligas no País gira em torno de 1,5 milhões de toneladas anuais e é composta por diversos tipos de ligas. São cerca de 0,5 milhões t/ano de ligas à base de manganês, 0,2 milhões t/ano de ligas à base de silício, 0,3 milhões t/ano de silício metálico, 0,2 milhões t/ano de ligas à base de cromo, e 0,3 milhões t/ano de outras ligas (incluindo o níquel).

Os atuais maiores produtores de ferro ligas no País são: VALE Manganês e Maringá, para ligas à base de manganês; Companhia Brasileira de Carbureto de Cálcio (CBCC), Minasligas, Globe Metais e Ferbasa, para ligas à base de silício; Ferbasa e Arcelor Inox, para ligas à base de cromo; e Anglo American, para ligas à base de níquel.

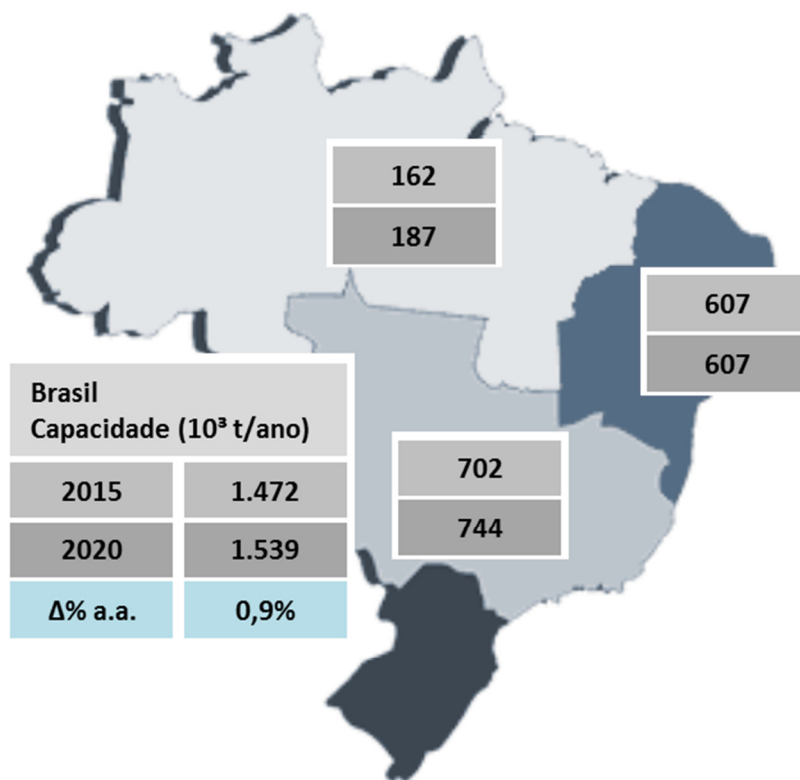
A produção brasileira de ferro ligas, além de atender o mercado doméstico, isto é, a produção nacional de aço, também dedica volumes expressivos a exportação, que deverão variar entre 25% e 30% da produção ao longo do horizonte do estudo.

Deve ressaltar-se que os consumos específicos de eletricidade dos diversos tipos de liga são muito diferenciados dependendo da liga, podendo variar de cerca de 3,0 MWh/t a 13,5 MWh/t (para o caso do ferro-níquel), valor este próximo ao consumo específico de uma planta de alumínio. No horizonte do estudo, a expansão considerada para o setor é mais concentrada em ligas de maior consumo específico de eletricidade. Em particular, as ligas à base de níquel ganharão participação no *mix* de produção nacional de ferro ligas.

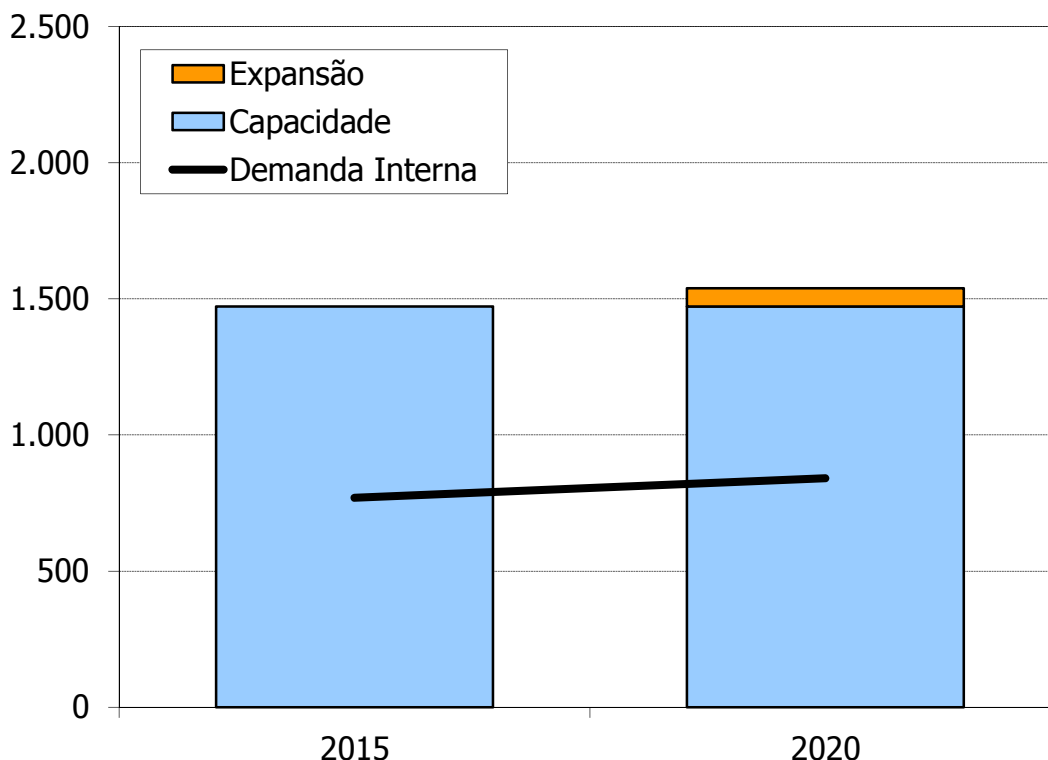
Para o horizonte quinquenal, espera-se que haja pequenas expansões de capacidade instalada de ferro-ligas, com destaque para o incremento da capacidade produtiva de ferro-níquel, como a gradual implementação da planta Onça Puma, situada no Pará, e de plantas no estado de Goiás. Além disso, também se espera que a produção de outros tipos de liga menos eletrointensivas seja incrementada no subsistema Norte.

As expansões da capacidade instalada de ferro ligas, por subsistema elétrico, consideradas neste trabalho encontram-se assinaladas na Figura 5.

Figura 5. Ferro ligas: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)



O Gráfico 7 mostra a evolução da capacidade instalada total de ferro ligas e da respectiva demanda interna.

Gráfico 7. Ferro ligas: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 ( $10^3$  t/ano)

### Soda-Cloro

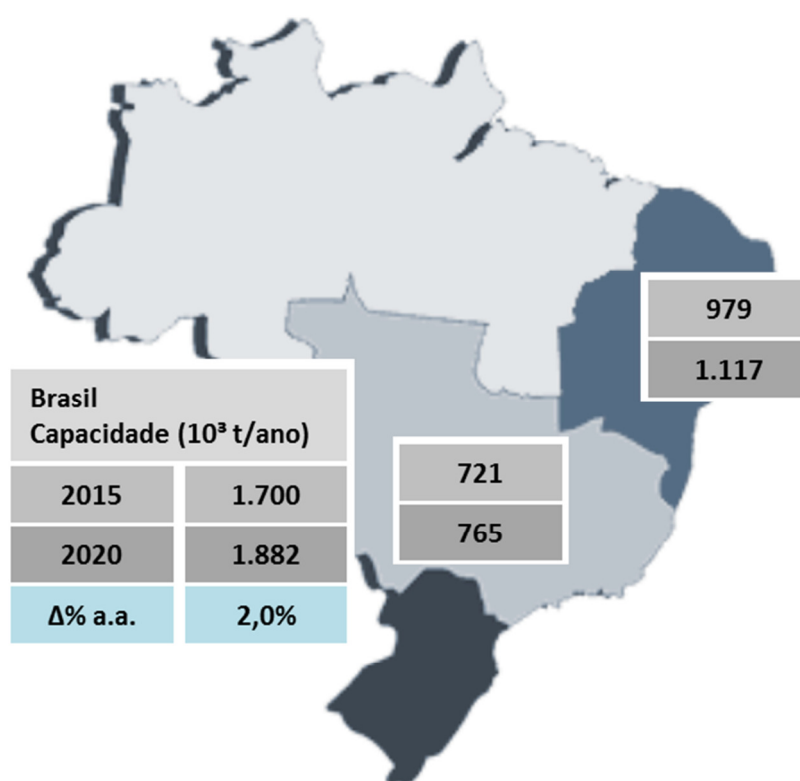
No setor de soda-cloro também existe uma forte concentração em torno de poucos grupos investidores e de um número reduzido de plantas industriais.

Este é um setor que vem operando em níveis próximos à capacidade instalada de produção. Além disso, apesar de o mercado interno de soda-cloro ainda ser liderado pela demanda de soda, esta situação deverá inverter-se no médio prazo, com o cloro passando a liderar o mercado, conforme ocorre nas economias desenvolvidas, na hipótese de um cenário de crescimento sustentado da economia, principalmente com a aceleração da construção civil e o uso intensivo de PVC, puxados pela universalização dos serviços de água e saneamento básico. Adicionalmente, deve-se destacar que a importação de cloro é de difícil viabilização, dadas as complexas condições de transporte e os riscos envolvidos, gerando a necessidade de importá-lo através de seus derivados, quando necessário.

A indústria de soda-cloro no Brasil possui atualmente uma capacidade instalada de produção de soda em torno de 1,7 milhões de toneladas por ano de soda cáustica e 1,5 milhões de toneladas anuais de cloro.

O incremento na capacidade instalada nacional do setor de soda-cloro no cenário atual é composto por expansões das plantas já existentes ao final do período de estudo. Desta forma, a capacidade instalada brasileira aumenta 2,0% ao ano no período 2015-2020, passando de 1,7 para cerca de 1,9 milhões de toneladas anuais de soda cáustica, conforme se pode ver na Figura 6. Assim, observa-se uma tendência de ocorrência de déficit na balança comercial de cloro já nos próximos anos, gerando a necessidade de se sobrecarregar a pauta de importações com produtos derivados, como o PVC.

**Figura 6. Soda cáustica: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)**



O cenário considerado para o setor implica em ampliar ainda mais o volume de soda cáustica importada (Gráfico 8) e, também, na crescente importação de cloro, através de seus derivados (Gráfico 9).

Gráfico 8. Soda cáustica: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)

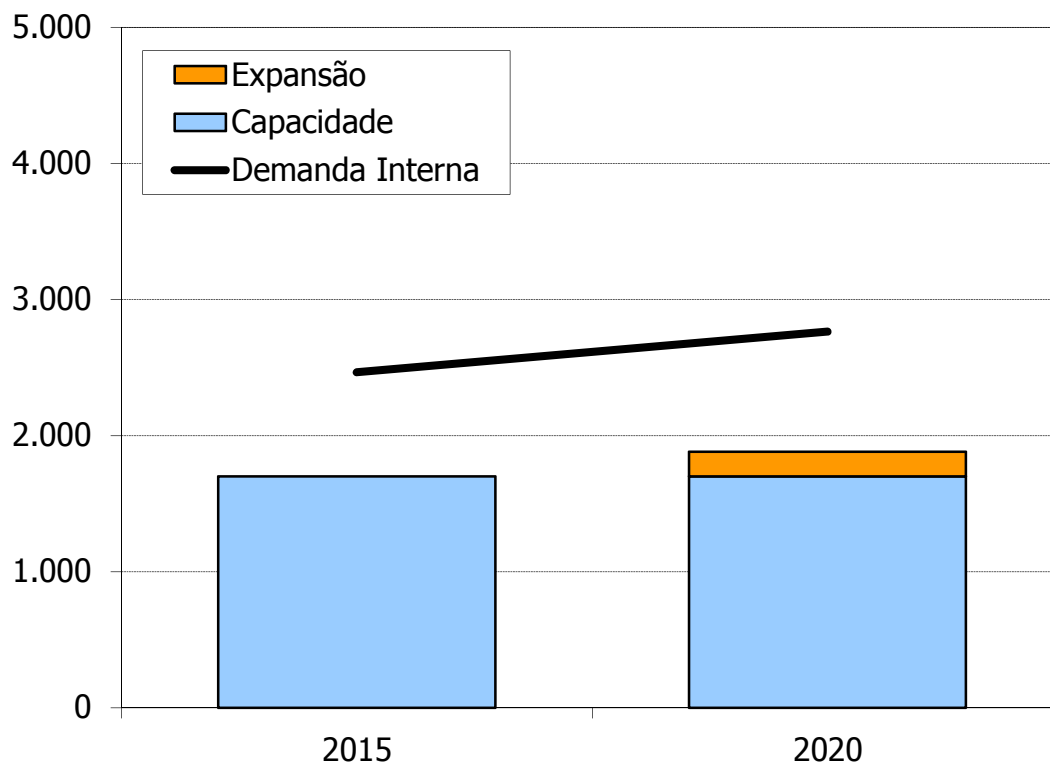
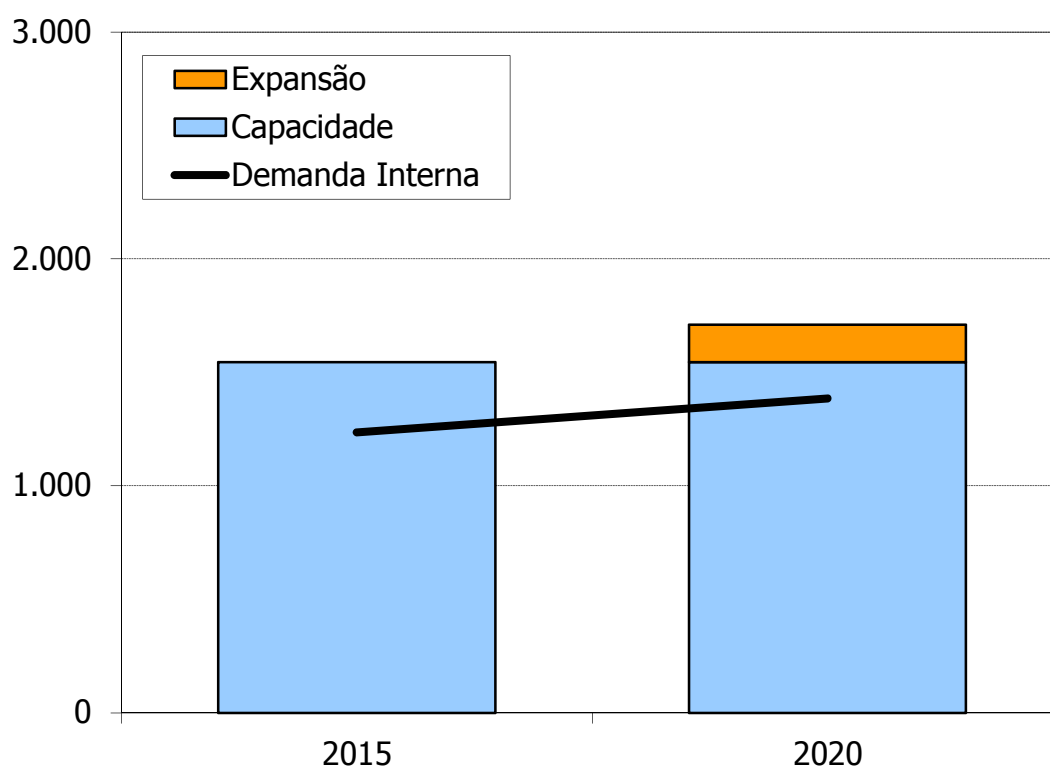


Gráfico 9. Cloro: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)

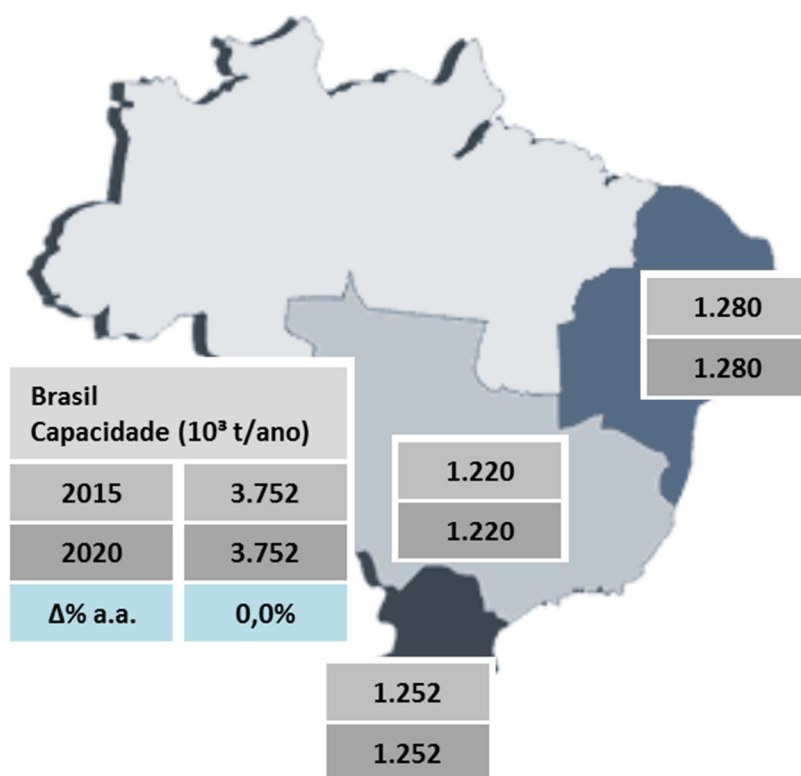


**Petroquímica (eteno)**

Atualmente, a produção de produtos petroquímicos básicos está concentrada em poucos grandes grupos de investidores, estando localizada em quatro polos petroquímicos: Grupo BRASKEM, no pólo de Camaçari, na Bahia; RIOPOL no pólo gás-químico do Rio de Janeiro; Petroquímica União - PQU no pólo de São Paulo; e COPESUL/BRASKEM no pólo de Triunfo, no Rio Grande do Sul. A capacidade instalada no Brasil em 2015 é de cerca de 3,7 milhões de toneladas de eteno anuais.

Na Figura 7, está exposto o cenário considerado para a capacidade instalada de produção petroquímica de eteno, por subsistema elétrico. Neste quinquênio, não se espera que haja expansões de capacidade, assim como era esperado no PDE 2024.

**Figura 7. Eteno (\*): expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)**



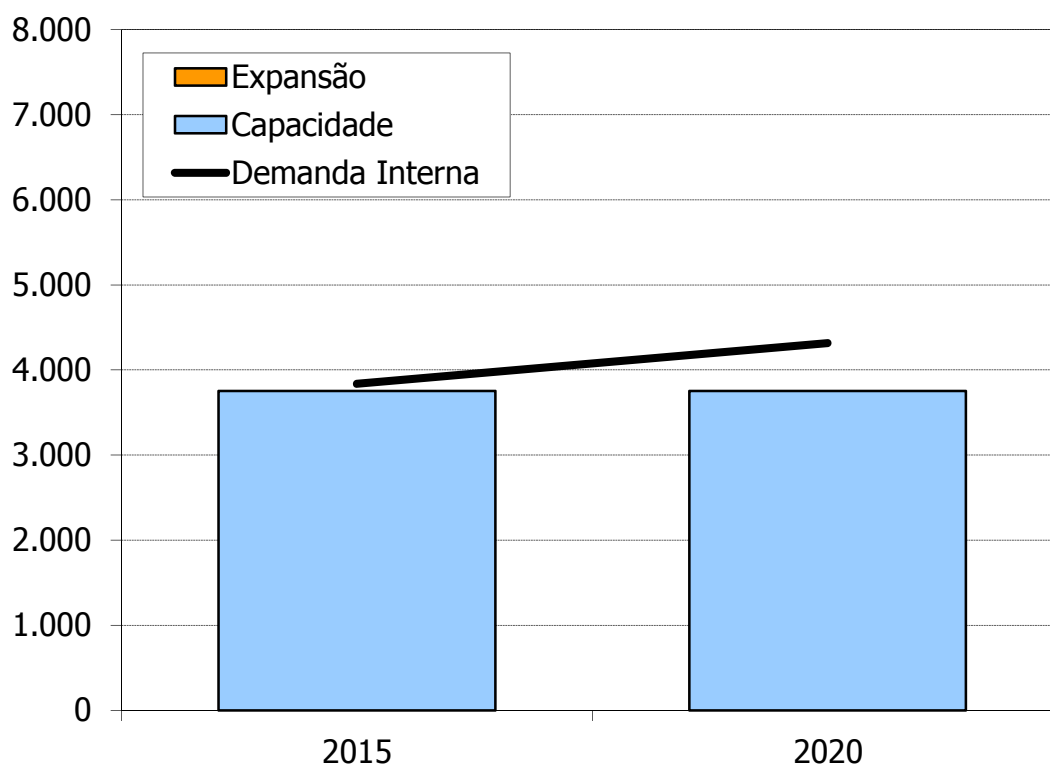
Ressalta-se, também, a importância do pólo petroquímico de Suape em Pernambuco, que foi formalmente inaugurado no início de 2007 com a operação, em fase experimental, da unidade de produção de resina PET (Poli Tereftalato de Etileno), a maior indústria deste produto no mundo, com capacidade de produção de 450 mil t/ano, que coloca o Brasil na condição de exportador em lugar de importador de resina PET. No entanto, este pólo

possui características muito diferentes dos demais instalados no país e não é produtor de petroquímicos básicos, como o eteno.

Vale também destacar o recente desenvolvimento de projetos na área alcoolquímica, que poderá tornar-se uma importante via complementar de produção da cadeia derivada do eteno a partir de uma fonte de energia renovável, o etanol. Entretanto, se espera que plantas alcoolquímicas deverão ser instaladas apenas após o período quinquenal.

O Gráfico 10 mostra a comparação do cenário da capacidade instalada de eteno com a projeção da respectiva demanda interna. Observa-se que, como a demanda interna tende a crescer acima do ritmo da produção nacional, o País terá um nível de importação líquida de resinas crescente ao longo do período em estudo.

**Gráfico 10. Eteno (\*) : capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)**



### ***Celulose e pasta mecânica***

A produção de papel e celulose no País é bastante pulverizada, contando com grande número de empresas com unidades industriais distribuídas ao longo do território nacional. No entanto, no tocante especificamente à celulose, o número de plantas é bem mais reduzido. Trata-se de um segmento da indústria em que o Brasil possui claras vantagens competitivas em relação à maioria dos países e que, portanto, deverá apresentar

crescimento expressivo, com produção voltada não só para o mercado interno, mas principalmente para a exportação, no caso da celulose.

A produção de celulose é um segmento da indústria em que as vantagens comparativas do Brasil são por demais evidentes. O País detém um dos melhores rendimentos de produção florestal do mundo, em razão das condições climáticas muito favoráveis e do desenvolvimento de modernas técnicas de plantio, e é líder mundial em celulose de fibra curta de eucalipto, já tendo conquistado uma boa fatia do mercado internacional.

A atual capacidade instalada de produção de celulose é de 19 milhões t/ano, devendo alcançar o nível de 30 milhões de toneladas em 2020. Com isso, o País tende a ganhar espaço dentro do comércio internacional. As principais expansões de celulose consideradas neste estudo estão indicadas, por subsistema elétrico, na Figura 8.

As expansões da capacidade instalada de celulose, consideradas para o período 2015-2020, e a evolução da demanda interna são apresentadas no Gráfico 11. As exportações se mantêm superiores a 70% da produção nacional no decorrer de todo o período em estudo e, em volume, elas partem de um patamar de aproximadamente 11 milhões t/ano, em 2015, para 18 milhões t/ano, em 2020.

**Figura 8. Celulose: expansão da capacidade instalada 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)**

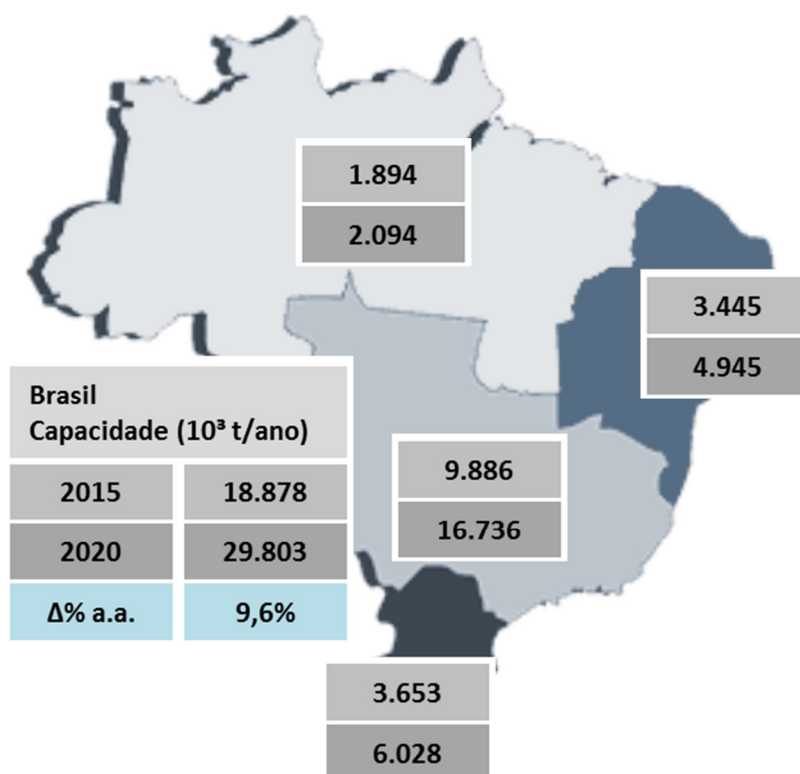
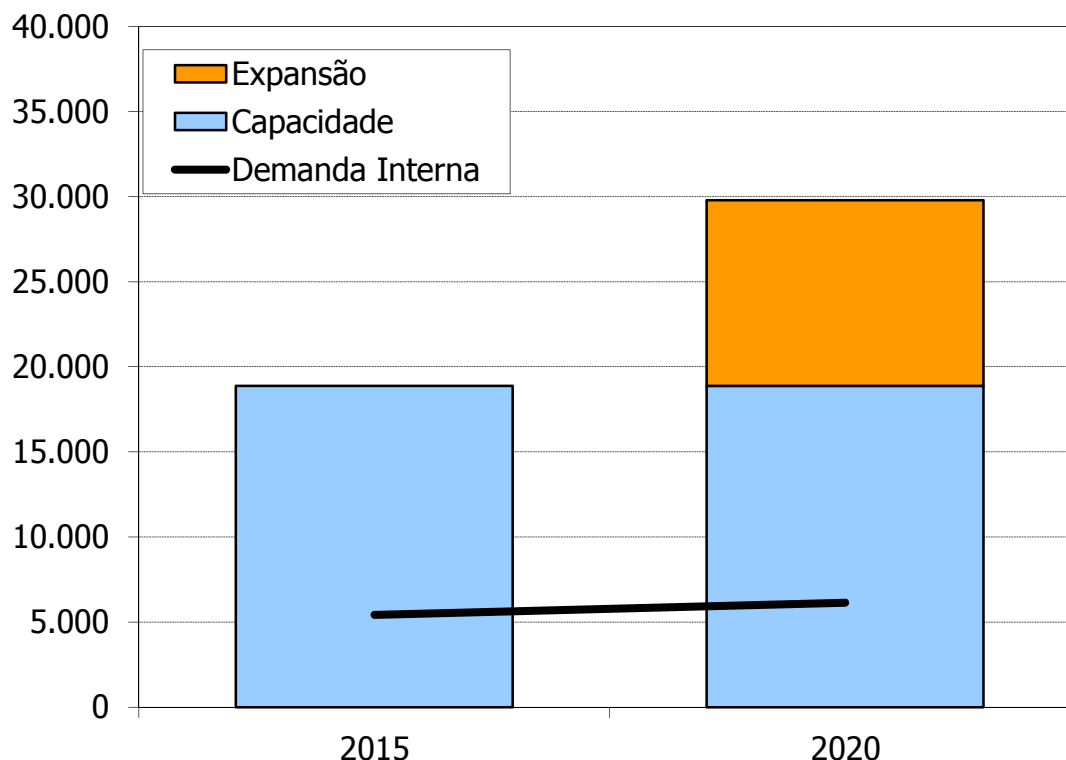


Gráfico 11. Celulose: capacidade instalada e demanda interna, 2015-2020 (10<sup>3</sup> t/ano)

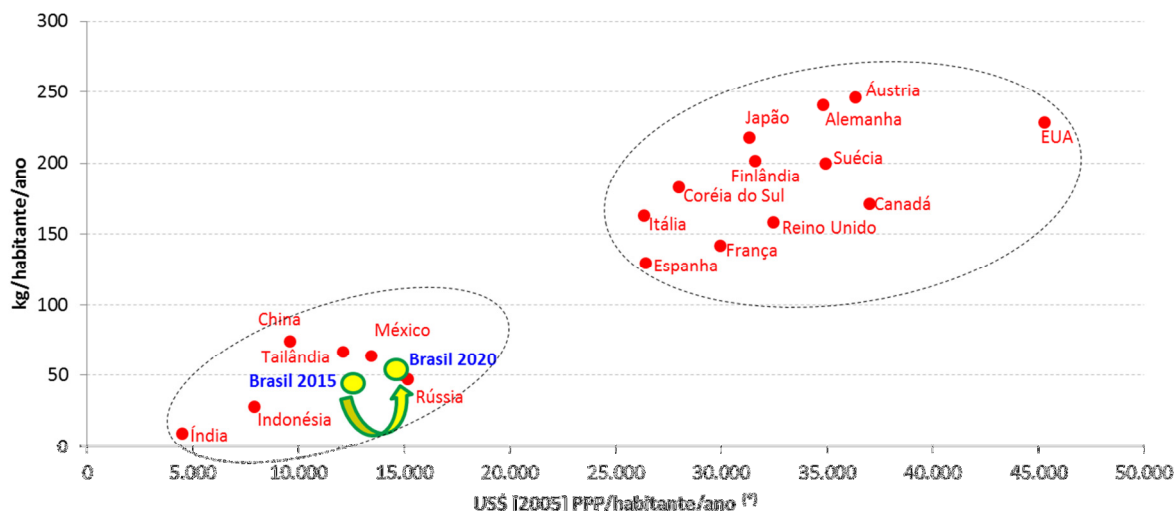
### *Outros segmentos industriais: papel, cimento e cobre*

Outros dois segmentos industriais relevantes no que se refere ao consumo de eletricidade dizem respeito à produção de papel e à produção de cimento. Estes dois segmentos são muito dispersos, englobando inúmeras plantas industriais instaladas nas diferentes regiões do País.

A **indústria de papel** é muito pulverizada, incluindo desde grandes unidades integradas com fábricas de celulose até pequenas unidades industriais e existe alguma dificuldade na obtenção de dados agregados sobre a atual capacidade instalada do setor. Neste caso, admitiu-se que o mercado tenderá a se ajustar fazendo as expansões que permitam manter um nível adequado de capacidade instalada para atender a demanda interna e manter a tendência que se tem verificado de uma pequena e gradual perda de participação das exportações na produção brasileira de papel, passando de pouco mais de 18% da produção atual para cerca de 17% da produção ao final do horizonte (2020).

As premissas utilizadas relativamente à demanda doméstica de papel resultam em uma expansão do atual consumo per capita, em torno de 47 kg/habitante/ano (2015), para 50 kg/habitante/ano em 2020. Conforme mostrado no Gráfico 12, ao longo do horizonte quinquenal o País ultrapassa o atual consumo per capita de papel da Rússia, porém ainda permanece bem abaixo do consumo da maioria dos países europeus.

Gráfico 12. Consumo per capita de papel versus PIB per capita



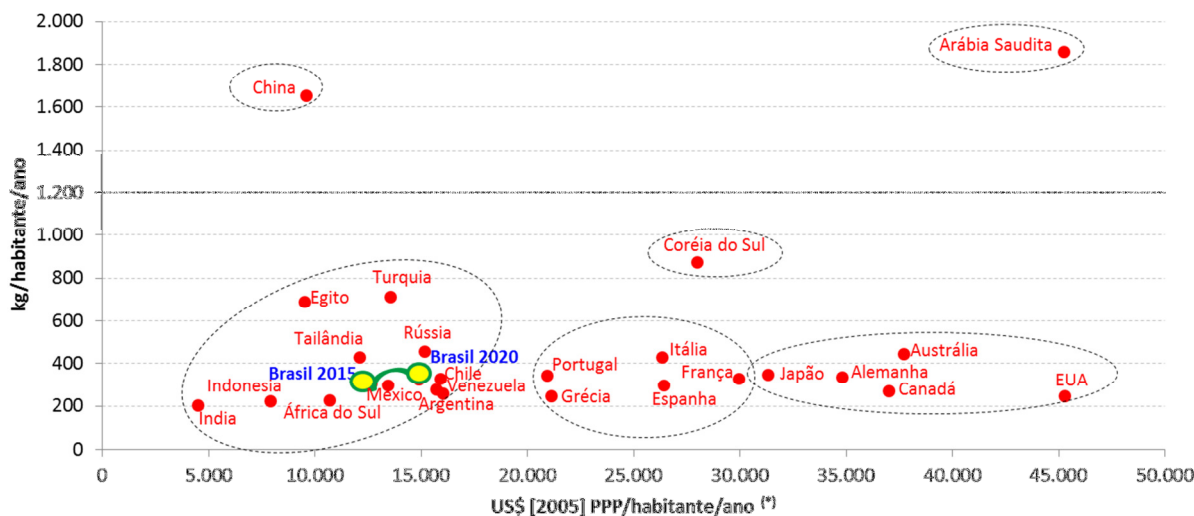
(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP, relativos ao ano de 2013. Os dados de consumo são relativos ao ano de 2012 para todos os países com exceção do Brasil.

Fontes: *Bureau of International Recycling* (para o ano de 2012) e *IEA, Key World Energy Statistics 2015*.  
Elaboração EPE.

Historicamente, o **setor de cimento** trabalha com elevados níveis de capacidade ociosa e, por uma questão logística e de custo do transporte, o comércio internacional é reduzido. Neste estudo, admite-se que a capacidade instalada se adequará às necessidades de atendimento ao crescimento da demanda doméstica, a qual se supõe aquecida, em função dos programas habitacionais e da melhoria de renda da população alavancando a construção civil, assim como de grandes obras de infraestrutura necessárias ao desenvolvimento sustentado do País.

Com as premissas adotadas para o setor, o atual consumo per capita de cimento, em torno de 305 kg/habitante/ano (2015), nível comparável ao atual do México, atingirá em torno de 322 kg/habitante/ano, em 2020, mais próximo de países como Rússia, Itália e Austrália. No Gráfico 13, identifica-se um *cluster* de países mais avançados (Alemanha, Canadá, EUA, França e Japão) que, para o seu respectivo nível de renda per capita, exibem relativamente baixos consumos per capita de cimento, o que pode ser explicado pelo fato de se tratar de países em que a expansão da construção civil e da infraestrutura, já muito desenvolvidos, é marginal.

Gráfico 13. Consumo per capita de cimento versus PIB per capita



(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP, relativos ao ano de 2013. Os dados de consumo são relativos ao ano de 2012 para todos os países com exceção do Brasil.

Fontes: SNIC (2013) e IEA, Key World Energy Statistics 2015. Elaboração EPE.

O segmento industrial de **extração do minério, concentração e metalurgia do cobre** deverá ganhar maior importância nos próximos anos. Até recentemente, existia uma única planta de cobre no país, a Caraíba Metais, situada na Bahia, com capacidade instalada de produção de 250 mil toneladas anuais de cobre eletrolítico. Contudo, nos últimos anos, a VALE lançou um programa, englobando diversos projetos no estado do Pará, que, em poucos anos, deverá colocar o Brasil como um dos grandes produtores mundiais de cobre, alcançando a autossuficiência brasileira.

### Produção física

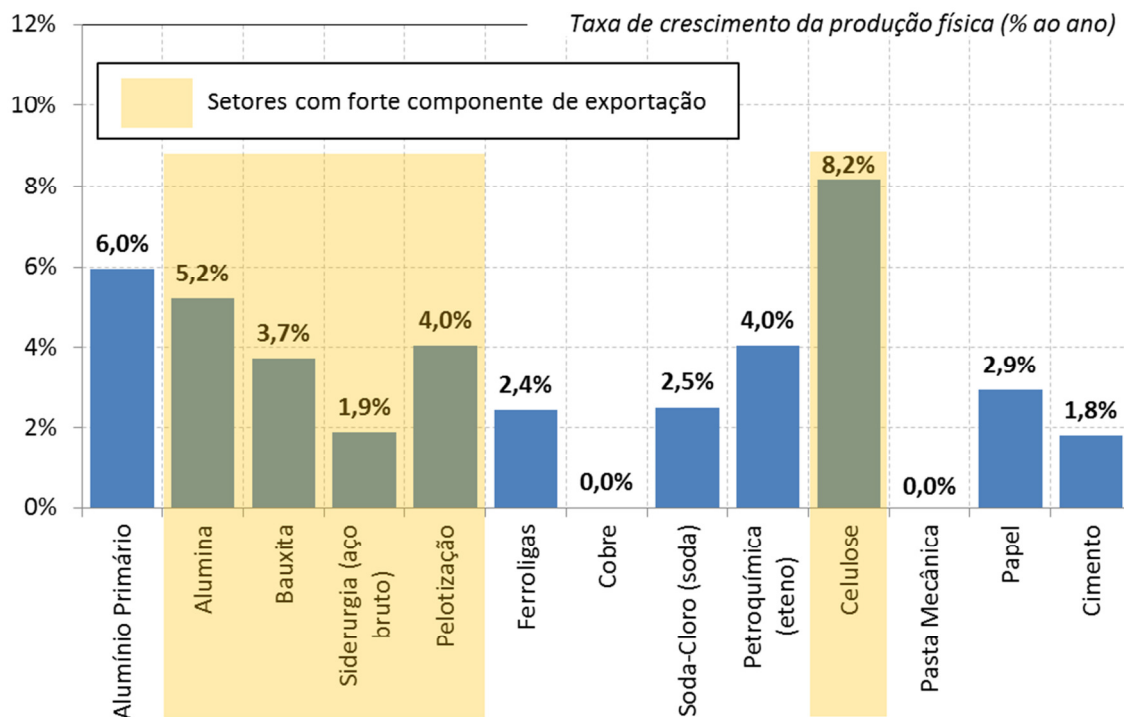
A seguir apresenta-se, resumidamente, a produção física por segmento industrial resultante das premissas descritas anteriormente.

Conforme se mencionou, alguns segmentos industriais eletrointensivos apresentam uma maior componente exportadora, como é o caso do segmento industrial de celulose, alumina e pelotização. Consequentemente, eles registram um ritmo de expansão da produção adequado não só ao suprimento da demanda doméstica, mas também a destinar uma parcela expressiva para exportação. O setor de alumínio também apresenta um crescimento mais expressivo, apesar de não estarem previstas expansões de capacidade instalada neste horizonte, basicamente por conta da retomada da utilização da capacidade ao longo do período quinquenal, bem baixa diante da crise atual.

O Gráfico 14 mostra as taxas de crescimento da produção dos segmentos industriais indicados, para o período quinquenal.

A produção física, por segmento industrial, para o período 2015-2020, está resumida na Tabela 4.

**Gráfico 14. Indústrias eletrointensivas: expansão da produção física, 2015-2020**



**Tabela 4. Grandes consumidores industriais: produção física (10<sup>3</sup> t/ano)**

Segmento	2015*	2020
Alumínio	772	1.031
Alumina	10.449	13.471
Bauxita	36.792	44.204
Siderurgia (aço bruto)	33.268	36.519
Pelotização	76.956	93.792
Ferroligas	1.076	1.213
Cobre	419	419
Soda-Cloro (soda)	1.370	1.550
Petroquímica (eteno)	2.872	3.138
Celulose	16.592	24.573
Pasta Mecânica	516	516
Papel	10.349	11.963
Cimento	62.884	68.736

\* Estimativa preliminar para 2015.

### 2.3.2 Consumo de eletricidade

#### *Consumos específicos de energia elétrica*

O consumo específico de eletricidade (por tonelada de produto) é muito variável de segmento para segmento industrial e, mesmo dentro de um mesmo segmento, existem significativas variações de consumo em função de rota tecnológica, do tipo e da gama de produtos, da idade das plantas, entre outros fatores.

A avaliação dos consumos específicos médios de energia elétrica por segmento industrial levou em consideração séries históricas de produção física e de consumo de eletricidade (Balanço Energético Nacional - BEN: EPE/MME), bem como informações coletadas junto aos agentes setoriais e associações de classe.

No caso da siderurgia, consideraram-se consumos específicos de energia elétrica diferenciados para diferentes rotas tecnológicas de produção de aço. Em termos tecnológicos, este estudo contemplou três rotas tecnológicas para a produção de aço, que apresentam perfis distintos de consumo de energia, em particular de energia elétrica, assim como diferentes potenciais de cogeração de eletricidade. São elas: a rota integrada com coqueria própria, a rota integrada com coque adquirido de terceiros e a rota semi-integrada com aciaria elétrica. Para cada uma dessas rotas, definiu-se um consumo específico médio de eletricidade. Classificaram-se tanto as usinas siderúrgicas existentes quanto as novas de acordo com essas rotas para a avaliação dos respectivos consumos de eletricidade. Dessa forma, a projeção do consumo de eletricidade da siderurgia brasileira é função das premissas sobre a expansão e a composição dinâmica do parque siderúrgico nacional no que se refere às diferentes rotas tecnológicas.

Para a expansão do segmento de ferro-ligas, considerou-se, em particular, a expansão de ferro-níquel, cujo consumo específico médio é bastante elevado, em torno de 13,5 MWh/t.

Para a produção de soda e cloro, existem essencialmente três rotas tecnológicas: células de mercúrio, de diafragma e de membrana, com consumos específicos de eletricidade médios de, respectivamente, 3,1 MWh/t, 2,7 MWh/t e 2,5 MWh/t. Adotou-se, como premissa, que toda a nova expansão do setor será baseada na tecnologia de membrana que, além de ser energeticamente mais eficiente, também é a rota mais aceitável do ponto de vista ambiental.

Por sua vez, para os diferentes segmentos industriais, admitiram-se ganhos de eficiência no horizonte de 5 anos compatíveis com os ganhos admissíveis a partir dos rendimentos

médios e dos rendimentos de referência indicados no Balanço de Energia Útil (BEU) e consistentes também com as melhores práticas internacionais nos respectivos segmentos.

Assim, observa-se uma tendência generalizada para uma redução gradual dos consumos específicos setoriais. Contudo, para alguns segmentos ocorrem aumentos desses consumos unitários em determinados períodos, como é o caso de ferro-ligas, em virtude do ganho de participação das ligas mais eletrointensivas (como as ligas de níquel) no *mix* de ferro-ligas, sem que isso signifique, evidentemente, menor eficiência energética. Na Tabela 5 são apresentados os consumos específicos adotados neste estudo.

Com base nestes consumos específicos e no cenário de produção física, apresentado na seção 2.3.1, calculou-se o consumo total de energia elétrica dos grandes consumidores industriais, indicado na Tabela 6 por segmento, e na Tabela 7 por subsistema elétrico.

**Tabela 5. Grandes consumidores industriais: consumo específico de eletricidade<sup>(1)</sup>, por segmento (kWh/t)**

Segmento	2015-2020		
	2015	2020	(% ao ano)
Alumínio Primário	15.282	15.267	0,0
Alumina	299	289	-0,6
Bauxita	13	13	-0,4
Siderurgia (aço bruto)	510	493	-0,7
Pelotização	49	48	-0,4
Ferroligas	6.254	6.722	1,5
Cobre	1.528	1.492	-0,5
Soda-Cloro (soda)	2.727	2.721	0,0
Petroquímica (eteno)	1.573	1.531	-0,5
Celulose	980	952	-0,6
Pasta Mecânica	2.189	2.147	-0,4
Papel	791	791	0,0
Cimento	112	108	-0,6

(1) Inclui autoprodução.

\* Estimativa preliminar para 2015.

**Tabela 6. Grandes consumidores industriais: consumo total de eletricidade<sup>(1)</sup>, por segmento (GWh)**

Segmento	2015	2020	2015-2020
			(% ao ano)
Alumínio	11.744	15.697	6,0
Alumina	3.119	3.864	4,4
Bauxita	476	558	3,2
Siderurgia (aço bruto)	17.050	17.857	0,9
Pelotização	3.725	4.445	3,6
Ferroligas	6.613	7.750	3,2
Cobre	644	625	-0,6
Soda-Cloro	3.740	4.191	2,3
Petroquímica (eteno)	5.264	6.157	3,2
Celulose	16.265	23.244	7,4
Pasta Mecânica	1.130	1.108	-0,4
Papel	8.189	9.466	2,9
Cimento	7.012	7.390	1,1
<b>Total</b>	<b>84.971</b>	<b>102.353</b>	<b>3,8</b>

(1) Inclui autoprodução.

\* Estimativa preliminar para 2015.

**Tabela 7. Grandes consumidores industriais - Consumo total de eletricidade<sup>(1)</sup>, por subsistema (GWh)**

Subsistema	2015	2020	2015-2020
			(% ao ano)
Norte	15.079	18.994	4,7
Nordeste	13.753	16.788	4,1
Sudeste/Centro-Oeste	44.816	53.248	3,5
Sul	11.217	13.211	3,3
<b>SIN</b>	<b>84.865</b>	<b>102.241</b>	<b>3,8</b>
Sistemas Isolados	106	112	1,1
<b>Brasil</b>	<b>84.971</b>	<b>102.353</b>	<b>3,8</b>

(1) Inclui autoprodução.

Notas: (i) Estimativa preliminar para 2015; (ii) Não considera interligação dos sistemas isolados.

### **Autoprodução - Grandes consumidores industriais**

É de crucial importância para o planejamento do setor elétrico avaliar a contribuição dos setores industriais grandes consumidores de energia, no que se refere ao montante de eletricidade que eles demandarão do sistema elétrico.

Nesse sentido, do consumo total de energia elétrica, resultado do produto da produção física (tonelada) pelo consumo específico de eletricidade (kWh/tonelada) deverá ser abatida a denominada autoprodução clássica, isto é, aquela que corresponde à geração local de energia elétrica para suprimento no próprio sítio da unidade consumidora, sem utilização da rede elétrica de concessionárias de distribuição e/ou transmissão.

Para realizar a projeção da autoprodução, para os segmentos industriais aqui considerados, além de informações já existentes sobre novos projetos de empreendimentos de autoprodução e cogeração, com entrada em operação prevista no horizonte do estudo, formulam-se também premissas gerais para a evolução da autoprodução, com base nas perspectivas de expansão da capacidade instalada de produção dos diferentes segmentos industriais e na avaliação das potencialidades de cogeração que os respectivos processos industriais propiciam.

É o caso, por exemplo, da indústria de celulose, estimando-se que praticamente toda a expansão de capacidade que venha a ocorrer no futuro seja atendida via cogeração. Existirão, ainda, outros casos em que o autoprodutor será, não somente autossuficiente em energia elétrica, mas será, de fato, um ofertante líquido de energia para o sistema elétrico. É esse o caso de usinas siderúrgicas integradas com coqueria própria, destinadas à produção de placas. O uso de formas avançadas de cogeração, com aproveitamento dos gases de coqueria e de alto-forno, associado à não existência da fase de laminação (eletrointensiva) permite, em tais plantas siderúrgicas, gerar excedentes significativos de eletricidade.

Assim, considerou-se, como premissa básica, que toda a expansão nova de celulose será autossuficiente em energia elétrica. No caso da siderurgia, a expansão da capacidade instalada considerada neste estudo foi classificada em diversos tipos de rota tecnológica, cada um dos quais apresenta diferentes características de consumo de eletricidade e de potencial de cogeração. Para cada um dos três tipos de rota tecnológica considerados, foi avaliado o respectivo potencial de cogeração, com base na cogeração existente no atual parque siderúrgico brasileiro.

Dessa forma, para as usinas da rota integrada com coqueria própria admitiu-se uma cogeração média em torno de 280 kWh/t de aço produzido. A maioria das usinas siderúrgicas tanto da rota integrada sem coqueria própria quanto da rota semi-integrada, não utilizam cogeração, pelo que se admitiu cogeração zero para estas usinas. Vale, ainda, ressaltar que para as usinas integradas com coquerias próprias destinadas exclusivamente à produção de placas, sem comportar a fase de laminação, admitiu-se um nível de cogeração superior, em torno de 390 kWh/t de aço.

Com base nessas premissas, os resultados relativos à projeção da autoprodução dos grandes consumidores industriais de energia elétrica, para o período 2015-2020 por subsistema elétrico e por segmento industrial, estão apresentados, respectivamente, na Tabela 8 e na Tabela 9.

**Tabela 8. Grandes consumidores industriais - Autoprodução por subsistema (GWh)**

Subsistema	2015-2020		
	2015	2020	(% ao ano)
Norte	990	1.180	3,6
Nordeste	4.385	6.216	7,2
Sudeste/Centro-Oeste	14.731	19.527	5,8
Sul	3.373	5.129	8,7
<b>Brasil</b>	<b>23.479</b>	<b>32.052</b>	<b>6,4</b>

\* Estimativa preliminar para 2015.

**Tabela 9. Grandes consumidores industriais - Autoprodução por segmento (GWh)**

Segmento	2015-2020		
	2015	2020	(% ao ano)
Alumínio	2.740	2.740	0,0
Alumina	383	383	0,0
Bauxita	0	0	0,0
Siderurgia (aço bruto)	5.205	5.783	2,1
Pelotização	542	542	0,0
Ferroligas	136	136	0,0
Cobre	0	0	0,0
Soda-Cloro (soda)	119	119	0,0
Petroquímica (eteno)	2.459	2.459	0,0
Celulose	10.985	18.172	10,6
Pasta Mecânica	7	7	0,0
Papel	808	1.615	14,9
Cimento	96	96	0,0
<b>Total</b>	<b>23.479</b>	<b>32.052</b>	<b>6,4</b>

\* Estimativa preliminar para 2015.

### **Consumo de energia elétrica na rede**

Conjugando os resultados da Tabela 6 e da Tabela 7 com os da Tabela 8 e da Tabela 9, obtém-se o consumo de eletricidade demandado da rede elétrica pelo conjunto dos segmentos industriais grandes consumidores de energia elétrica, conforme apresentado na Tabela 10, por segmento, e na Tabela 11, por subsistema elétrico.

**Tabela 10. Grandes consumidores industriais - Consumo de eletricidade na rede, por segmento (GWh)**

Segmento	2015	2020	2015-2020
			(% ao ano)
Alumínio	9.004	12.957	7,6
Alumina	2.736	3.481	4,9
Bauxita	476	558	3,2
Siderurgia (aço bruto)	11.845	12.073	0,4
Pelotização	3.183	3.903	4,2
Ferroligas	6.478	7.614	3,3
Cobre	644	625	-0,6
Soda-Cloro (soda)	3.621	4.072	2,4
Petroquímica (eteno)	2.805	3.698	5,7
Celulose	5.280	5.071	-0,8
Pasta Mecânica	1.123	1.101	-0,4
Papel	7.381	7.851	1,2
Cimento	6.915	7.294	1,1
<b>Total</b>	<b>61.491</b>	<b>70.301</b>	<b>2,7</b>

Notas: (i) Estimativa preliminar para 2015; (ii) Por definição, consumo na rede não inclui autoprodução clássica.

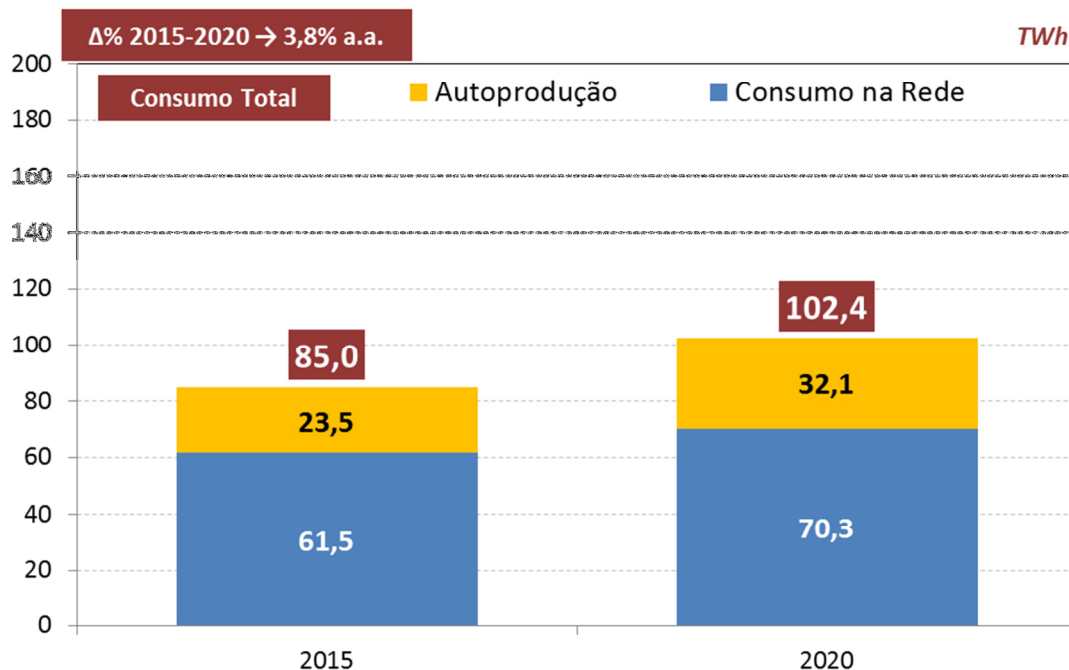
**Tabela 11. Grandes consumidores industriais - Consumo de eletricidade na rede, por subsistema (GWh)**

Subsistema	2015	2020	2015-2020
			(% ao ano)
Norte	14.089	17.814	4,8
Nordeste	9.368	10.572	2,4
Sudeste/Centro-Oeste	30.085	33.721	2,3
Sul	7.844	8.082	0,6
<b>SIN</b>	<b>61.385</b>	<b>70.189</b>	<b>2,7</b>
Sistemas Isolados	106	112	1,1
<b>Brasil</b>	<b>61.491</b>	<b>70.301</b>	<b>2,7</b>

Nota: Estimativa preliminar para 2015.

O Gráfico 15 mostra, de forma resumida, as parcelas relativas à autoprodução e ao consumo na rede do consumo de energia elétrica dos grandes consumidores industriais.

Gráfico 15. Grandes consumidores industriais: consumo de eletricidade (TWh)



Nota: Estimativa preliminar para 2015.

## 2.4 Autoprodução - síntese

Entende-se por autoprodução a geração de eletricidade do consumidor com instalações próprias de geração de energia elétrica, localizadas junto às unidades de consumo, que não utiliza, para o autossuprimento de eletricidade, a rede elétrica das concessionárias de transmissão/distribuição. A autoprodução constitui-se em importante elemento na análise do atendimento à demanda de eletricidade, uma vez que ela já representa quase 10% de toda a energia elétrica consumida no país, experimentou crescimento acelerado nos últimos dez anos e tem grande potencial de expansão no horizonte em estudo.

O produtor não demanda investimentos adicionais do sistema elétrico, além dos, naturalmente, relacionados a contratos de *back up* que ele mantenha com o gerador/comercializador de energia para suprimento em situações específicas, como pode ser o caso de paradas programadas ou eventuais paradas não programadas. O caso mais comum de autoprodução é o da cogeração.

A cogeração constitui-se em uma forma de uso racional da energia, uma vez que o rendimento do processo de produção de energia é significativamente aumentado a partir da produção combinada de energia térmica e elétrica, dando-se um melhor aproveitamento ao conteúdo energético do combustível básico.

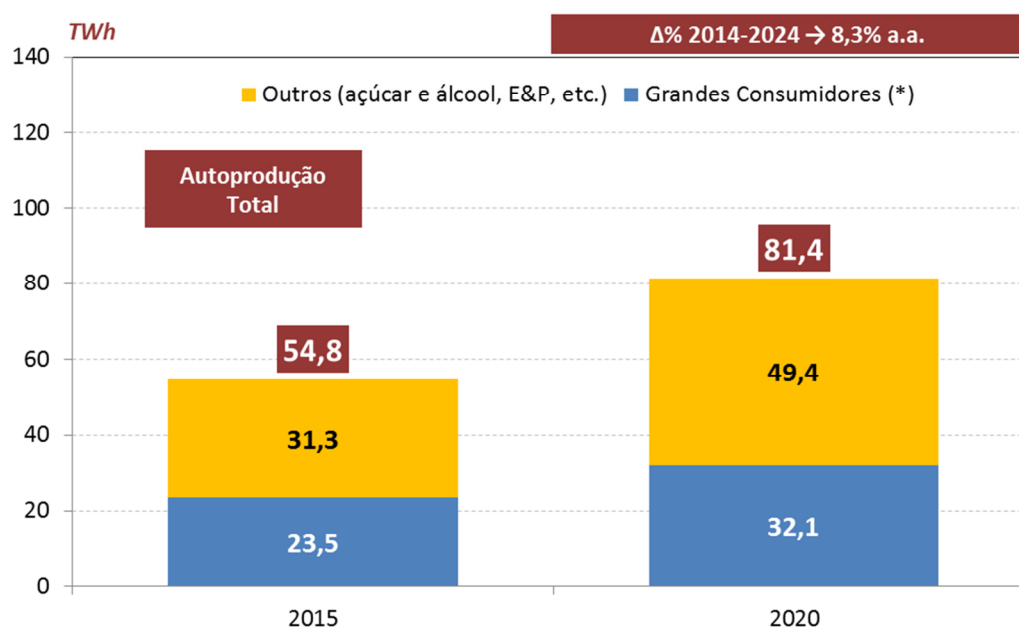
O mercado potencial de cogeração é constituído, essencialmente, pelos segmentos industriais que utilizam grandes quantidades de vapor e eletricidade no próprio processo industrial. Os principais segmentos que apresentam tais características são: papel e celulose, químico e petroquímico, siderurgia, açúcar e álcool, alimentos e bebidas, e têxtil. Além disso, é expressivo o montante de autoprodução de eletricidade através da geração termoelétrica a gás natural nas plataformas *off-shore* e tal parcela deverá ganhar importância com a exploração do Pré-sal.

Prevê-se um expressivo crescimento da autoprodução nos próximos 5 anos, superior a 8% ao ano, em média. O Gráfico 16 mostra a previsão da autoprodução para o período 2015-2020. A participação da autoprodução no consumo total de eletricidade do País passará de cerca de 10% (valor verificado nos últimos anos) para 13% ao final do horizonte.

Cabe ressaltar que, no PDE anterior, a autoprodução crescia a um ritmo mais acelerado. Porém, por conta da revisão dos cenários de alguns segmentos industriais, destacadamente siderurgia e, em menor medida, celulose, seu incremento atingiu um nível mais brando, porém ainda superior ao consumo na rede elétrica.

O montante de autoprodução em 2020, caso esse consumo fosse atendido pelo sistema elétrico, equivaleria a uma carga da ordem de 9 GWmédio, o que representa algo em torno da soma das energias asseguradas das usinas hidroelétricas de Itaipu e Xingó.

**Gráfico 16. Autoprodução de eletricidade, 2015-2020 (TWh)**



(\*) Autoprodução concentrada nos segmentos: siderurgia, papel e celulose e petroquímica.

Nota: Estimativa preliminar para 2015.

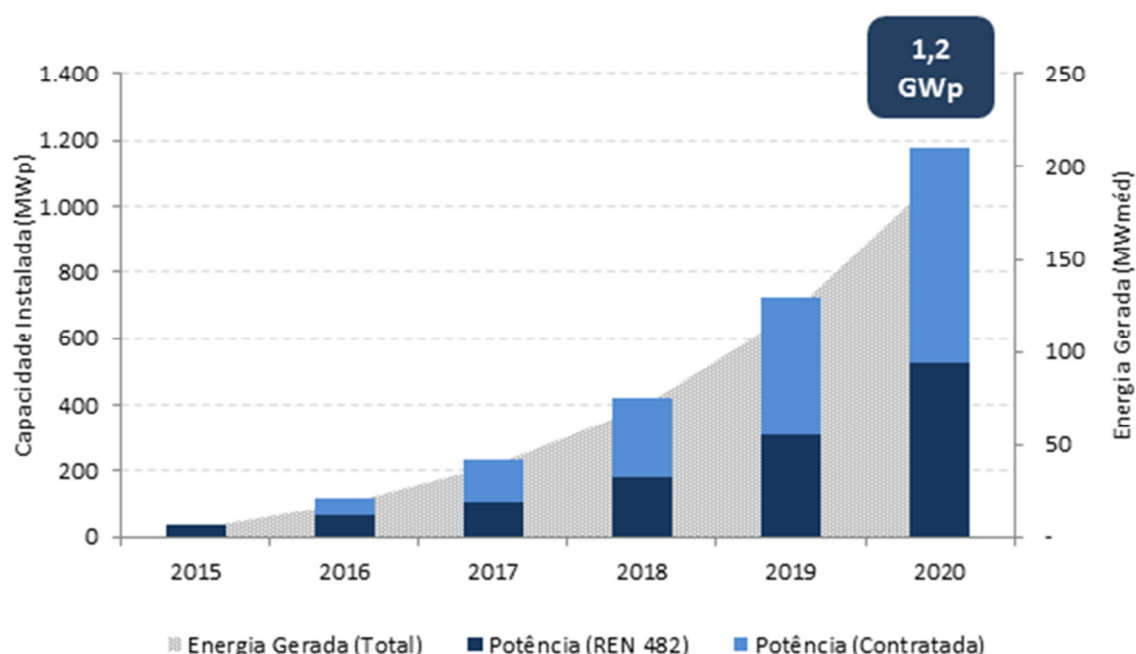
A autoprodução dos “Outros” segmentos, conforme exposto no Gráfico 16, é concentrada nos segmentos de açúcar e álcool, de exploração e produção de petróleo e gás natural, além do segmento de refino. Nestes segmentos, a autoprodução se correlaciona à evolução dos respectivos níveis de produção física. Assim, a autoprodução no segmento de açúcar e álcool se correlaciona com a produção de cana para a produção de açúcar e para a produção de etanol. A autoprodução em refinarias se correlaciona com o montante de carga processada. E a autoprodução na exploração e produção de petróleo e gás natural (E&P) se correlaciona com a produção de petróleo, distinguindo-se entre produção no Pós-sal e produção no Pré-sal: admitiu-se que a extração de um barril de petróleo no Pré-sal requer, em média, o dobro da geração de energia elétrica da extração de um barril no Pós-sal. É importante ressaltar que, nas plataformas de extração de petróleo *off-shore*, o combustível geralmente utilizado para a geração elétrica é o gás natural.

Cabe ressaltar que, além da autoprodução, considera-se a contribuição da geração distribuída fotovoltaica. Em suma, estima-se uma geração de 1.200 GWh em 2020, o que equivale a 137 MW médios neste último ano. Além das unidades instaladas sob o regime da REN 482, as projeções atuais também consideram a inserção da GD fotovoltaica através da contratação via chamadas públicas promovidas diretamente pelas distribuidoras, conforme regulamentado pelo Decreto 5.163/2.004. 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 maior atratividade ao investimento em geração distribuída fotovoltaica em unidades consumidoras atendidas em alta tensão. No entanto, salienta-se que a realização desse negócio depende prioritariamente da iniciativa dos agentes de distribuição em promover chamadas públicas para contratação da fonte no horizonte de 5 anos.

No âmbito da REN 482, houve uma melhora do cenário, em relação ao PDE 2024, o que alterou as projeções positivamente. Dentre as mudanças, destacam-se principalmente dois 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 - expandindo o que já ocorre em 15 estados para todo o país - sobre a energia compensada pela unidade consumidora, o que aumenta a viabilidade financeira do investimento. Em relação à competitividade, o ano de 2015 trouxe um reajuste das tarifas de eletricidade acima da inflação, que contribuiu com a diminuição do período de retorno do investimento. No entanto, no último ano também foi observada a valorização do dólar, encarecendo o preço dos equipamentos finais (majoritariamente importados), o que contrabalança o aumento das tarifas.

A projeção do mercado de micro e minigeração distribuída operando sob o sistema de compensação de energia foi baseada na metodologia proposta por Konzen (2014), com uma adaptação que inclui o setor comercial no modelo. A metodologia é fundamentada na teoria da difusão de inovações de Rogers (2003), e construída sobre os alicerces matemáticos do modelo de Bass (1969). O modelo consiste no levantamento inicial do mercado potencial de acordo com características socioeconômicas da população, além de identificar os domicílios com características técnicas e condição de ocupação favoráveis para a instalação fotovoltaica. Na sequência, é calculado *payback* do investimento para cada distribuidora, em cada ano, para estimar a parcela do mercado potencial que estaria disposto a realizar o investimento. Finalmente, é aplicada uma curva “S” típica de difusão, de acordo com parâmetros extraídos da literatura internacional, para compor a projeção da capacidade instalada de geradores fotovoltaicos distribuídos no Brasil. Para o setor comercial é feita uma análise análoga, partindo do número de unidades consumidoras de baixa tensão neste setor.

Gráfico 17. Capacidade instalada e da geração fotovoltaica distribuída



A principal iniciativa com intuito de reduzir as barreiras para a penetração da geração distribuída de pequeno porte foi através da Resolução nº 482/2012 publicada pela ANEEL (REN 482), que estabeleceu regras para o acesso da micro e a minigeração aos sistemas de distribuição de energia elétrica, e também criou o sistema de compensação de energia, permitindo ao consumidor instalar pequenos geradores em sua unidade consumidora e trocar energia com a distribuidora local. A REN 482 passou por revisão em 2015, sendo

alterada pela Resolução Normativa n° 687/2015. A nova resolução trouxe diversos aprimoramentos, que buscam tornar o processo de conexão mais célere e ampliar o acesso à geração distribuída para um número maior de unidades consumidoras. As condições do regulamento são válidas para geradores que utilizem cogeração qualificada<sup>174</sup> ou fontes renováveis de energia (ANEEL, 2015).

Da publicação da REN 482 em 2012 até outubro de 2015, segundo a ANEEL, foram instaladas 1.125 centrais de mini e microgeração distribuída, sendo 1.074 com a fonte solar fotovoltaica, 30 eólicas, 13 híbridas (solar/eólica), 6 biogás, 1 biomassa e 1 hidráulica.

## 2.5 Eficiência energética

A projeção da demanda de energia elétrica elaborada neste estudo contemplou ganhos de eficiência energética, ao longo do período 2016-2020, que montam a 4,6% do consumo total de eletricidade no ano horizonte. Esse ganho adicional de eficiência no consumo final eletricidade representa uma redução no requisito de geração (carga de energia) próxima a 4 GWmédio, isto é, próximo à energia assegurada da usina hidroelétrica de Jirau.

Os ganhos de eficiência considerados estão fundamentados em rendimentos energéticos da eletricidade, por segmento de consumo, compatíveis com os dados do Balanço de Energia Útil (BEU) do Ministério de Minas e Energia (MME). Adicionalmente, no setor industrial, levou-se em consideração a dinâmica tecnológica de segmentos específicos e dos respectivos equipamentos de uso final da energia à semelhança de outros setores, como é o caso do setor residencial.

O BEU contempla valores dos rendimentos energéticos para os anos de 1984, 1994 e 2004, e, ainda, rendimentos de referência. Assim, é possível, para um dado segmento de consumo, construir uma curva logística passando pelos três pontos do BEU, relativos aos anos de 1984, 1994 e 2004, e aproximando-se progressivamente do rendimento de referência correspondente, o qual representa a assíntota da curva, isto é o limite de saturação.

Os rendimentos do BEU são apresentados, para cada setor/segmento da economia, por uso final: força motriz, calor de processo, aquecimento direto, refrigeração, iluminação, eletroquímica e outros. Assim, com o objetivo de utilizar um rendimento médio da eletricidade por setor, ponderaram-se os rendimentos por uso final pela participação dos usos finais no setor. Foi essa a abordagem geral utilizada na formulação das premissas de eficiência no uso da eletricidade.

Para o setor residencial, uma vez que a projeção da demanda de eletricidade utilizou um modelo de uso final (ACHÃO, 2003), foi possível fazer uma análise específica e detalhada dos ganhos de eficiência, inclusive avaliando premissas por tipo de equipamento eletrodoméstico e a substituição por equipamentos mais eficientes.

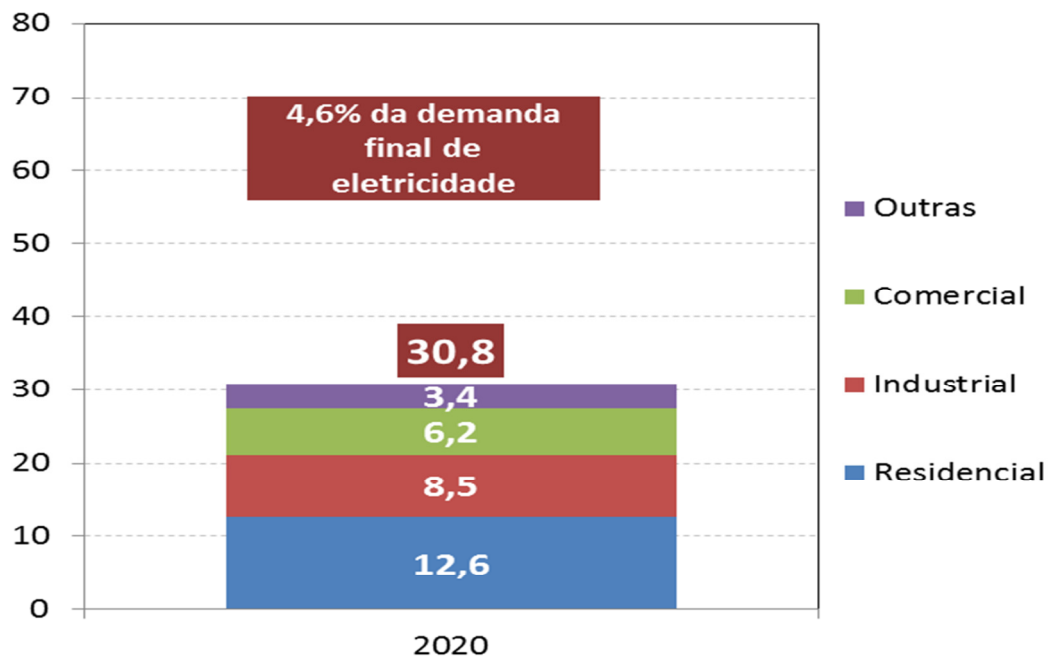
Ademais, é importante ressaltar que foi considerada uma efficientização adicional, por conta do esperado banimento das lâmpadas incandescentes que ocorrerá no horizonte em análise, em função da exigência de altos índices de eficiência energética para lâmpadas incandescentes constante na Portaria Interministerial N° 1.007 de 31 de Dezembro de 2010. Dessa forma, o estoque se tornará mais eficiente no período, pois as lâmpadas existentes serão paulatinamente substituídas por outras com consumo específico menor, reduzindo significativamente o consumo específico médio do estoque de lâmpadas.

A Tabela 12 mostra os percentuais de redução do consumo por classe. Os montantes de ganho de eficiência alcançados, por classe de consumo, são ilustrados no Gráfico 18.

**Tabela 12. Eficiência. Percentual de redução do consumo por classe (%)**

<b>Classe</b>	<b>2020</b>
Residencial	7,4%
Industrial	3,0%
Comercial	5,3%
Outras	3,7%
<b>Total</b>	<b>4,6%</b>

Gráfico 18. Ganhos de eficiência (TWh)



Nota: Considera eficiência autônoma e induzida. O ganho de eficiência refere-se ao ganho acumulado a partir de 2015, expresso como percentual do consumo em cada ano.

### 3. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

#### 3.1 O consumo na rede em 2015

A estimativa do consumo de energia elétrica na rede, para os anos de 2014 e 2015, por classe de consumo e por subsistema, é apresentada na Tabela 13 e na Tabela 14 respectivamente. Observa-se que o consumo industrial na rede fechou o ano com um forte decréscimo, de 5,1%. O consumo de eletricidade em 2014 trata-se do consumo realizado, ou seja, até o fim do mês de dezembro.

**Tabela 13. Brasil - Consumo de energia elétrica na rede 2014-2015, por classe (GWh)**

Classe	2014	2015	Δ%
Residencial	132.302	131.100	-0,9
Industrial	179.106	169.942	-5,1
Comercial	89.840	90.190	0,4
Outras	73.575	73.278	-0,4
<b>Total</b>	<b>474.823</b>	<b>464.510</b>	<b>-2,2</b>

Nota: Estimativa preliminar para 2015.

**Tabela 14. Brasil - Consumo de energia elétrica na rede 2014-2015, por subsistema (GWh)**

Subsistema	2014	2015	Δ%
Norte	33.787	33.426	-1,1
Nordeste	72.031	72.785	1,0
Sudeste/CO	280.417	272.579	-2,8
Sul	84.819	82.012	-3,3
<b>SIN</b>	<b>471.053</b>	<b>460.802</b>	<b>-2,2</b>
Isolado	3.769	3.708	-1,6
<b>Brasil</b>	<b>474.823</b>	<b>464.510</b>	<b>-2,2</b>

Notas: (i) Considera a interligação de Macapá ao subsistema Norte a partir de 01 de outubro de 2015;

(ii) Estimativa preliminar para 2015.

#### 3.2 Projeção do consumo [2016-2020]

A partir das premissas básicas adotadas (seção 2), foram elaboradas as projeções do consumo de energia elétrica, conforme apresentado na sequência.

A projeção do consumo de energia elétrica na rede, para o período 2016-2020, levou em consideração as indicações do acompanhamento e da análise do mercado e da conjuntura econômica e energética de 2015, discutidos nas seções precedentes, bem como o cenário macroeconômico para o horizonte 2020 (seção 2.2), o cenário demográfico (seção 2.1) adotado para este estudo, as premissas de autoprodução (seção 2.4) e de eficiência (seção 2.5), e, ainda, as premissas relativas aos grandes consumidores industriais, descritas na seção 2.3.

É nesse ambiente que se inserem as projeções do consumo de eletricidade e da carga de energia e de demanda apresentadas nesta nota técnica, que documenta a projeção da demanda de eletricidade para o horizonte 2016-2020.

Deve, ainda, ressaltar-se, com relação à elasticidade-renda do consumo de energia elétrica, que, mantidas as demais condições de contorno e o período considerado, ela tende a assumir valores superiores para cenários econômicos de menor crescimento do PIB e valores inferiores para cenários de maior expansão da economia. Por outro lado, a elasticidade não pode ser analisada pontualmente em um determinado ano e, em casos extremos, como sejam o de um crescimento do PIB próximo de zero em determinado ano ou o de um decréscimo do consumo, a elasticidade perde o sentido.

A Tabela 15 mostra a projeção do consumo total de eletricidade (incluindo a autoprodução), assim como valores médios da elasticidade-renda resultante, por quinquênio, e valores anuais da intensidade elétrica da economia.

Registram-se valores para a elasticidade-renda do consumo de eletricidade decrescentes ao longo do tempo. No quinquênio, a elasticidade é superior à unidade (1,94) para um crescimento do PIB de 2,1% ao ano em média. Dessa forma, a intensidade elétrica da economia aumenta no horizonte em estudo.

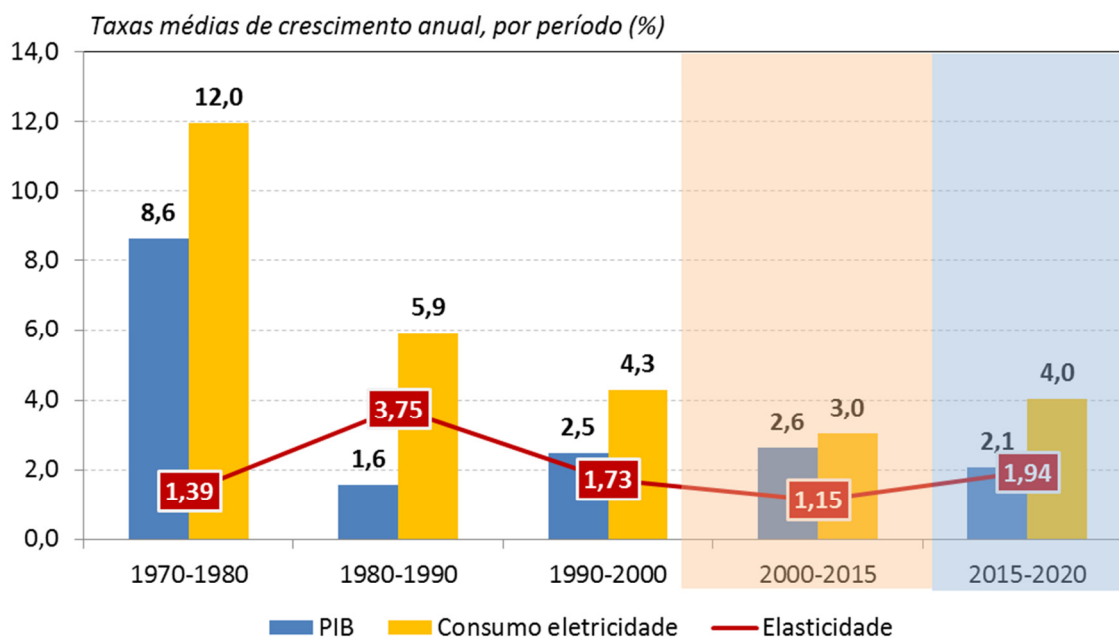
Por sua vez, o Gráfico 19 compara a evolução histórica da elasticidade com a sua projeção para o horizonte 2020, mostrando a evolução desse indicador desde a década de 1970.

**Tabela 15. Brasil - Elasticidade-renda do consumo de energia elétrica**

Ano	Consumo (TWh)	PIB (10 <sup>9</sup> R\$ 2010)	Intensidade (kWh/R\$ 2010)
2015	519	3.922	0,132
2020	633	4.347	0,146
Período	Consumo (Δ% a.a.)	PIB (Δ% a.a.)	Elasticidade
2015-2020	4,0	2,1	1,94

Notas: (i) O consumo de energia elétrica inclui autoprodução; (ii) Para 2015, consideradas estimativas preliminares do PIB e do consumo de energia elétrica.

**Gráfico 19. Evolução da elasticidade-renda do consumo de eletricidade (\*)**

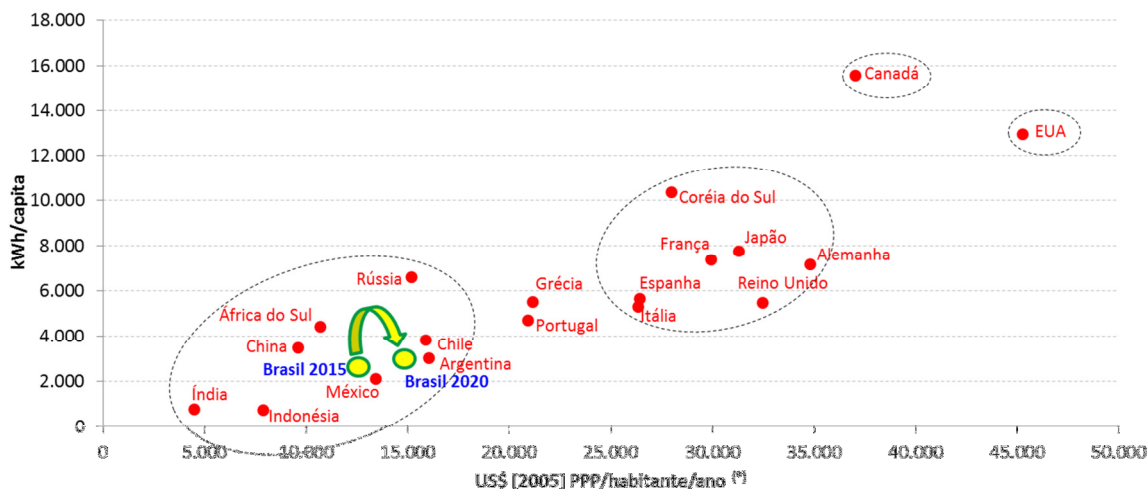


(\*) Inclui autoprodução.

O cenário econômico adotado e as projeções demográficas, assim como a correspondente projeção do consumo total de energia elétrica, para o período quinquenal, resultam em um crescimento continuado da renda per capita nacional e do consumo per capita de eletricidade, concomitantemente com uma manutenção da intensidade elétrica da economia no quinquênio, como pode ser visto no Gráfico 20 e no Gráfico 21, onde se compara a situação do Brasil nos anos de 2015 e 2020 com a posição de 2013 de um conjunto de países selecionados.

Conforme se pode ver nos gráficos, o Brasil situa-se atualmente, no que se refere à renda per capita e ao consumo per capita de eletricidade, numa posição bastante próxima à do México. Contudo, a intensidade elétrica da economia brasileira é significativamente inferior à da Rússia e da África do Sul (ambos integrantes do BRICS), além de superior à da Índia, Indonésia e México. Ao longo do período 2015-2020, o Brasil evolui no sentido de um maior consumo de eletricidade per capita, chegando ao nível de países como Chile e Argentina ao final do horizonte, porém ainda abaixo do que se verifica em países mais desenvolvidos.

Gráfico 20. Consumo de eletricidade per capita versus PIB per capita



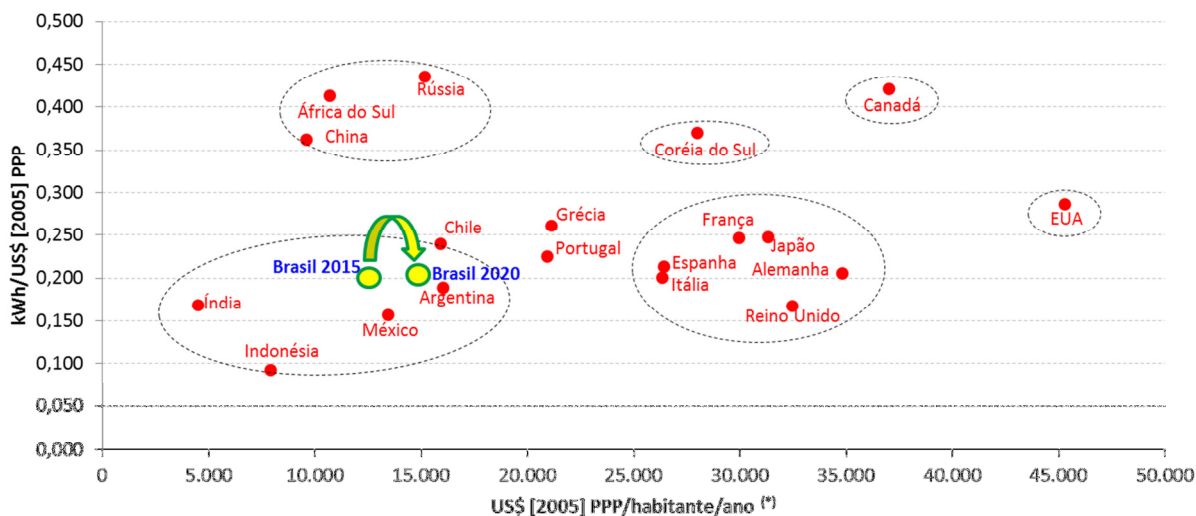
(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP (Power Purchase Parity). Os dados são relativos ao ano de 2013 para todos os países com exceção do Brasil.

Nota: considera o consumo total de eletricidade, incluindo a autoprodução.

Fonte: IEA, 2015: Key World Energy Statistics 2015 e EPE (2015). Elaboração EPE.

Por sua vez, o Gráfico 21 mostra que, no mesmo sentido do aumento do consumo per capita de eletricidade, ao longo do período, a intensidade elétrica da economia cresce chegando a um patamar similar ao do Chile.

Gráfico 21. Intensidade elétrica versus PIB per capita



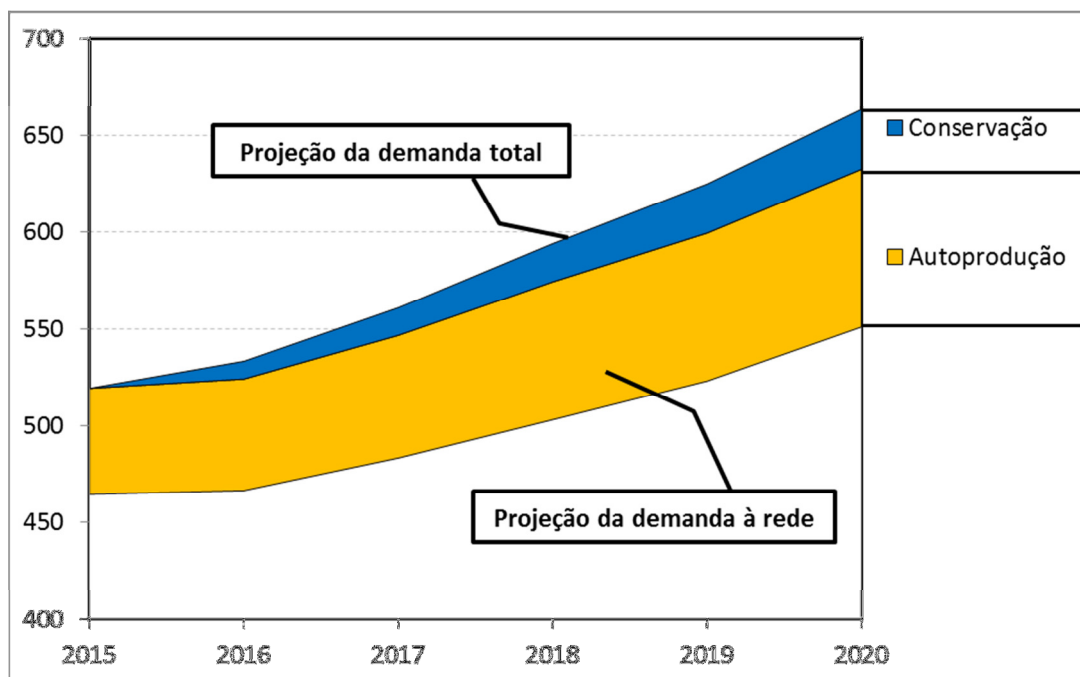
(\*) PIB per capita referenciado a US\$ [2005] PPP (*Power Purchase Parity*). Os dados são relativos ao ano de 2013 para todos os países com exceção do Brasil.

Nota: considera o consumo total de eletricidade, incluindo a autoprodução.

Fonte: IEA, 2015: Key World Energy Statistics 2015 e EPE (2015). Elaboração EPE.

O Gráfico 22 mostra o comportamento do consumo na rede, assim como das parcelas relativas à autoprodução e à conservação de energia, das quais se pode dizer que atendem parte substancial da demanda total de eletricidade. Vale ressaltar que o gráfico mostra a contribuição da autoprodução ao atendimento da demanda já no ano inicial (2015), enquanto que, relativamente à eficiência (ou conservação de energia), ilustra apenas a contribuição da eficiência adicional, isto é, do ganho de eficiência considerado a partir de 2015.

Gráfico 22. Projeção da demanda total de eletricidade (TWh)



Analisando a estrutura do consumo de eletricidade entre as classes observa-se que a classe comercial é a que apresenta maior crescimento no período 2015-2020, de 4,4% ao ano, seguida das outras classes (4,0% ao ano), da classe residencial (3,8% ao ano) e da classe industrial (2,5% ao ano). Ressalte-se, porém, que a autoprodução aumenta a um ritmo de 8,3% ao ano (seção 2.4), fazendo com que o consumo industrial total de eletricidade cresça, em média, a 4,0% ao ano.

Conforme se pode observar no Gráfico 23, alguns movimentos registrados nos últimos anos deverão continuar nos próximos 5 anos. É assim que o consumo comercial continuará ganhando participação no consumo total na rede, enquanto o setor residencial mantém a sua importância e o setor industrial perde participação no período 2015-2020. O Gráfico 24 mostra a evolução da relação entre os consumos das classes residencial e comercial no Brasil.

A evolução da economia nacional no sentido de uma economia mais desenvolvida e com melhor distribuição de renda, solicitando serviços e segmentos comerciais de crescente sofisticação, aliados ao potencial turístico do País, contribuem para um crescimento acelerado do consumo de eletricidade no setor comercial.

Gráfico 23. Brasil. Estrutura do consumo de eletricidade na rede, por classe (%)

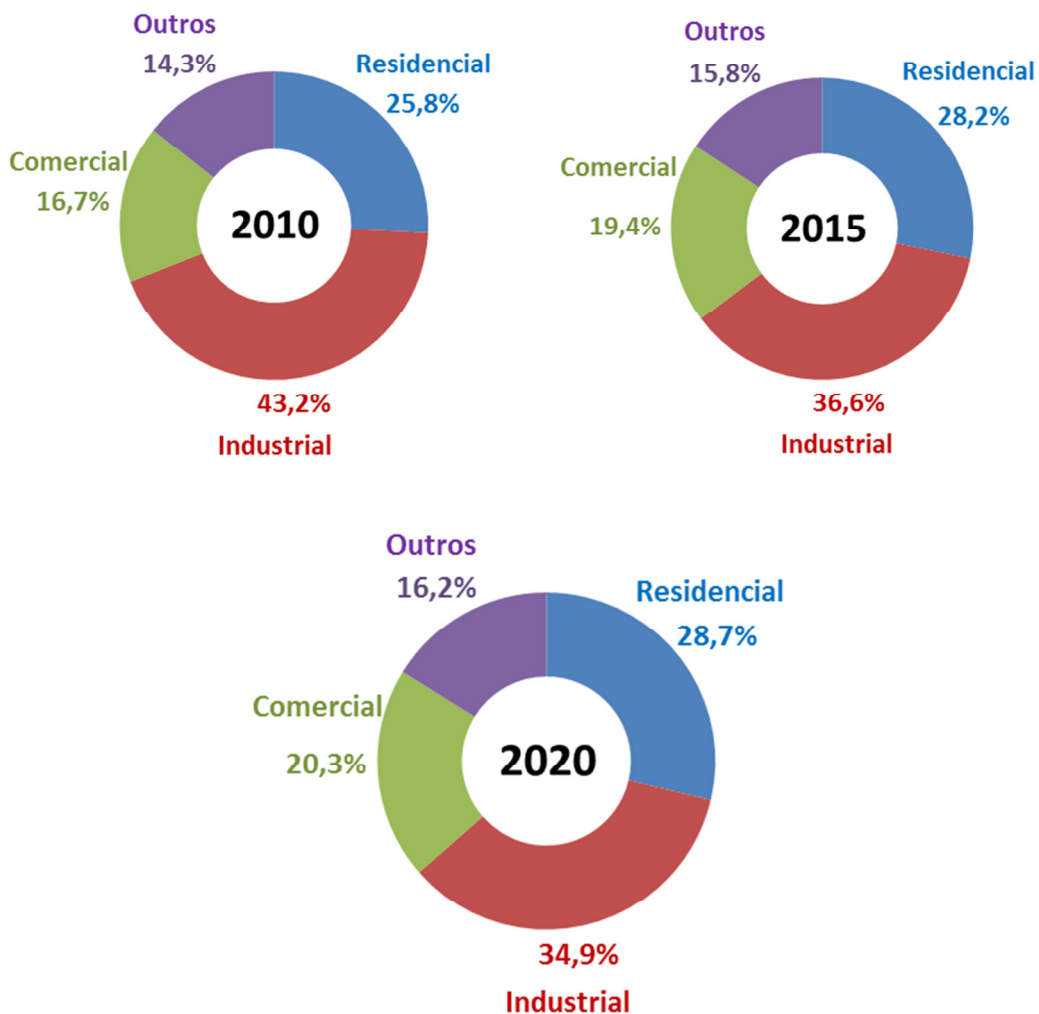
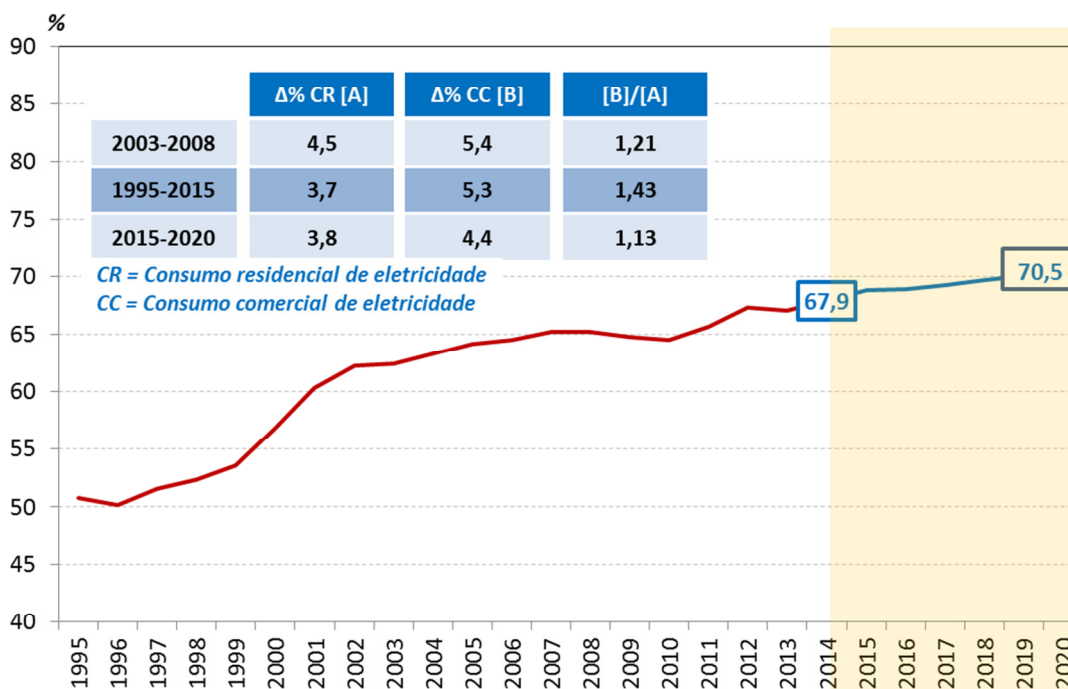


Gráfico 24. Brasil. Relação: consumo comercial/consumo residencial (%)



A evolução do consumo residencial de eletricidade no Brasil, com expansão média anual de 3,8% no período 2015-2020, pode ser vista como o efeito combinado de um crescimento médio de 2,5% ao ano do número de consumidores (Gráfico 25) e do crescimento médio de 1,3% ao ano do consumo por consumidor residencial (Gráfico 26). Pode-se observar, no gráfico, que o valor máximo histórico deste indicador, de 179 kWh/mês registrado em 1998, ano em que o subsistema SE/CO registrou 207 kWh/mês, não deverá ser alcançado no horizonte em estudo. O consumo por consumidor residencial no Brasil, ao final do horizonte (2020), deverá situar-se em torno de 172 kWh/mês.

Gráfico 25. Brasil - Número de consumidores (ligações) residenciais

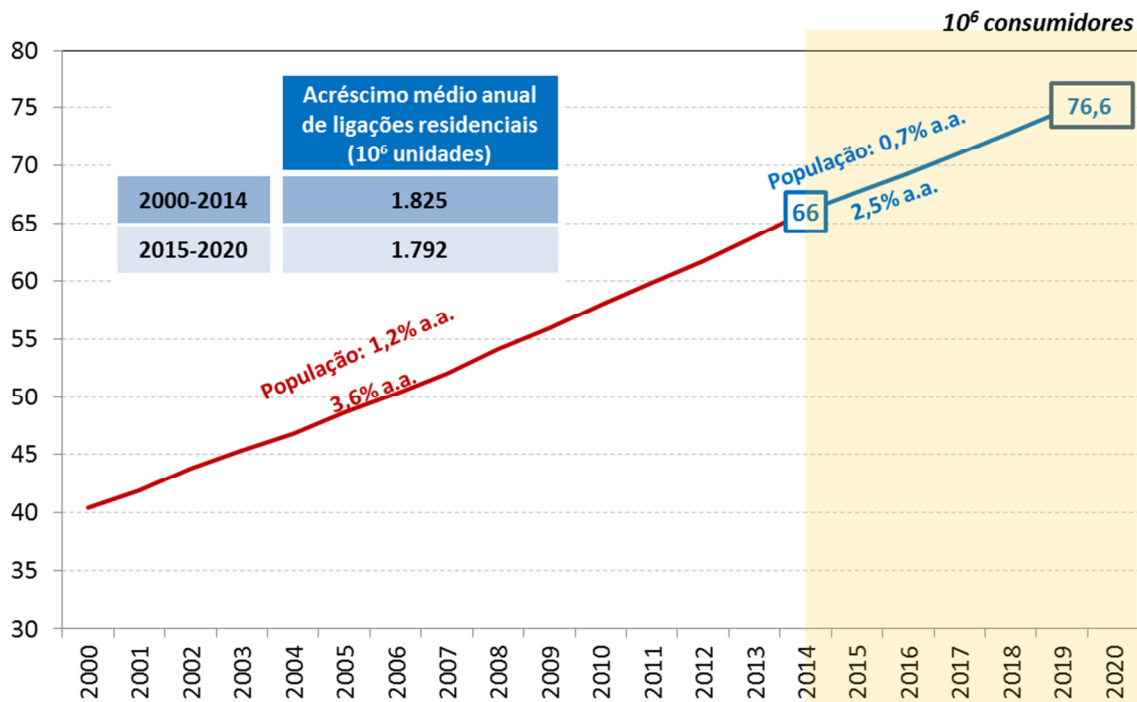
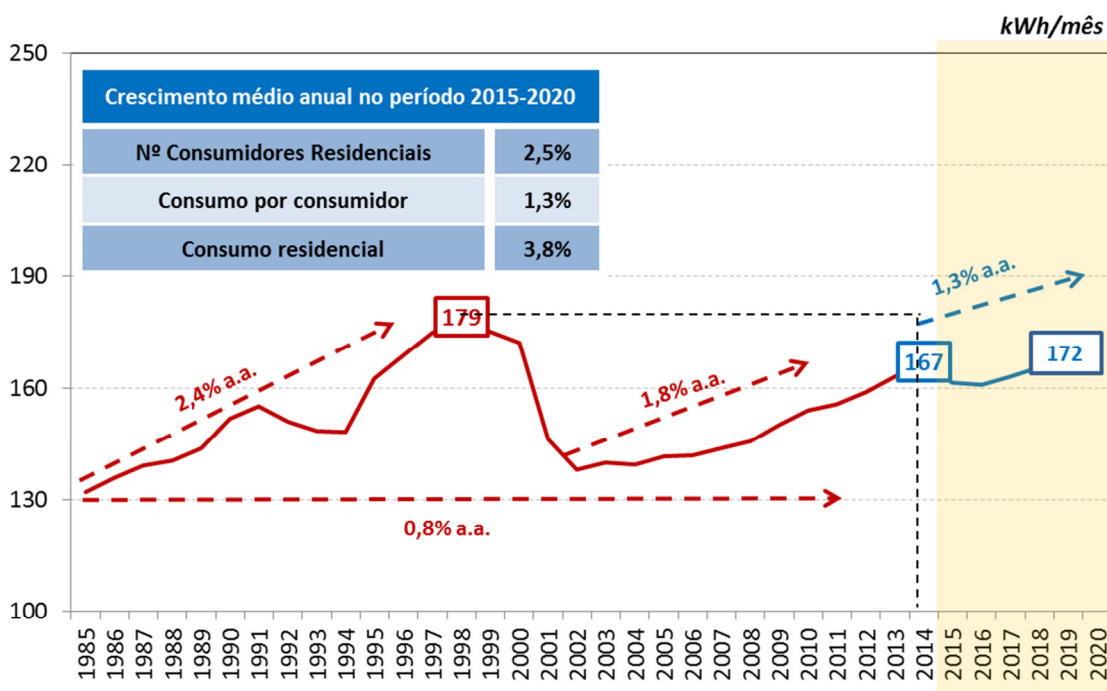


Gráfico 26. Brasil - Consumo médio por consumidor residencial (kWh/mês)



Na Tabela 16 apresenta-se a projeção do consumo de energia elétrica na rede, para o Brasil, desagregado por classe de consumo, e as Tabelas 17 a 21 resumem a previsão do consumo por subsistema elétrico interligado integrante do SIN.

A análise por subsistema mostra que o maior crescimento do consumo de energia elétrica se verifica no subsistema Norte, de 5,3% anuais no quinquênio, sobretudo por efeito das interligações do sistema Macapá, a partir de outubro de 2015, e do sistema Boavista, a partir de abril de 2018. Este último tem impacto relativamente pequeno, dado o montante do seu consumo. Desconsiderando-se a interligação de Boavista, o crescimento médio anual do consumo no subsistema Norte seria de 5,0% ao ano no período 2015-2020.

**Tabela 16. Brasil. Consumo de eletricidade na rede (GWh)**

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	131.100	169.942	90.190	73.278	464.510
2016	133.768	165.814	92.144	74.806	466.532
2017	138.990	170.092	96.257	77.939	483.279
2018	144.877	175.762	100.914	81.398	502.951
2019	151.045	181.239	105.715	85.015	523.014
2020	158.278	192.119	111.621	89.111	551.129
Variação (% ao ano)					
2015-2020	3,8	2,5	4,4	4,0	3,5

**Tabela 17. Subsistema Norte. Consumo de eletricidade na rede (GWh)**

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	9.008	15.827	4.602	3.989	33.426
2016	9.794	15.228	4.811	4.238	34.072
2017	10.142	15.702	5.006	4.329	35.178
2018	10.981	16.101	5.426	4.691	37.200
2019	11.572	16.540	5.738	4.886	38.735
2020	12.166	19.909	6.064	5.089	43.229
Variação (% ao ano)					
2015-2020	6,2	4,7	5,7	5,0	5,3

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

**Tabela 18. Subsistema Nordeste. Consumo de eletricidade na rede (GWh)**

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	23.057	23.050	12.798	13.880	72.785
2016	23.658	22.653	13.081	14.182	73.574
2017	24.643	23.232	13.734	14.713	76.322
2018	25.807	23.972	14.437	15.278	79.493
2019	27.029	24.886	15.200	15.852	82.966
2020	28.592	26.177	16.189	16.511	87.470
Variação (% ao ano)					
2015-2020	4,4	2,6	4,8	3,5	3,7

Tabela 19. Subsistema Sudeste/CO. Consumo de eletricidade na rede (GWh)

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	77.029	99.823	56.759	38.968	272.579
2016	78.275	97.427	58.019	39.482	273.203
2017	81.148	100.007	60.467	41.125	282.747
2018	84.239	103.706	63.056	42.842	293.843
2019	87.539	107.073	65.827	44.696	305.134
2020	91.357	112.227	69.363	46.833	319.780
Variação (% ao ano)					
2015-2020	3,5	2,4	4,1	3,7	3,2

Tabela 20. Subsistema Sul. Consumo de eletricidade na rede (GWh)

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	20.382	31.050	15.149	15.431	82.012
2016	20.806	30.387	15.553	15.605	82.351
2017	21.736	31.027	16.407	16.414	85.584
2018	22.750	31.856	17.317	17.279	89.202
2019	23.811	32.599	18.279	18.259	92.947
2020	24.921	33.650	19.296	19.294	97.161
Variação (% ao ano)					
2015-2020	4,1	1,6	5,0	4,6	3,4

Tabela 21. Sistema Interligado Nacional. Consumo de eletricidade na rede (GWh)

Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	129.475	169.751	89.308	72.268	460.802
2016	132.532	165.695	91.465	73.507	463.200
2017	137.669	169.967	95.614	76.581	479.832
2018	143.777	175.635	100.237	80.090	499.738
2019	149.949	181.097	105.044	83.692	519.783
2020	157.036	191.964	110.912	87.727	547.640
Variação (% ao ano)					
2015-2020	3,9	2,5	4,4	4,0	3,5

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

## 4. CARGA DE ENERGIA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)<sup>6</sup>

Neste capítulo, apresenta-se a projeção da carga de energia do SIN para o ano de 2020, obtida a partir da projeção do consumo, apresentada no capítulo precedente, e de premissas sobre a evolução do índice de perdas. A carga de energia do SIN é justamente composta do consumo mais as perdas.

### 4.1 Perdas

A metodologia de projeção do mercado de eletricidade tem como ponto de partida a análise do uso final da energia. Parte, portanto, da análise do consumo, utilizando, como base, dados de consumo medido para faturamento. Para compor a carga de energia, a solicitação do sistema de geração e transmissão deve ser considerada em adição às perdas (e diferenças) totais observadas no sistema. Assim, ao lado da projeção do consumo, as hipóteses sobre o comportamento dessas perdas constituem-se em elemento fundamental para a projeção da carga de energia.

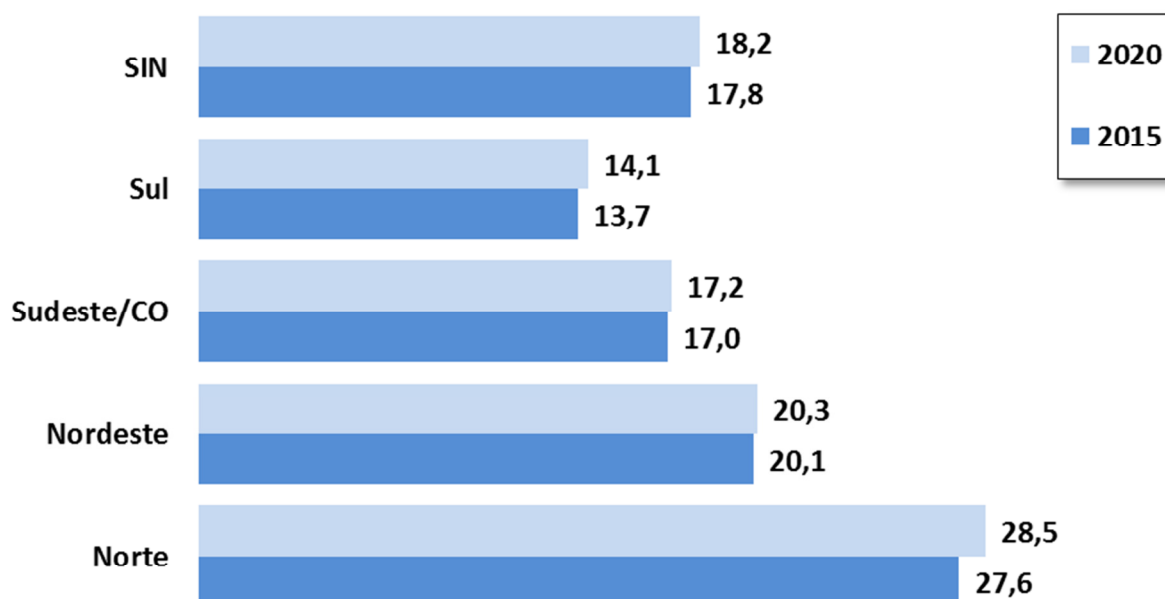
As interligações dos sistemas isolados (que atualmente apresentam níveis de perdas elevados) ao SIN podem elevar temporariamente o índice de perdas do subsistema interligado, como são os casos das interligações de Macapá e de Boavista ao subsistema Norte a partir de outubro de 2015 e de abril de 2018, respectivamente. A interligação de Boavista provoca pequena elevação no nível de perdas do subsistema Norte no horizonte em estudo.

Vale também observar que, da redução das perdas comerciais, uma parcela substancial continuará na carga, mesmo após a regularização da situação de consumidores que furtam energia, pois certamente eles continuarão consumindo, de forma regular, pelo menos uma parte da energia que anteriormente era furtada. Essa parcela continuará compondo a carga, apenas deixa de ser contabilizada como perda e passa a ser incorporada ao consumo faturado. O Gráfico 27 apresenta o cenário de perdas por subsistema elétrico integrante do SIN para o horizonte quinquenal.

---

<sup>6</sup> Para efeito deste trabalho, os valores da carga de energia contemplam também a totalidade da geração de usinas não despachadas de forma centralizada pelo ONS, que injetam energia na rede do SIN.

Gráfico 27. SIN e subsistemas. Índice de perdas (%)



Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

## 4.2 A carga de energia em 2015

A previsão da carga de energia no SIN para o ano de 2015 é de 64.023 MWmédio, representando uma retração de 1,8% sobre 2014, ou um decréscimo de 1.173 MWmédio.

Essa previsão foi resultado da carga verificada até novembro e da estimativa do Programa Mensal de Operação (PMO) para a carga de dezembro, por subsistema do SIN.

A estimativa da carga de energia para 2015, por subsistema, está resumida na Tabela 22.

Tabela 22. SIN - Carga de energia 2014-2015, por subsistema (MWmédio)

Subsistema	2014	2015	Δ%
Norte	5.192	5.270	1,5
Nordeste	10.071	10.404	3,3
Sudeste/CO	38.709	37.494	-3,1
Sul	11.223	10.854	-3,3
<b>SIN</b>	<b>65.196</b>	<b>64.023</b>	<b>-1,8</b>

Notas: (i) Estimativa preliminar para 2015.

(ii) Considera a interligação de Macapá a partir de Outubro/2015.

Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

### 4.3 Projeção da carga de energia [2015-2020]

A projeção da carga de energia para o período quinquenal, por subsistema interligado do SIN, resulta da projeção do consumo na rede, apresentada na seção 3.2, e da premissa formulada sobre a evolução do índice de perdas (seção 4.1).

A carga de energia, no conceito de carga global, contempla a carga do Sistema de Supervisão do ONS acrescida de uma parcela correspondente à geração de usinas que não são despachadas/programadas pelo ONS e que injetam energia na rede de distribuição, cuja geração não está ainda contemplada na carga do mencionado Sistema de Supervisão.

O critério que tem sido adotado pelo ONS para composição da carga global é o de utilizar como base as informações disponibilizadas pelos Agentes de Distribuição, contendo dados mensais de geração de usinas não despachadas. Nesse universo de usinas, é feita a identificação daquelas usinas que ainda não são contempladas na carga do Sistema de Supervisão do ONS e a geração dessas usinas constitui a parcela a ser adicionada à carga do Sistema de Supervisão para compor a carga global.

Contudo, a necessidade de utilizar dados com desagregação temporal horária - por exemplo, para a composição da demanda máxima integrada em uma hora - obriga a um procedimento de abertura dos dados de geração mensal informados pelos Agentes de Distribuição, o que tem sido realizado através dos dados horários de geração disponibilizados pela CCEE para usinas não despachadas pelo ONS que possuem contratos de comercialização de energia registrados na CCEE. Define-se um fator de geração horário, que é igual à relação entre a geração da usina no dia (d) e hora (h) e a geração média da usina no mês. Em seguida, aplicam-se esses fatores sobre a parcela de geração mensal informada pelos Agentes de Distribuição que deverá ser somada à carga do Sistema de Supervisão do ONS a fim de obter a geração horária das usinas, com base nas informações dos Agentes. Isto é, admite-se que o “perfil de geração horária” das usinas informadas pela CCEE é semelhante àquele das usinas informadas pelos Agentes de Distribuição.

Denote-se por  $GCCEE_{d,h}^s$  a geração de usinas não despachadas pelo ONS, informada pela CCEE, que injetam energia no sistema/subsistema (s), no dia (d), hora (h).

A partir dos dados da CCEE de geração de usinas não despachadas, calcula-se um “fator” ( $f_{d,h}^s$ ) de geração horário dessas usinas relativamente a sua geração mensal:

$$f_{d,h}^s = (GCCEE_{d,h}^s / \text{Médiamensal}(GCCEE_{d,h}^s))$$

Aplicando este fator à parcela de geração mensal  $GU_m^s$  de usinas informadas pelos Agentes de Distribuição e que não estão contempladas na carga do Sistema de Supervisão do ONS,

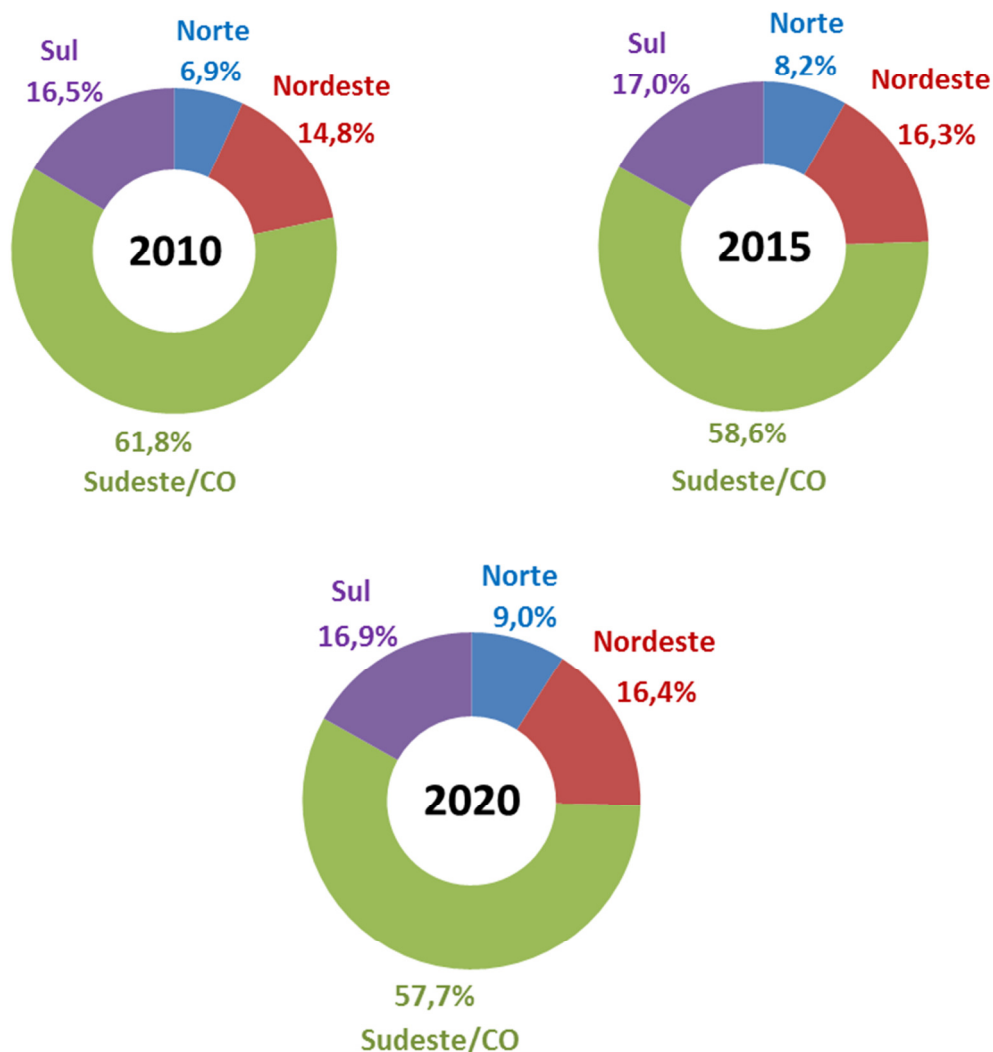
obtem-se uma estimativa da geração diária e horária da parcela de geração de usinas a adicionar à carga supervisionada pelo ONS:

$$GU_{d,h}^s = f_{d,h}^s \times GU_m^s$$

$GU_m^s$  = geração, no mês (m), de usinas não despachadas pelo ONS, que injetam energia na rede de distribuição do subsistema/sistema (s) do SIN, a ser adicionada à carga do Sistema de Supervisão do ONS para formação da carga global do subsistema/sistema (s) do SIN.

Conforme se pode ver no Gráfico 28, o subsistema Norte apresenta aumento de participação na carga do SIN no período 2015-2020, em parte por influência das interligações dos sistemas Macapá e Boavista. Também se destaca o subsistema Nordeste, que aliado ao subsistema Norte ganham participação em detrimento do menor crescimento do subsistema Sudeste/CO. O subsistema Sul mantém participação na carga total do SIN.

Gráfico 28. SIN. Carga de energia. Estrutura por subsistema (%)



O resultado da previsão da carga de energia encontra-se resumido na Tabela 23. A Tabela 24 mostra os acréscimos anuais de carga por subsistema.

**Tabela 23. SIN e Subsistemas: carga de energia (MWmédio)**

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	SIN
2015	5.270	10.404	37.494	10.854	64.023
2016	5.437	10.534	37.654	10.948	64.573
2017	5.616	10.929	38.978	11.367	66.891
2018	5.936	11.390	40.507	11.860	69.693
2019	6.181	11.885	42.048	12.357	72.470
2020	6.905	12.525	44.067	12.918	76.415
Variação (% ao ano)					
2015-2020	5,6	3,8	3,3	3,5	3,6

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

**Tabela 24. SIN e Subsistemas: acréscimos anuais da carga de energia (MWmédio)**

Ano	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	SIN
2015	78	333	-1.215	-368	-1.173
2016	167	129	160	94	550
2017	179	395	1.324	419	2.317
2018	319	461	1.529	493	2.802
2019	245	494	1.541	497	2.778
2020	724	640	2.018	562	3.945

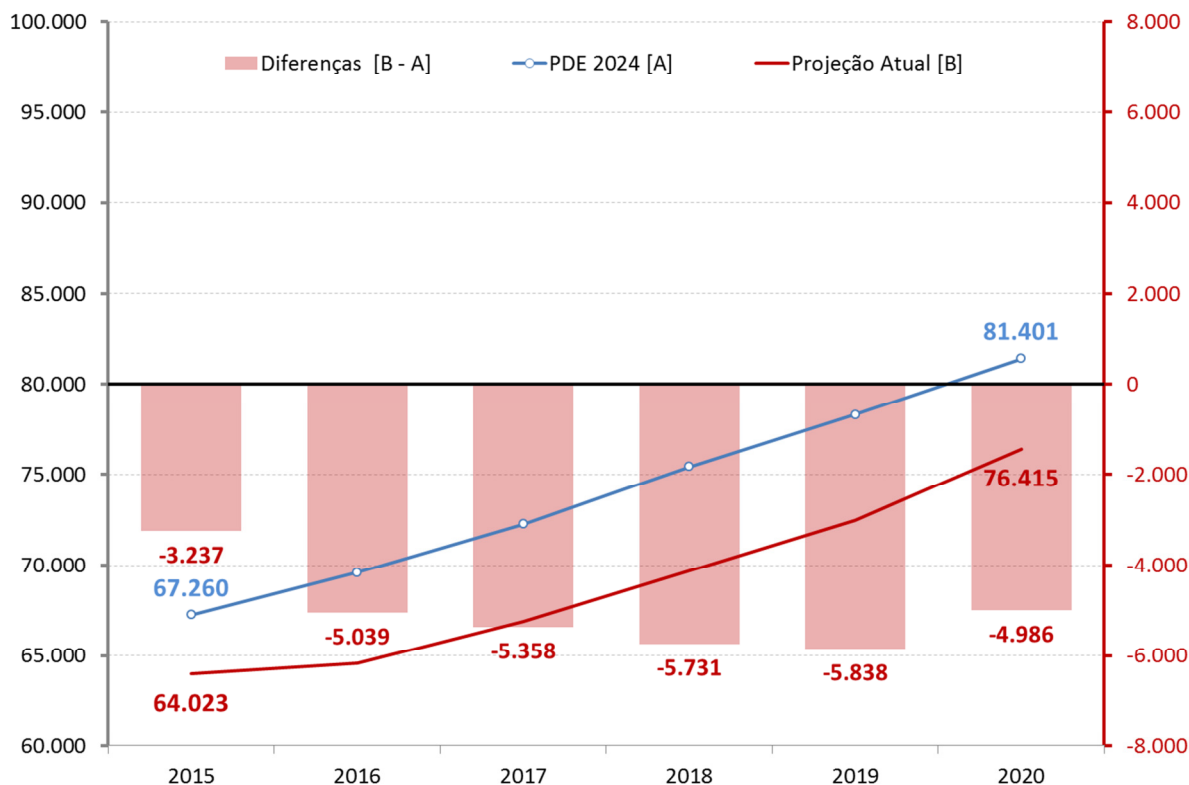
Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

#### 4.4 Comparação com o PDE 2024

A estimativa atual para 2015 é de uma carga de energia 3.237 MWmédio inferior à previsão do PDE 2024, em função da expansão mais modesta do que se havia previsto da economia este ano, observado em todas as classes de consumo. A comparação, para o horizonte de 2020, da atual projeção da carga de energia no SIN com aquela do PDE 2024 está ilustrada no Gráfico 29.

Assim, a Projeção Atual situa-se entre 5.039 MWmédio (2016) e 4.986 MWmédio (2020) abaixo da previsão do PDE 2024.

Gráfico 29. SIN. Carga de energia (MWmédio) - Projeção Atual ⊗ PDE 2024



Nota: A Projeção Atual considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018. Já o PDE 2024 considerava as interligações de Macapá a partir de Maio/2015 e de Boavista a partir de Junho/2017 ao subsistema Norte.

Em Anexo, apresenta-se a projeção mensal da carga de energia por subsistema interligado do SIN. A projeção mensal baseou-se na sazonalidade histórica e, dessa forma, representa o comportamento médio de um período. Vale ressaltar que diferentes fatores poderão contribuir para introduzir perturbações localizadas nesse perfil de carga mensal, tais como, a entrada em operação (ou a parada) de alguma grande carga industrial em determinado mês ou mudanças climáticas significativas, as quais poderão ter impacto mais importante no médio e, principalmente, no longo prazo.

## 5. CARGA DE DEMANDA DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL (SIN)

A projeção da carga de demanda, seja ela a demanda máxima integrada em uma hora ou a demanda máxima instantânea, é calculada a partir da projeção da carga de energia e do respectivo fator de carga, isto é, da relação entre a carga de energia, em MWh médio, e a demanda máxima, em MWh/h (demanda máxima integrada) ou em MW (demanda máxima instantânea). A demanda máxima corresponde sempre à demanda máxima simultânea ou coincidente, seja por subsistema ou por sistema interligado do SIN. Ela representa, assim, o montante máximo de energia (potência) que é necessário injetar no subsistema (ou sistema) em um curto intervalo de tempo (“instante de tempo”), seja a partir de usinas localizadas dentro do subsistema (ou sistema) seja via importação líquida de energia.

Vale ressaltar que alguns aperfeiçoamentos vêm sendo incorporados, na abordagem da carga de demanda, ao longo das últimas projeções de carga realizadas pela EPE, nomeadamente no âmbito das previsões dos Planos Decenais de Expansão de Energia (PDE's). Os estudos para o horizonte quinquenal contemplaram a demanda máxima (integrada ou instantânea) independente do horário de sua ocorrência, uma vez que constata-se que, ao longo dos últimos anos, a demanda máxima anual nos subsistemas Sudeste/CO e Sul vem ocorrendo fora do “horário de ponta”, sobretudo nos meses de verão.

A demanda máxima integrada mensal, para cada subsistema/sistema (s) do SIN, é o máximo das cargas de energia horárias do respectivo mês. A demanda máxima integrada anual  $D_a^s$  é o máximo das demandas máximas integradas mensais:

$$D_a^s = \text{Máximo} \{D_m^s/m=1, \dots, 12\}.$$

Calculam-se fatores de carga mensais e anuais da demanda máxima integrada, por subsistema/sistema do SIN:

$$FC_m^s = E_m^s/D_m^s \quad (E_m^s = \text{carga de energia mensal})$$

$$FC_a^s = E_a^s/D_a^s \quad (E_a^s = \text{carga de energia anual})$$

Para projetar a demanda máxima integrada a partir da projeção da carga de energia, inicialmente consideram-se fatores de carga anuais, com base na média histórica, e projeta-se a demanda máxima anual a partir da carga de energia anual:

$$D_a^s = E_a^s / FC_a^s$$

Em seguida, utilizam-se fatores de sazonalidade médios históricos da demanda máxima integrada, por subsistema/sistema do SIN, para distribuir a demanda máxima integrada anual em valores mensais.

A demanda máxima instantânea verificada por subsistema/sistema do SIN, no conceito de carga global, é calculada pela soma da demanda máxima instantânea resultante do Sistema de Supervisão do ONS com a parcela de geração de usinas verificada na hora que engloba o horário de ocorrência da demanda máxima instantânea do Sistema de Supervisão.

Para projetar a demanda máxima instantânea anual, utiliza-se a relação média histórica anual “Demanda Máxima Instantânea/Demanda Máxima Integrada”. Por sua vez, para obter a demanda máxima instantânea mensal, considera-se a mesma sazonalidade utilizada para a demanda máxima integrada.

Vale ressaltar que, atualmente, a diferença entre a demanda máxima instantânea e a demanda máxima integrada é relativamente pequena: a demanda máxima instantânea no SIN situa-se em torno de 1% acima da demanda máxima integrada. Isso se verifica, essencialmente, porque a demanda máxima anual ocorre nos meses de verão e no horário de carga média, entre as 14:00 e as 16:00 horas, intervalo em que a curva de carga se encontra em patamar elevado o tempo todo (curva de carga “razoavelmente flat”). Isto difere, por exemplo, do comportamento das demandas máximas no chamado “horário de ponta”, dado que, neste período do dia, a curva de carga tem um comportamento mais volátil.

Tanto a EPE quanto o ONS, cientes da importância das estatísticas relativas à demanda máxima (ponta) do SIN e dos respectivos subsistemas, vêm envidando esforços, com o apoio da CCEE, no sentido de obter as curvas de geração - geração horária ou geração “instantânea” - das usinas não despachadas (ou não programadas) centralizadamente, visando estimar com maior precisão a respectiva contribuição para a ponta do Sistema Interligado Nacional e subsistemas.

A Tabela 25 apresenta a projeção da demanda máxima instantânea para o SIN e para os respectivos subsistemas e sistemas interligados.

Tabela 25. SIN e Subsistemas: demanda máxima instantânea (MW)

Ano	Subsistema				Sistema		SIN
	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	N/NE	S/SE/CO	
2015	6.542	12.934	52.408	17.583	19.430	69.462	87.309
2016	6.505	13.334	51.321	17.030	19.793	67.838	86.429
2017	6.720	13.834	53.270	17.546	20.507	69.786	88.938
2018	7.179	14.418	54.986	18.168	21.560	72.091	92.507
2019	7.431	15.044	57.078	18.929	22.436	74.896	96.360
2020	8.299	15.854	59.817	19.789	24.110	78.448	101.597
<b>Varição (% ao ano)</b>							
<b>2015-2020</b>	<b>4,9</b>	<b>4,2</b>	<b>2,7</b>	<b>2,4</b>	<b>4,4</b>	<b>2,5</b>	<b>3,1</b>

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL - Associação Brasileira do Alumínio, 2013. Anuário Estatístico 2012. São Paulo/SP.

ACHÃO, C. C. L., 2003. Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro. Dissertação de M. Sc. PPE/COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro.

ANEEL, 2015. Resolução Normativa n° 687, de 24 de novembro de 2015.

Bureaus of International Recycling, 2014. Recovered Paper Market in 2012. Brussels, Belgium. Disponível em: <http://www.bir.org/assets/Documents/publications/brochures/BIR-PaperStats-2014-V3.pdf>

EPE, 2005. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2006. Plano Decenal de Expansão de Energia 2007-2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2007. Plano Nacional de Energia - PNE 2030. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2008a. Plano Decenal de Expansão de Energia 2008-2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2008b. Nota técnica DEN 02/08 (maio/2008). Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008-2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2009. Análise Econômica: Cenários. Plano Decenal de Expansão de Energia 2009/2018. Rio de Janeiro: EPE, Junho de 2009. (Versão Preliminar).

EPE, 2010. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2011a. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020). Rio de Janeiro: EPE, 2011. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2011b. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2020. Rio de Janeiro: EPE, 2011. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2011c. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2012-2021). Rio de Janeiro: EPE, 2011. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2012a. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2021. Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2012b. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022). Rio de Janeiro: EPE, 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2013a. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2022 (Versão para Consulta Pública). Rio de Janeiro: EPE, 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2013b. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2014-2023). Rio de Janeiro: EPE, 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2014. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE, 2015. Plano Decenal de Expansão de Energia PDE 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/MME, 2011. Balanço Energético Nacional (BEN) 2011: Ano Base 2010. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/MME, 2012. Balanço Energético Nacional (BEN) 2012: Ano Base 2011. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/MME, 2013. Balanço Energético Nacional (BEN) 2013: Ano Base 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/MME, 2014. Balanço Energético Nacional (BEN) 2014: Ano Base 2013. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/MME, 2015. Balanço Energético Nacional (BEN) 2015: Ano Base 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2011a. Nota Técnica DEA 07/11 - ONS 054/2011 (maio/2011). 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2011-2015. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2011b. Nota Técnica DEA 12/11 - ONS 138/2011 (setembro/2011). 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2011-2015. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2012a. Nota Técnica DEA 05/12 - ONS 088/2012 (maio/2012). 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2012-2016. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2012b. Nota Técnica DEA 12/12 - ONS 152/2012 (setembro/2012). 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2012-2016. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2013a. Nota Técnica DEA 12/13 - ONS 071/2013 (maio/2013). 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2013-2017. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2013b. Nota Técnica DEA 17/13 - ONS 114/2013 (setembro/2013). 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2013-2017. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2014a. Nota Técnica DEA 11/14 - ONS 092/2014 (junho/2014). 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2014-2018. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2014b. Nota Técnica DEA 14/14 - ONS 129/2014 (agosto/2014). 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2014-2018. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2015a. Nota Técnica DEA 08/15 - ONS 076/2015 (maio/2015). 1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2015-2019. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

EPE/ONS, 2015b. Nota Técnica DEA 11/15 - ONS 126/2015 (agosto/2015). 2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2015-2019. Disponível em <http://www.epe.gov.br/default.aspx>

FMI [Fundo Monetário Internacional]. Disponível em <http://www.imf.org>

IBGE, 2013. Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IEA - International Energy Agency, 2015. Key World Energy Statistics 2015. França, 2015. Disponível em: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld\\_Statistics\\_2015.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld_Statistics_2015.pdf)

KONZEN, G. Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais conectados à rede no Brasil: uma simulação via modelo de Bass. 107 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Energia, USP, São Paulo, SP, 2014.

MME - Ministério de Minas e Energia, 2015. Sinopse 2015: Mineração & Transformação Mineral (Metálicos e Não Metálicos). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1732837/C%C3%B3pia+de+SINOPSE-2015+MODIFICA%C3%87%C3%95ES+2010-atualizada+29-9-2015.pdf/df84be30-342e-4d00-9595-aba88ba2c291>

SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2013. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento 2013. Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <http://www.snic.org.br/pdf/RelatorioAnual2013final.pdf>

**ANEXO**  
**PROJEÇÃO MENSAL DA CARGA DE ENERGIA**  
**2015-2025**

(Esta página foi intencionalmente deixada em branco para o adequado alinhamento de páginas na impressão com a opção frente e verso - “*double sided*”)

Tabela 26. Subsistema Norte. Carga de energia mensal (MWmédio)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	5.002	5.010	5.135	5.205	5.208	5.160	5.098	5.308	5.615	5.591	5.530	5.365
2016	5.456	5.351	5.425	5.470	5.408	5.220	5.311	5.544	5.647	5.528	5.471	5.407
2017	5.496	5.541	5.617	5.663	5.599	5.405	5.499	5.740	5.846	5.723	5.664	5.599
2018	5.693	5.739	5.819	6.026	5.949	5.748	5.834	6.088	6.220	6.098	6.039	5.965
2019	6.049	6.098	6.182	6.232	6.162	5.948	6.051	6.317	6.434	6.299	6.234	6.161
2020	6.757	6.812	6.906	6.963	6.884	6.646	6.761	7.057	7.188	7.037	6.964	6.883

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.

Tabela 27. Subsistema Nordeste. Carga de energia mensal (MWmédio)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	10.730	10.540	10.482	10.512	10.334	10.068	9.744	9.895	10.385	10.566	10.857	10.758
2016	10.910	10.677	10.778	10.685	10.369	10.130	9.989	10.145	10.476	10.656	10.800	10.797
2017	11.152	11.094	11.199	11.102	10.774	10.527	10.380	10.542	10.885	11.072	11.221	11.218
2018	11.622	11.562	11.671	11.570	11.229	10.971	10.818	10.987	11.345	11.539	11.695	11.691
2019	12.127	12.064	12.178	12.072	11.716	11.447	11.287	11.464	11.837	12.040	12.202	12.199
2020	12.780	12.713	12.833	12.722	12.347	12.063	11.895	12.081	12.474	12.688	12.859	12.855

Tabela 28. Subsistema Sudeste/CO. Carga de energia mensal (MWmédio)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	41.467	40.282	39.100	37.477	35.215	34.389	34.798	35.539	37.008	38.233	38.076	38.521
2016	38.500	40.071	38.917	37.785	36.396	35.737	35.897	36.956	37.677	38.478	37.861	37.685
2017	40.025	41.471	40.277	39.105	37.666	36.984	37.150	38.247	38.993	39.822	39.184	39.002
2018	41.595	43.098	41.857	40.639	39.144	38.435	38.607	39.747	40.523	41.384	40.721	40.532
2019	43.178	44.738	43.449	42.185	40.633	39.897	40.076	41.259	42.065	42.959	42.270	42.074
2020	45.242	46.877	45.527	44.202	42.576	41.805	41.992	43.232	44.076	45.013	44.292	44.086

Tabela 29. Subsistema Sul. Carga de energia mensal (MWmédio)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	12.407	12.232	11.930	10.667	10.152	10.253	10.443	10.299	10.271	10.550	10.482	10.644
2016	11.613	12.093	11.400	10.708	10.414	10.438	10.625	10.683	10.523	10.807	11.015	11.098
2017	12.175	12.549	11.829	11.110	10.805	10.830	11.024	11.085	10.918	11.213	11.429	11.515
2018	12.703	13.093	12.342	11.592	11.273	11.300	11.501	11.565	11.391	11.699	11.924	12.014
2019	13.235	13.641	12.859	12.077	11.745	11.773	11.983	12.049	11.868	12.189	12.424	12.517
2020	13.832	14.257	13.440	12.623	12.275	12.305	12.524	12.594	12.404	12.740	12.985	13.083

**Tabela 30. Sistema Interligado Nacional (SIN). Carga de energia mensal (MWmédio)**

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>2015</b>	69.606	68.064	66.647	63.861	60.909	59.871	60.083	61.041	63.279	64.940	64.945	65.288
<b>2016</b>	66.479	68.192	66.521	64.647	62.586	61.526	61.821	63.329	64.323	65.468	65.148	64.987
<b>2017</b>	68.848	70.654	68.922	66.980	64.845	63.746	64.052	65.614	66.643	67.830	67.499	67.333
<b>2018</b>	71.613	73.492	71.688	69.827	67.595	66.453	66.760	68.387	69.479	70.720	70.379	70.202
<b>2019</b>	74.588	76.540	74.668	72.567	70.257	69.066	69.398	71.090	72.204	73.486	73.131	72.951
<b>2020</b>	78.612	80.659	78.706	76.510	74.083	72.819	73.172	74.964	76.143	77.477	77.101	76.907

Nota: considera as interligações de Macapá a partir de Outubro/2015 e de Boavista a partir de Abril/2018.