

Potencial técnico, econômico e de mercado da resposta da demanda com foco no setor industrial brasileiro

Caderno 7: Relatório final



Imprint

Publisher

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Registered offices: Bonn and Eschborn, Germany

Project

German-Brazilian Energy Partnership
SCN Quadra 01, Bloco C, Sala 1501
70711-902 Brasília – DF, Brazil
Kristina Kramer
E-mail: kristina.kramer@giz.de
Stéphanie Gomes
E-mail: stephanie.gomes@giz.de
Gabriela Kaya
E-mail: gabriela.kaya@giz.de
Website: www.energypartnership.com.br
Tel.: +55 61 2101 2170

Text

PSR
Mitsidi Projetos

As at

29/11/2023

Design

Vaz Gontijo Consultoria, Brasilia

This publication is available for download only.

The contents of this publication do not necessarily express the opinion of Energy Research Office (EPE).

Energy Partnership



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



In charge of implementing the bilateral partnership



Conteúdo

Lista de figuras	4
Lista de tabelas	5
1. Relatório final	6

Lista de figuras

Figura 1 – Fluxo do trabalho	6
Figura 2 – Benefício marginal para o sistema dos três produtos propostos	11
Figura 3 – Curvas de oferta e demanda para os produtos de RD sem considerar a rota de geração própria ...	12
Figura 4 – Curvas de oferta e demanda para o produto demanda ponta considerando a rota de geração própria	12

Lista de tabelas

Tabela 1 – Categorização dos mecanismos de resposta da demanda estudados	7
Tabela 2 – Classificação de parâmetros quanto ao nível de flexibilidade operativa	9
Tabela 3 – Multiplicador de aceitabilidade para cada subsegmento sob análise	10
Tabela 4 – Quantidades e preços para os produtos demanda ponta e média	13
Tabela 5 – Principais barreiras e oportunidades de resposta da demanda	13

1. Relatório final

Ao longo dos últimos anos, o Sistema Elétrico Brasileiro tem experienciado mudanças no padrão de consumo, decorrentes de uma maior eletrificação da economia, diferentes perfis de consumo industrial e maior uso de eletrodomésticos. Além das mudanças do perfil do lado da demanda, também se verifica forte alteração dos perfis de geração do sistema devido ao aumento significativo na participação das chamadas “fontes de produção variáveis” na matriz elétrica.

Este crescimento foi causado por fatores como a forte queda de custos de implantação de usinas solares e eólicas, surgimento de novos modelos de negócios nos mercados cativo e livre, redução de prazos de construção e uma menor complexidade no licenciamento ambiental.

Por outro lado, a construção de novas usinas hidrelétricas (UHEs), fonte de uma energia renovável altamente flexível e que pode ser armazenada nos reservatórios, vem se mostrando um grande desafio por preocupações relativas aos seus impactos econômicos e socioambientais.

Esta combinação de perfis de produção e consumo muito variáveis, e fenômenos macro climáticos adversos como secas severas ou invernos muito rigorosos, vêm exigindo recursos capazes de prover resiliência ao sistema para assegurar uma boa adequabilidade e confiabilidade de suprimento de energia.

Neste contexto, a resposta pela demanda ganha protagonismo por ser um mecanismo capaz de balancear a oferta e a demanda em sistemas elétricos através da redução ou deslocamento do consumo de energia em momentos críticos.

Logo, a fim de contribuir para o processo de modernização do Sistema Elétrico Brasileiro, no âmbito da “Parceria Energética Brasil-Alemanha”, a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*, em conjunto com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), contrataram a PSR e a MITSIDI para o desenvolvimento do estudo “Potencial técnico, econômico e de mercado da resposta da demanda com foco no setor industrial brasileiro”. Este estudo foi composto por sete Cadernos, sendo este o Sétimo, conforme detalhado na Figura 1 abaixo.

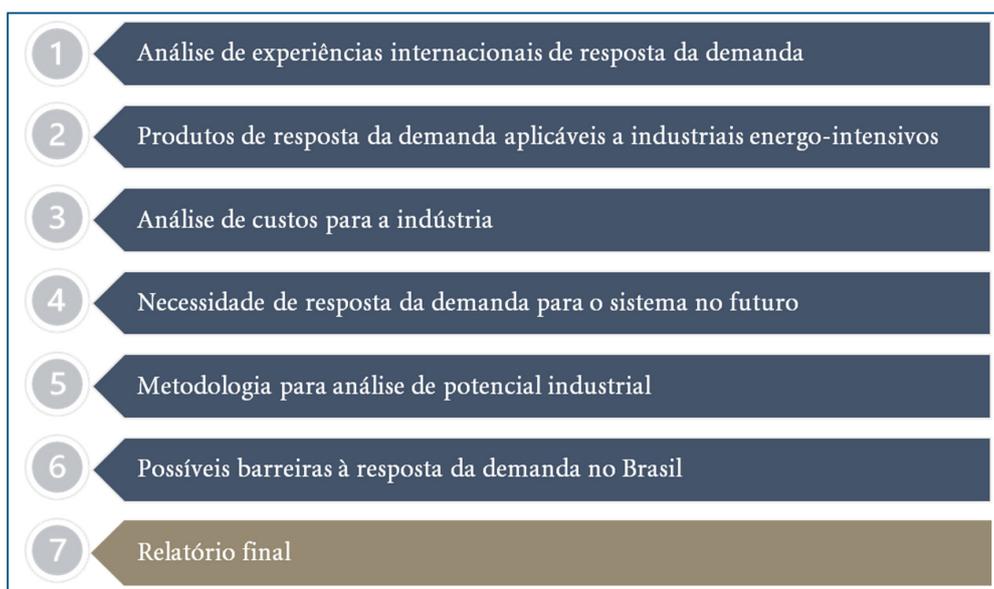


Figura 1 – Fluxo do trabalho.

De início, as experiências internacionais foram exploradas com o objetivo de obter lições importantes sobre os principais obstáculos, desafios e oportunidades da adesão das diferentes indústrias aos mecanismos de resposta da demanda. Para tanto, foram selecionados países conhecidos por empenharem esforços no desenvolvimento de programas de resposta da demanda, ou que apresentem semelhanças relevantes com o caso Brasileiro e que, por isso, forneceram *insights* úteis. Nesse sentido, foram selecionados como países os Estados Unidos (onde foram analisados os sistemas do CAISO e do PJM), França, Reino Unido e Austrália.

Para cada um destes países foram analisados os principais elementos de desenho de um mecanismo de resposta da demanda, como as especificações dos produtos a serem ofertados, critérios para participação nestes, definição de linha base e exemplos de programas pilotos implementados. Ao final de cada país, foi realizada uma reflexão sobre os principais aprendizados que cada experiência internacional traz para o contexto brasileiro no âmbito deste trabalho.

Cabe ressaltar que, no Brasil, os mecanismos de resposta da demanda remontam desde o racionamento de energia, em meados de 2001, em que os consumidores foram convocados a reduzirem sua demanda em 20% para fazer frente a uma das piores crises de suprimento de energia da história do Setor Elétrico Brasileiro. No entanto, de lá para cá, poucos mecanismos de resposta da demanda foram propostos ou implantados no arcabouço regulatório.

Em 2017, mais de 15 anos após o racionamento, foi criado o Programa Piloto de Resposta da Demanda para que fosse avaliada a inserção desse serviço por “clientes despacháveis” no SEB. Mais tarde, no ano de 2021, em um cenário de escassez hídrica, um novo mecanismo de resposta da demanda foi criado, denominado Redução Voluntária da Demanda. Com base no sucesso desse programa, em agosto de 2022, a ANEEL instituiu nova regulamentação estrutural sobre o tema a partir de produtos de resposta da demanda.

A Tabela 1 resume a categorização dos mecanismos estudados entre os diferentes mercados envolvidos no suprimento de eletricidade.

Tabela 1 – Categorização dos mecanismos de resposta da demanda estudados.

País	Capacidade	Energia	Serviços Ancilares
Estados Unidos	<i>Demand Response Auction Mechanism</i>	Resposta econômica e produtos energia	-
	Resposta emergencial e produtos de capacidade		
	Emergency Load Reduction Program		
França	Mercado de capacidade	Mercado de energia (NEABEF)	Mecanismo de balanceamento
	Programa de cargas interruptíveis		
Reino Unido	Leilões de capacidade	-	<i>Frequency Response Services</i>
			<i>Short Term Operating Reserves</i>
Austrália	Mercado de curto prazo (RERT)	Mercado por atacado (WDR)	-
Brasil	-	Programa Piloto	-
		Redução Voluntária da Demanda	

As experiências do CAISO e do PJM com mecanismos de resposta da demanda atualmente estão entre as mais completas e concretas dentre os mercados elétricos do mundo. A partir do detalhamento destes mecanismos, vale ressaltar alguns pontos vitais para que estes fossem implantados e que podem servir como lições para o contexto brasileiro:

- O apoio das políticas energéticas e da regulamentação na implantação e desenho dos mecanismos de resposta da demanda;
- O próprio desenho dos mercados elétricos dos Estados Unidos, que facilita a percepção de sinais econômicos necessários para viabilizar a adesão de consumidores aos mecanismos de resposta da demanda;
- Os produtos ofertados contam com parâmetros de essencial definição, como a metodologia de determinação da Linha Base de Consumo e a exigência dos mecanismos de aferição e de auditoria sobre os consumidores participantes dos mecanismos.

Do ponto de vista da indústria, ressalta-se que, no caso do PJM, o setor de manufaturados é o usuário final de energia elétrica mais engajado em participar das operações de resposta da demanda. Este resultado é um indicativo de que o setor industrial poderia ser o principal foco na estruturação de um programa de resposta da demanda nacional. A intervenção na produção tem sido o principal meio utilizado pelas indústrias estudadas para reduzir o consumo, apesar de inicial complexidade. A análise dos estudos de caso também indica que a principal motivação para as indústrias participarem dos programas de resposta da demanda esteve ligada a questões sustentáveis e busca por receita financeira adicional.

Já na Europa, a França é um dos países que mais avançou na inclusão de resposta da demanda, sendo, em verdade, o primeiro país europeu a permitir sua participação em todos os mercados. Nesse sentido, a experiência francesa tem sido bem-sucedida e seus avanços vêm sendo reconhecidos, sobretudo quanto a monetização dos fluxos de valor possíveis à resposta da demanda.

Dos itens que podem servir para o caso brasileiro, há destaque para dois pontos: a grande diversidade de opções de engajamento para a resposta da demanda, e a metodologia de construção da linha de base. Do ponto de vista da indústria, observa-se que os mecanismos em operação na França têm funcionado próximo do esperado, conforme dados de 2019.

Enquanto isso, o Reino Unido é um dos países europeus que mais busca, ativamente, a adequação de seus mercados e marcos regulatórios para atender às novas necessidades de sua matriz, fazendo-se valer dos recursos disponíveis, incluindo a resposta da demanda. Para o Brasil, dois aspectos relevantes da experiência do Reino Unido merecem ser destacados: o nível de sofisticação (e complexidade) dos produtos no mecanismo de balanceamento, e os testes realizados previamente para atestar a capacidade de provisão de resposta da demanda.

Do ponto de vista da indústria, a análise do mercado do Reino Unido indicou que, atualmente, grande parte da flexibilidade pelo lado da demanda disponível é proveniente do setor industrial. Isto é um indicativo de quanto tal setor deve ser foco de um programa de resposta da demanda em outros países, inclusive no Brasil. Este estudo também culminou em *insights* quanto a percepção dos consumidores comerciais e industriais frente às operações que seriam mais flexíveis para prover a resposta da demanda.

Finalmente, na Austrália, o estudo sobre os aspectos da resposta da demanda indicou que o setor industrial é o segundo com maior potencial de resposta da demanda no país. Já em medidas para aplicação da redução da demanda, as ações se dividem em redução da carga, ou seja, interferência no processo produtivo, e utilização de um gerador externo. A análise de barreiras da pesquisa destacou três pontos: falta de oportunidade no mercado ou retorno financeiro não atrativo, custos associados à implementação de novas tecnologias e volatilidade do preço da eletricidade. Entende-se que esses pontos também poderiam ser avaliados na realidade brasileira e serem tomados como base para estruturação de um programa de conscientização.

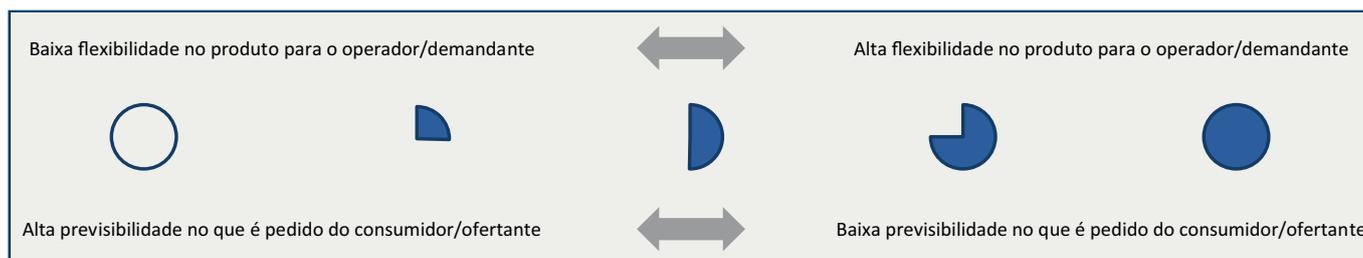
De forma geral, a análise de experiência internacionais apresentou importantes aprendizados para o contexto de desenvolvimento de um novo mecanismo de resposta da demanda no Brasil. Estes aprendizados podem ser resumidos nos seguintes pontos:

- As políticas energéticas vigentes e o arcabouço regulatório devem ser coerentes com o incentivo a mecanismos de resposta da demanda, fornecendo segurança jurídica e adequado ambiente de negociação para os consumidores;
- Mecanismos de resposta da demanda que permitam a participação de agregadores de carga, em geral, facilitam a adesão de consumidores de médio e pequeno porte;
- Alguns elementos de desenho dos mecanismos de resposta da demanda são especialmente importantes para sua adequabilidade, como a linha de base, especificações do produto e mecanismos de medição e verificação de performance;
- Mercados de energia modernos e liberalizados privilegiam a participação da demanda nos mercados de energia por proverem sinais econômicos adequados;
- Boa parte da participação da demanda se concentra nos mercados de capacidade, onde a demanda encontra mecanismos menos complexos, mais previsíveis e que independem, muitas vezes, das flutuações dos preços de energia.

Assim, para capturar toda a variedade de diferentes mecanismos de resposta da demanda aplicados nos diferentes países, foi desenvolvida uma proposta de taxonomia “padronizada”. Essa metodologia se organiza ao redor de oito principais dimensões de análise, ou elementos de desenho para o produto de resposta da demanda, e se caracteriza como uma escala de flexibilidade para o operador (que estabelece a demanda por uma ação de resposta) e para o consumidor (que oferta esse produto), conforme Tabela 2.

De posse das experiências internacionais e análises quanto aos parâmetros necessários para a caracterização de um mecanismo de resposta da demanda, foram propostos produtos de resposta da demanda que servirão como base para a avaliação do potencial da indústria Brasileira em participar de eventuais programas. Assim, o objetivo foi identificar alguns produtos “canônicos” mais adaptados ao contexto brasileiro considerando a taxonomia desenvolvida e os principais parâmetros identificados.

Tabela 2 – Classificação de parâmetros quanto ao nível de flexibilidade operativa



Com este intuito, foram desenhadas as seguintes categorias de produtos relevantes para um programa de resposta da demanda adequado às necessidades do sistema brasileiro:

- **Produto de curto prazo:** O primeiro conjunto se relaciona a produtos de resposta da demanda com característica de curto prazo, muito flexível em termos de disponibilidade e acionamento (**produto flexível**).
- **Produtos de longo prazo:** Entre os produtos de resposta da demanda com característica de mais longo prazo (representando um compromisso com o qual o operador poderia ser capaz de contar), torna-se importante estabelecer alguns limites às características do acionamento da resposta da demanda – pelo qual realizou-se uma subdivisão adicional em duas classes de produto:
 - » Um com características mais voltadas ao acionamento na ponta (**produto ponta**); e
 - » Outro com características mais voltadas ao acionamento em períodos mais longos, em situações de hidrologia mais crítica, por exemplo, reduzindo ou substituindo acionamento térmico (**produto energia ou média**).

De maneira geral, é seguro afirmar que o potencial de prestação do serviço de resposta da demanda está ligado ao nível de flexibilidade da operação de determinada indústria e os custos relacionados a esta flexibilização. Essas análises levaram em consideração pesquisas bibliográficas e entrevistas com diversas indústrias do país, de modo que foi possível identificar os tipos de uso final de energia maiores consumidores de eletricidade

para cada um dos segmentos sob análise, sendo eles: aço, alumínio, alimentos e bebidas, cloro, cimento, *data centers*, saneamento e papel. Uma das importantes conclusões nessa etapa está relacionada aos tipos de flexibilidade mapeados, os quais se resumem em interrupção da produção, deslocamento temporal da produção, inércia térmica e geração própria de eletricidade.

Em relação às entrevistas realizadas com as empresas dos segmentos, foi possível avaliar informações sobre medidas gerais de gestão de energia e o interesse geral delas em resposta da demanda, além da obtenção de informações sobre custos e remuneração e como cada indústria se adequaria aos produtos de resposta da demanda propostos. Assim, pode-se afirmar que as principais conclusões das entrevistas são que: as indústrias têm interesse em participar em programas de resposta da demanda, mas não como uma ação estratégica da empresa, estando muito vinculado ao custo-benefício da operação de resposta da demanda em si.

De modo geral, para entregar a resposta da demanda, as empresas buscam medidas de deslocamento temporal da produção ou uso da geração própria, e a possibilidade de perda de produção não é considerada. Neste sentido, as indústrias são mais propensas a entregar o produto demanda média do que o produto demanda ponta.

Assim, a partir da definição dos produtos e da avaliação da flexibilidade dos processos produtivos dos segmentos industriais, esse trabalho buscou estimar o potencial de resposta da demanda industrial brasileiro por meio da compatibilização da disponibilidade de dados, do nível de detalhamento e da capacidade de contemplar as diferentes características das rotas de resposta da demanda. Apesar de haver muitos desafios metodológicos, foi possível

quantificar as limitações de **aceitabilidade** dos segmentos industriais sob análise.

A aceitabilidade refere-se a um multiplicador que representa a razoabilidade geral de um determinado segmento industrial se engajar em programas de resposta da demanda. Ou seja, a avaliação da aceitabilidade busca mapear o quão propensos os segmentos industriais estão em relação a aspectos que podem influenciar o interesse em mecanismos de resposta da demanda.

A análise de limitações de aceitabilidade proposta neste trabalho consiste em avaliar o interesse dos segmentos industriais, empregando-se todos os resultados apresentados até o momento, como: as análises de estudo de caso internacionais, as informações gerais sobre a caracterização de cada segmento, as especificidades dos processos produtivos e como ocorre o uso da energia

elétrica, além das informações cruciais obtidas durante as entrevistas com as empresas.

Nesse sentido, a Tabela 3 apresenta o resultado do cálculo do multiplicador de aceitabilidade para cada segmento industrial em função da metodologia proposta.

Considerando o exposto, a partir da avaliação quanto aos custos de provisão de serviços de resposta da demanda do ponto de vista do consumo, a disposição do sistema a pagar por esses serviços pôde ser explorada. Para tanto, foi desenvolvida uma metodologia que envolve a modelagem dos produtos de resposta da demanda e uma bateria de simulações prospectivas da operação do sistema. O objetivo é estudar o comportamento do sistema ao acionamento dos recursos de resposta da demanda para diferentes cenários de disponibilidade destes recursos, bem como observar como os preços seriam afetados.

Tabela 3 – Multiplicador de aceitabilidade para cada subsegmento sob análise.

Segmento (Macro)	Segmento (subdivisão)	Aceitabilidade
Cimento	Cimento	56%
Aço	Aço – Integrado	50%
Papel	Papel	44%
Alimentos e Bebidas	Alimentos – Refrigerados	50%
Alumínio	Alumínio – Transformação	44%
Alimentos e Bebidas	Alimentos – Não refrigerados	38%
Cloro	Cloro	38%
Aço	Aço – Semi-integrado	25%
Alumínio	Alumínio – Primário	19%
Datacenters	Datacenters	19%
Saneamento	Abastecimento de água	6%

A metodologia para a realização das simulações considera o nível de flexibilização da carga, que podem variar entre 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5% e 15%, e o tipo de recurso de resposta da demanda, que são os três produtos previamente propostos. Esses valores são gradativamente alterados, em que quanto maior o número de discretizações, melhor a representação do benefício da resposta da demanda. No entanto, estas curvas, em geral, tendem a convergir para valores muito baixos à medida que se aumenta a flexibilidade da demanda como recurso da operação, e o benefício marginal passa a ser nulo.

Além da construção dessas curvas, em que são considerados os produtos de forma individualizada, este estudo também propôs a análise do comportamento do sistema quando mais de um produto de resposta da demanda compete pelo mercado. As simulações, nesse

caso, consideram a combinação dos produtos de longo prazo e uma penetração de resposta da demanda de 0.5%, 1% e 1.5% da demanda total do sistema. Nesta segunda análise, para cada caso (nível de flexibilidade da carga) foi possível entender a preferência do consumidor por um ou outro produto a partir da comparação da disposição a pagar por estes produtos.

Para uma estimativa mais assertiva da disposição do sistema a pagar por esses recursos no futuro, o sistema brasileiro foi representado em uma base de dados que serviu como insumo para os modelos computacionais simularem sua operação prospectiva. Para efeitos dessa análise, o ano escolhido para realização das simulações foi 2030 e a necessidade de expansão para além da já contratada e prevista foi descartada, reduzindo a incerteza dos dados encontrados.

Para a construção da base de dados da oferta, ou seja, do parque de geração do futuro, foram levadas em consideração as informações do Plano Mensal de Operação (PMO), além de outras premissas e características específicas de cada uma das fontes mais relevantes para o sistema (renováveis – centralizadas ou distribuídas –, hídricas e térmicas). Já a projeção da demanda é a mesma do Plano Decenal de Energia 2031, que depende principalmente do crescimento econômico e do surgimento ou desenvolvimento de novas tecnologias. Cabe mencionar que, devido as simulações realizadas possuem

granularidade horária, foi necessário segregar os valores de demanda fornecidos pelo PDE em um perfil de consumo horário.

Assim, a partir da realização do estudo de caso, em que foi simulado prospectivamente a operação do sistema brasileiro, foi possível construir as curvas de benefício marginal da resposta da demanda para o sistema de acordo com os atendimentos aos diferentes produtos analisados. Os resultados encontrados estão representados pelo gráfico da Figura 2.

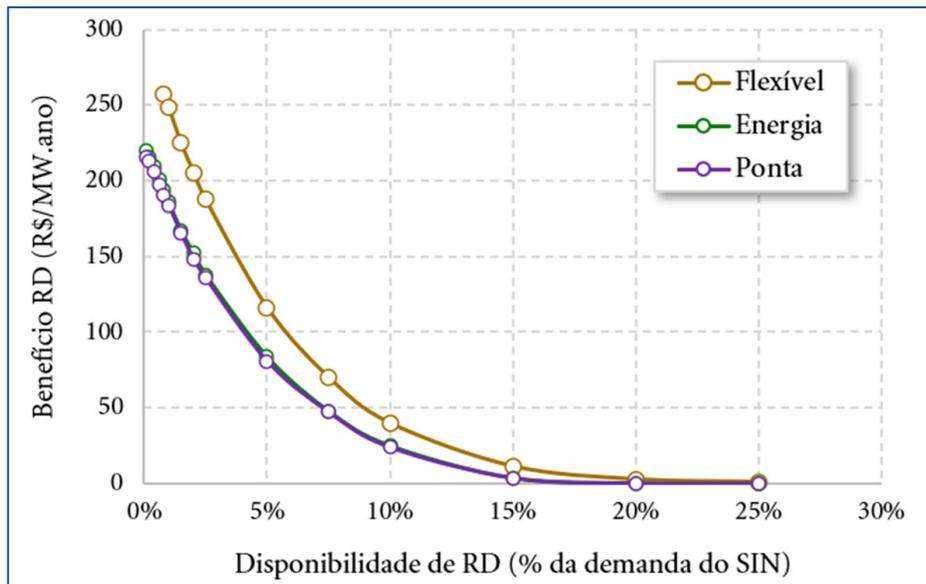


Figura 2 – Benefício marginal para o sistema dos três produtos propostos.

Os resultados apontaram para o benefício decrescente em relação ao nível de flexibilização da demanda, o que indica que, a partir de um certo limite, o aumento de flexibilização não enseja em aumento de acionamento do recurso. Este limite para o produto de curto prazo foi próximo aos 20 GW, enquanto para os produtos de longo prazo foram próximo de 15 GW.

Este fato, junto à constatação de que a curva para o produto de curto prazo apresenta benefício superior aos dos demais produtos para um mesmo nível de flexibilização da demanda, leva à conclusão de que este produto é mais valioso para o sistema. Isso já era esperado dado que o produto de curto prazo é relevantemente mais flexível que os demais, impondo menos restrições para seu uso ao operador. No entanto, a adesão a este é menos factível dada a estrutura do mercado de energia brasileiro que não permite que agentes possam se beneficiar de preços de energia superiores ao PLD teto do sistema.

Já os resultados para os produtos de longo prazo mostram uma tendência de maior despacho para atendimento à ponta de demanda líquida nos meses iniciais do ano, o que mostra uma maior adesão dos produtos para atendimento

de ponta. Ainda, os resultados apresentados indicam que o melhor produto do ponto de vista do sistema seria aquele com características entre os produtos “canônicos” apresentados.

Quanto à economia total, comparando estes casos ao caso base, estas atingiram os valores de 230 MR\$, para o caso com inserção de até 20 GW do produto de Demanda de Ponta, e 208 MR\$ para o caso com inserção de até 20 GW do produto de Demanda Média. Estes valores refletem o potencial ganho do sistema com a oferta dos recursos de resposta da demanda, considerando os custos de despacho, mas desconsiderando os custos (preços) de disponibilização.

Ao analisar este benefício juntamente aos níveis de aceitabilidade para cada subsegmento (que nos fornece um indicativo deste preço de disponibilização), foi possível quantificar o potencial de resposta da demanda da indústria. Para análise deste potencial, foram consideradas rotas (maneiras) pelas quais agentes industriais poderiam ofertar o serviço de resposta pela demanda. Estas rotas são a “rota geração própria” e a “rota redução/deslocamento do consumo”.

Dessa forma, foi possível estimar o potencial total para os dois produtos de resposta da demanda considerados a partir de uma curva de oferta que mostra a disposição da indústria a oferecer cada produto para cada nível de preço, assim como foi feito com a curva de demanda. Essa metodologia originou um ponto de cruzamento entre as

curvas de oferta e demanda, que equivale à estimativa final para o potencial de resposta da demanda. A Figura 3 mostra a curva de demanda (curva de benefício da resposta da demanda para o sistema), em laranja, e as curvas de oferta, em azul, para os dois produtos.

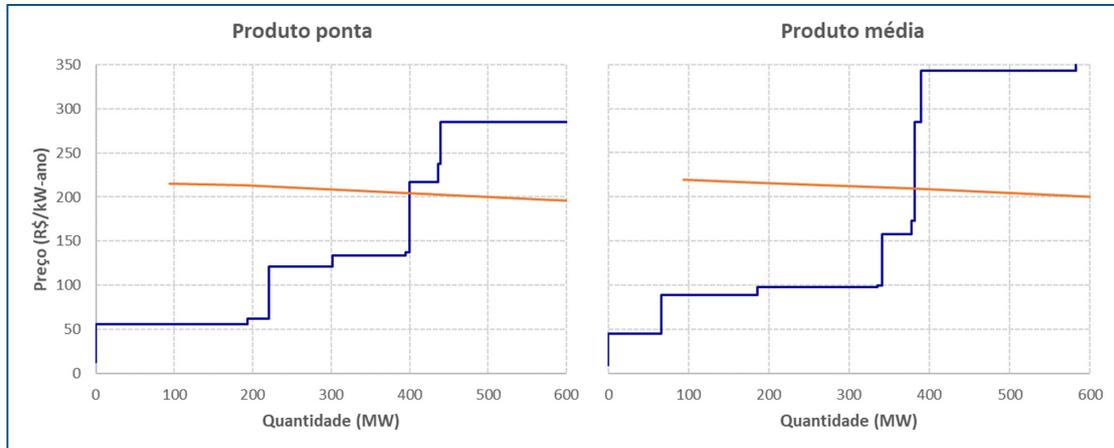


Figura 3 - Curvas de oferta e demanda para os produtos de RD sem considerar a rota de geração própria.

O cruzamento da oferta com a demanda ocorre, para o produto demanda de ponta, a um preço de 204.82 R\$/kW-ano e quantidade de 400 MW. Para o produto demanda média, o preço é de 209.02 R\$/kW-ano e quantidade de 382 MW.

Entretanto, ao considerar a possibilidade de oferta dos produtos de resposta da demanda com a “rota geração própria”, é possível analisar redução significativa dos níveis de preços. Isso ocorre, pois, a geração própria fornece à indústria uma alternativa mais barata para ofertar os produtos de resposta da demanda (na faixa de 130.8 R\$/kW-ano a 321.61 R\$/kW-ano para o produto ponta, e de

809.72 R\$/kW-ano a 1606.19 R\$/kW-ano para o produto demanda média).

Contudo, cabe observar que, para o produto demanda média, o efeito da autogeração na curva de oferta é menor, dado os custos maiores para esse produto, em relação ao produto ponta, o que desloca menos patamares da curva de oferta. Dessa maneira, o cruzamento da curva de demanda com a curva de oferta do produto média se dá ao mesmo preço e quantidade que no caso que não considerava o uso de geração própria. A nova curva para o produto demanda ponta, decorrente dessa análise, pode ser observada na Figura 4.

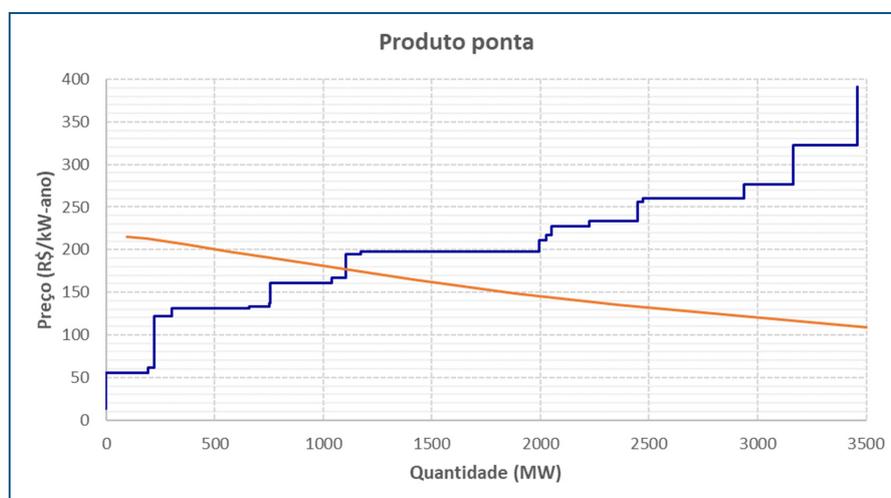


Figura 4 - Curvas de oferta e demanda para o produto demanda ponta considerando a rota de geração própria.

De forma geral, para a realização das análises de disposição das indústrias a ofertarem os produtos de resposta da demanda propostos, foram analisadas quatro rotas: geração própria existente, nova geração própria, redução/deslocamento de consumo sem perda de produção e redução/perda de consumo com perda de produção. Além de dois produtos de resposta de demanda, a saber, demanda média e demanda ponta, sob dois cenários: considerando a possibilidade de geração própria ou não. As quantidades e preços para os dois produtos, segundo cenário, são mostradas na Tabela 4.

Considerando, então, que o benefício líquido do sistema seria aquele obtido através da área delimitada pelo eixo Y e as duas curvas nos gráficos da figuras 3, 4 e 5, chegamos aos seguintes resultados finais:

- Benefício produto ponta, sem permitir geração própria: 48.32 milhões R\$/ano;
- Benefício produto ponta, permitindo geração própria: 75.36 milhões R\$/ano;
- Benefício produto média (igual se permitir geração própria ou não): 45 milhão R\$/ano.

Tabela 4 – Quantidades e preços para os produtos demanda ponta e média.

Produto	Quantidade (MW)	Preço (R\$/kW-ano)
Ponta sem geração própria	400	204.82
Média sem geração própria	382	209.02
Ponta com geração própria	1104	177.15
Média com geração própria	382	209.02

Por fim, considerando todos os pontos suscitados nas análises e discussões sobre o potencial técnico, econômico e de mercado da resposta da demanda no Sistema Elétrico Brasileiro, foram identificadas as principais barreiras para a adoção de mecanismos de resposta da demanda, juntamente às possíveis soluções capazes de mitigá-las tanto de um ponto de vista regulatório quanto operacional.

Essa análise foi realizada de duas formas: a partir dos resultados das entrevistas com os representantes das indústrias e a partir do mapeamento de barreiras levando em consideração todos os estudos realizados neste projeto, desde o Caderno 1 ao Caderno 5. A Tabela 5 apresenta um resumo estratégico dos principais pontos encontrados.

Tabela 5 – Principais barreiras e oportunidades de resposta da demanda.

Barreiras	Oportunidades
Baixa flexibilidade dos processos e equipamentos	Redução do despacho térmico e possivelmente de emissões
Dificuldade de planejamento para atender às regras do programa	Maior isonomia entre geração e consumo, como a participação no mercado de curto prazo e em mecanismos de contratação
Possibilidade de parada de produção	Maior competição e formas inovadoras de atender aos requisitos
Inviabilidade de aumento de produção para compensar períodos de resposta da demanda	Redução da conta de energia, favorecendo a criação de mecanismos que otimizem o gasto energético
Percepção de risco ao negociar um montante futuro de resposta da demanda	Auferimento de novas receitas em momentos que o preço de energia está muito elevado
Falta de clareza da atratividade econômica devido à volatilidade de preços	Novas tecnologias de automação com sinergias de benefícios para o sistema e para o processo produtivo

A partir das entrevistas com industriais também foi possível constatar que as indústrias possuem interesse mediano a muito alto sobre o tema, o que aponta que o interesse na participação de um programa de resposta da demanda não constitui uma barreira. Além disso, no que tange a magnitude de investimentos, verificou-se que os investimentos necessários para a participação de um programa de resposta da demanda seriam médios ou baixos, indicando que essa questão também não se caracterizaria como uma barreira de entrada.

Durante a análise, apesar de haver necessidade de considerar as especificidades de cada segmento industrial para a promoção da resposta da demanda, foi possível concluir que quanto maior a inflexibilidade do produto, mais difícil é atendê-lo, como o aviso de acionamento curto e o tempo contratual. Nesse sentido, um programa de resposta da demanda com mais de um tipo de produto, com características distintas, poderia auxiliar na mitigação de barreiras à difusão de um programa de resposta da demanda no Brasil.

