

The impact of COVID-19 on the Brazilian Power Sector: Operational, Commercial and Regulatory Aspects

Gonçalves, C. P.; Ramos, D. S.; Rosa, P. S.; Balan, M. H.; Bezerra, B.V.; Cavaliere, M.; Mello, R. F

Abstract— The Coronavirus outbreak has imposed different levels of stay-at-home orders worldwide to help contain the disease spread, thus promoting severe impacts over the global economy. The World Bank expects 90% of the world economy to go into recession, being this the most severe global economic crisis since the second world war. Consequently, electricity consumption has fallen sharply in many countries, so as in Brazil, what provoked critical effects over many electricity sector stakeholders. In this context, this article discusses the main consequences of COVID-19's outbreak over the Brazilian electricity sector and some measures taken by the government and the regulator to address such issues. Further, this work proposes a long-term electricity demand forecast methodology, taking into consideration bottom-up technics for general demand growth and top-down technics for the expansion of distributed generation in Brazil. The model uses as input economic forecasts from the World Bank, the International Monetary Fund and Brazilian market consolidated expectations disclosed by the Brazilian Central Bank. The model proves to be useful to long-term demand forecast by producing results adherent to official forecasts published by Brazilian governmental institutions.

Index Terms—Demand Forecasting, Electricity Sector Regulation, Power Demand

I. INTRODUÇÃO

OS impactos da COVID-19 ao redor do mundo variaram muito em função do momento em que as nações foram afetadas, bem como das durações e intensidades das medidas de distanciamento social adotadas. Com relação ao setor elétrico, pode-se observar que os diferentes desenhos de mercado existentes afetaram a forma de endereçar a redução do consumo de energia elétrica e seus consequentes desdobramentos sobre a cadeia de valor das empresas que operam nessa indústria.

Diversos países, assim como o Brasil através da Resolução Normativa nº878 de 24 de março de 2020, optaram por não permitir o corte de energia elétrica e de outros serviços de utilidade pública durante o estado de emergência, independente de atrasos ou de não pagamento das contas. Tal medida buscou manter as condições humanas e sanitárias nas residências durante a vigência das medidas de distanciamento social, uma vez que outras consequências da pandemia foram o aumento do desemprego e a redução da renda familiar.

¹C. P. Gonçalves, D. S. Ramos, P. S. Rosa and M. H. Balan are with Department of Electrical Engineering, University of São Paulo, São Paulo, Brazil and MRTS Consultoria em Engenharia; B. V. Bezerra and M. Cavaliere are with PSR and R. F. Mello is with CTG Brasil (e-mails: clarissa.petrachini@gmail.com; dorelram@usp.br; mateus.balan@gmail.com; pedro.souza.rosa@gmail.com; bernardo@psr-inc.com; mateus@psr-inc.com; rodrigo.mello@ctgbr.com.br)

Neste contexto, este trabalho buscou capturar como a evolução da pandemia em escala global afetou a economia brasileira, e quais foram os principais desdobramentos sobre o Setor Elétrico Brasileiro (SEB), em especial sobre o consumo no curto prazo e os rebatimentos para médio / longo prazos, levando em consideração aspectos operacionais, financeiros e regulatórios.

Nesse contexto, ressalta-se que, dentre todos os desdobramentos da pandemia, a consequência mais clara e direta das medidas de isolamento social adotadas no Brasil sobre o SEB foi a redução do consumo de energia elétrica. Por esse razão, esse trabalho se propõe a apresentar uma metodologia de projeção de demanda de energia elétrica, assim como sensibilizar cenários de demanda futura no país, tendo por base a análise prévia contextual e cenários de PIB projetados pelo Banco Mundial (BM), Fundo Monetário Internacional e os dados consolidados do Sistema de Expectativas do Banco Central (SBC).

Na seção II discute-se, em linhas gerais, como se deu o avanço da pandemia do Coronavírus ao redor do mundo e os seus desdobramentos sobre a economia em escala global e nacional, principalmente, como resultado das medidas de isolamento social adotadas.

A seção III foca nos impactos da pandemia sobre o SEB, aprofundando a análise sob o ponto de vista da operação, investimentos e os principais desdobramentos sobre os segmentos de geração, comercialização, distribuição e transmissão. Nesta seção também são sumarizadas algumas medidas regulatórias adotadas em âmbito nacional como forma de minimizar os impactos da pandemia.

Na seção IV propõe-se então um modelo de projeção de demanda que leva em consideração expectativas futuras de Produto Interno Bruto (PIB), crescimento populacional e expansão da Micro e Mini Geração Distribuídas (MMGD).

Conforme [1], existem dois tipos de modelos de projeção energética-econômica, os do tipo *top-down*, que se baseiam em princípios e técnicas de modelagem macroeconômica e modelos do tipo *bottom-up*, que se baseiam em desagregação e inclusão de uma infinidade de parâmetros técnicos. A aplicação apresentada nesta seção combina a metodologia *top-down*, considerando as variáveis disponíveis para as análises, com possibilidade de sensibilidades de eficiência energética provenientes de modelos *bottom-up*.

A modelagem de projeção de demanda de energia elétrica para as classes de consumo residencial, comercial, industrial e outras, utilizada neste trabalho, toma por base a metodologia utilizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em [2].

Em resumo, o modelo considera expectativas futuras de PIB e o crescimento populacional. Além disso, o modelo utilizado prevê o tratamento de séries temporais pela decomposição de seus principais componentes, como a sazonalidade, tendência e erros.

Além do consumo tradicional de eletricidade, a consideração da expansão de MMGD de forma adequada é essencial em virtude da forte expansão que a fonte solar, altamente qualificada para MMGD, vem apresentando nos últimos anos. Em 2019, a MMGD atingiu a marca de 1GW instalados no país [3]. Portanto, apresenta-se também uma metodologia para projeção da expansão da geração distribuída na próxima década, a qual será conjugada com a projeção de consumo de eletricidade tradicional.

No contexto de tecnologias disruptivas, como é a MMGD, e sua difusão no mercado, a principal referência na literatura é a Teoria da Difusão de Inovações (TDI), publicada em [4]. Segundo a teoria, o processo de difusão de uma nova tecnologia pode ser graficamente representado por uma curva com o formato de um “S”. Inicialmente, apenas uma pequena parcela da população (chamada de inovadores) adota a nova tecnologia.

A partir do momento em que os *upsides* dessa nova tecnologia começam a ser visíveis, um segundo grupo, geralmente composto por formadores de opinião, passa adotar essa nova tecnologia. Nesse momento, há um crescimento exponencial até o ponto em que a curva começa a saturar dado que toda a população já conhece a tecnologia e torna-se mais difícil influenciar um novo indivíduo.

Num contexto geral, tanto com relação ao consumo tradicional e ao consumo incorporando o efeito da MMGD, a metodologia utilizada aqui difere da metodologia aplicada atualmente pela EPE, no sentido que faz a utilização de dados de fácil acesso e concisos.

Na seção V estão dispostas as considerações finais sobre o trabalho aqui apresentado. De uma maneira geral, o modelo metodológico aqui proposto para projeção de demanda de eletricidade no longo-prazo se mostrou aderente às projeções oficiais mais recentes. Dessa forma, o modelo se mostra como uma importante ferramenta dinâmica para a utilização dos agentes do SEB, frente às incertezas de mercado e volatilidade das informações.

II. EVOLUÇÃO DA PANDEMIA E SEUS IMPACTOS SOBRE A ECONOMIA GLOBAL E NACIONAL

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS) divulgados em [5], em 11 de março, após visitas de delegações técnicas internacionais à China e discussões em fóruns específicos, a COVID-19 foi declarada como pandemia.

O primeiro isolamento social se iniciou na cidade de Wuhan, a qual contém cerca 11 milhões de habitantes, em 23 de janeiro de 2020 [6]. Após Wuhan, medidas de distanciamento passaram a ser adotadas em diversas regiões do globo, conforme o agravamento dos quadros de disseminação do Coronavírus, sendo estas mais ou menos restritivas, a depender do país. No Brasil, o Ministério da Saúde publicou a Portaria nº454 recomendando o isolamento social em 20 de março de 2020.

Conforme as perspectivas apresentadas pelo BM [7], os impactos da COVID-19 sobre a economia foram de enorme

magnitude, sendo esperada uma contração de 5,2% na economia global em 2020, o que seria a maior recessão vista nas últimas oito décadas, sendo esperada recessão para 90% das economias do mundo. Ou seja, a recessão experimentada em 2020 deve ser a mais severa desde a Segunda Guerra Mundial e quase três vezes mais profunda que a crise de 2008/09. Para o ano de 2021, a instituição já prevê um crescimento de 4,2% na economia global.

O FMI estima que a retomada mais lenta do que o esperado das economias leve o mundo a perder um total de US\$12,5 trilhões [8]. Conforme as expectativas da instituição, a economia global deve contrair 4,9% em 2020 e recuperar em 5,4% em 2021.

Para o Brasil, especificamente, o BM espera uma contração do PIB de 8% para 2020 e uma recuperação de 2,2% em 2021. Já o FMI tem uma expectativa mais negativa para 2020, sendo uma contração da economia brasileira de 9,1% e uma recuperação mais forte em 2021, de 3,6%. Ainda, conforme dados históricos do SEBC, que conjugam as expectativas das instituições do mercado brasileiro, é esperado, na média, que a economia contraia cerca de 6% em 2020 com uma retomada de cerca de 3,4% em 2021. Vale destacar que tais expectativas são atualizadas em todos os dias úteis.

No Brasil, fortes impactos já puderam ser observados sobre a economia nos resultados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Conforme [9], no segundo trimestre, período de maior impacto do isolamento social sobre a economia nacional, o PIB contraiu 9,7% com relação ao trimestre anterior. No acumulado do primeiro semestre, o PIB brasileiro caiu 5,9%, com relação ao mesmo período de 2019, estando o PIB no mesmo patamar de 2009.

Vale também destacar que os impactos observados da COVID-19 sobre as economias já foram minimizados, na maioria dos casos por pacotes macroeconômicos de larga escala providos por governos com o intuito de promover uma estabilização econômica das nações.

Conforme dados do FMI [10], nos Estados Unidos, por exemplo, o maior dos quatro pacotes já criados para endereçar os efeitos da pandemia, o *Coronavirus Aid, Relief and Economy Security Act* (“CARES Act”), é equivalente a 11% do PIB. No Brasil, o mesmo estudo aponta que as medidas fiscais anunciadas já chegaram a 12% do PIB, o que inclui, por exemplo, o auxílio emergencial temporário à população mais carente. No caso da União Europeia, o pacote *Next Generation EU* de estímulos é o maior já aprovado no bloco, totalizando €1,8 trilhões.

III. IMPACTOS SOBRE O SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

Nas seções a seguir são discutidos os principais impactos da COVID-19 sobre o SEB, aprofundando a análise sob o ponto de vista da operação, investimentos e os principais desdobramentos sobre os segmentos de geração, comercialização, distribuição e transmissão. Na seção também são apresentadas algumas medidas regulatórias adotadas em âmbito nacional como forma de minimizar os impactos da pandemia.

A. Operação e Preços

No Brasil, nos meses de abril, maio e junho observou-se forte redução da demanda de energia elétrica, meses esses em que as medidas de isolamento social foram mais intensas e coexistiram na maioria dos estados do país.

Na Fig.1., se observa que a retomada do consumo de eletricidade não esteve associada a uma forte redução do registro de novos casos da doença. Por exemplo, nos meses de agosto e setembro, quando o consumo já se assemelhava aos níveis de 2019, ainda eram registrados no Brasil algo entre 150 e 200 novos casos por milhão de habitantes.

Em alguns países da Europa e da Ásia, por exemplo, o relaxamento das medidas de isolamento, e consequente retomada do consumo de eletricidade, se deu a partir de uma redução considerável do número de novos casos e de mortes, conforme se vê na comparação temporal dos dados disponíveis em [5] e [11].

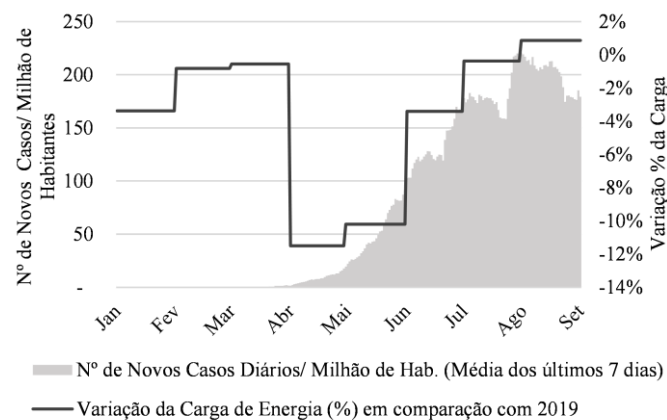


Fig. 1. Evolução do consumo de energia elétrica e do número de novos casos da COVID-19 reportados, no Brasil, em 2020.

Conforme apontado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS) em [12], em razão da redução da carga por conta da COVID-19, o sistema está sobrotoimizado, operando com 70% de geração compulsória, o que faz com que o operador tenha pouca margem para efetivamente ‘otimizar’ a operação.

A combinação da redução do consumo de eletricidade, associado às condições hidrológicas positivas no início do ano, tiveram impacto direto sobre Custos Marginais de Operação (CMO) de energia elétrica no SEB, que apresentaram importante queda, conforme mostra a Fig. 2.

Como consequência da redução drástica do consumo, a EPE, o ONS e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) revisitaram as projeções oficiais de carga de forma extraordinária. Como resultado, houve uma redução de cerca de 5GW médios de consumo projetado entre os anos de 2020 e 2024, com relação às projeções pré-pandemia. Para tal, as instituições consideraram uma contração do PIB de 5% em 2020, aumento de 2,3% em 2021, aumento de 2,8% nos anos de 2022 e 2023 e aumento de 2,9% em 2024.

B. Investimentos

Mediante tantas incertezas sobre a velocidade de retomada da economia, em nível nacional e internacional, o governo tomou a decisão, logo no início da pandemia, em postergar os leilões regulados de geração e transmissão através da publicação, em 28 de março, da Portaria Ministerial nº134.

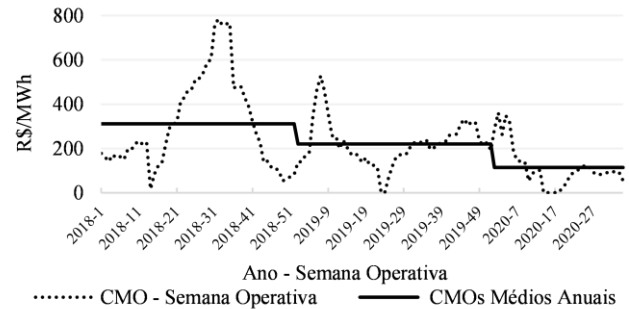


Fig. 2. Evolução do CMO da região Sudeste/Centro-oeste nas semanas operativas nos últimos três anos.

Vale destacar que os leilões regulados continuam sendo a principal forma de expansão da geração e transmissão, sendo que, conforme estudos divulgados pelo ONS em [13] referentes ao Balanço Estático de Energia (BE), nota-se que, em comparação com o estudo do ano anterior, houve um aumento de sobras contratuais no sistema de 40%, 49%, 66% e 65%, entre os anos de 2020 e 2023. O BE compara a oferta de energia prevista com a carga projetada, levando em consideração os certificados de Garantia Física (GF) das usinas hidrelétricas e termelétricas de grande porte, e a expectativa de geração de usinas não simuladas conforme previsto na Resolução Normativa nº 843 de 2019. As sobras contratuais são então definidas como a diferença entre a oferta prevista e a projeção de consumo de eletricidade.

O considerável aumento de sobras no sistema em razão do menor consumo projetado para os próximos anos no setor elétrico, reduz e/ou retarda as necessidades de expansão da geração e transmissão no curto, médio e longo prazos. Tal consequência fica clara nos estudos já disponibilizados referentes ao Plano Decenal de Expansão (PDE) para 2030 [14].

A redução das atividades de investimento em razão da COVID-19 pode ser observada também pela forte redução verificada na emissão de debêntures de infraestrutura incentivadas no ano de 2020, a qual é uma importante fonte de financiamento no SEB. Até o mês de julho deste ano, conforme [15], a quantidade de emissões de debêntures incentivadas de infraestrutura foi 82% menor que em todo o ano de 2019.

C. Geração, Comercialização, Distribuição e Transmissão

Como consequência da redução do consumo, parte da energia comercializada nos contratos de energia deixa de ser necessária para o consumidor. Isto leva à busca de renegociação dos termos contratuais por parte dos compradores, na tentativa de adequar os montantes contratados para valores próximos ou iguais aos que efetivamente serão consumidos.

Apesar da crise relacionada à pandemia, de uma maneira geral, percebeu-se a manutenção do respeito aos contratos no SEB, evitando-se a invocação de cláusulas como, de *caso fortuito ou força maior*, que tem por vistas suspender ou rescindir os contratos de compra [16]. O que se pôde perceber foi um importante movimento de renegociação contratual, principalmente entre consumidores e comercializadores livres, buscando adequar volumes contratuais às novas necessidades.

Nesse sentido, os agentes transmissores, que possuem contratos por disponibilidade, e os agentes geradores, que em

sua grande maioria possuem contratos de venda de longo-prazo, foram menos afetados, uma vez que o respeito aos contratos foi mantido.

No ambiente regulado das distribuidoras, a questão contratual é mais complexa. Vale lembrar que as concessionárias e permissionárias definem suas necessidades de contratação, para cobertura de 100% de seus requisitos e com antecedência de até 6 anos, possuindo, posteriormente, apenas mecanismos regulados para gestão de seus portfólios que, na atual crise, não tiveram alcance suficiente para lidar com as necessidades de redução contratual.

Portanto, com a redução do consumo de energia, as distribuidoras ficam expostas à sobrecontratação de energia e ao aumento da inadimplência em decorrência da redução do poder de consumo das famílias. Soma-se a isso, a vedação à suspensão do fornecimento de energia por inadimplência aos consumidores, o que complicou ainda mais a situação do caixa dessas empresas.

Nesse sentido, foram implementados, pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mecanismos para ampliar os limites de renegociação de contratos regulados através do Mecanismo de Venda de Excedentes (MVE), com a publicação do Despacho nº 936 de 13 de abril de 2020, além da autorização do processamento extraordinário de MVE e de Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficit de Energia Nova (MCSDEN), através da publicação do Despacho nº 1.661 de 9 de junho de 2020.

Outras medidas foram tomadas no Brasil para aliviar a questão de caixa das distribuidoras, como o repasse de recursos da conta de reserva para o pagamento de Encargo de Serviço de Sistema (ESS) e o repasse direto da União à Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) de R\$ 900 milhões.

Apesar de terem ajudado, a solução principal para a questão de caixa das distribuidoras, foi dada através da Conta-Covid. Basicamente, esta conta buscou captar crédito de forma centralizada para endereçar os desequilíbrios financeiros encontrados pelas distribuidoras no curto-prazo, promovendo maior liquidez e, aliviando o impacto tarifário sobre os consumidores, diluindo efeitos, que seriam percebidos em 12 meses, para um período de 60 meses.

A regulamentação da Conta-Covid foi aprovada na reunião da ANEEL do dia 23 de junho, através da Resolução Normativa nº 885 do mesmo dia. O valor do empréstimo máximo com o grupo de bancos provedores de crédito, liderado pelo Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), foi definido em R\$ 16,2 bilhões.

Por outro lado, a questão do reequilíbrio econômico-financeiro dos contratos de concessão de distribuição, não equacionada através da Conta-Covid, concentra, atualmente, as discussões entre empresas, associações e o governo.

IV. PERSPECTIVA DE DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA

A. Metodologia

A metodologia de projeção do consumo será realizada por classe, sendo estas: residencial, comercial, industrial e outros, tendo por base [2]. A classe outros é composta pela soma do consumo rural, do serviço público, e iluminação pública. Os dados históricos de consumo entre 1970 a 2018 utilizados tem como referência dados da EPE disponibilizados em [17].

A projeção de consumo da classe residencial tem como principais premissas o desenvolvimento econômico representado pelo crescimento do PIB e o crescimento do número de consumidores residenciais influenciado diretamente pela projeção da população. O consumo residencial mensal (CR), calculado em (1) é o produto do número de consumidores residenciais (NCR) e do consumo por consumidor (CPC).

$$CR_m = NCR_m \cdot CPC_m \quad (1)$$

A projeção do número de consumidores residenciais (NCR) é estimado em função do crescimento populacional, considerando o fator formado pela divisão entre o número atual de consumidores residências e a população (NCR/POP), tendo por base dados estatísticos do IBGE divulgados em [18]. Analisando a razão (NCR/POP) pode-se multiplicar numerador e o denominador pelo número de domicílios de modo que (i) a razão número de consumidores residenciais por domicílio é a taxa de atendimento (TA) e (ii) a população por número de domicílios é o número de habitantes por domicílio (HPD).

$$\frac{NCR}{POP} = \frac{NCR}{DOM} \cdot \frac{DOM}{POP} = TA \cdot HPD^{-1} \quad (2)$$

A taxa de atendimento tende a um limite de saturação superior e o número de habitantes por domicílio tende a um limite de saturação inferior a relação NCR/POP , que tenderá a um limite de saturação superior [2]. Utilizando os dados históricos de número de consumidores residenciais e da população é possível ajustar uma curva logística do tipo:

$$\frac{NCR}{POP} = U(t) = \frac{K}{1 + C e^{r(t-t_0)}} \quad (3)$$

Onde K, C e r ($r < 0$) são constantes a serem ajustadas conforme regressão. Uma vez ajustada a relação entre número de consumidores residenciais (domicílios) – NCR e a população – POP , projeta-se o NCR anual em relação ao crescimento da população anual conforme (4).

$$NCR_a = U(t) \cdot POP_a; t = a \cdot 12 \quad (4)$$

A adequação do modelo mensal para o anual se dá pelo mês de dezembro de cada ano, uma vez que tanto a população, quanto o número de consumidores residenciais, são acumulativos.

A elasticidade se descreve pela relação entre a variação do consumo por classe de consumo X per capita e a variação do PIB. Esta relação pode ser verificada nos setores residencial – $CRPC$, quanto comercial – $CCPC$, outros – $COPC$ e industrial – $CICP$. Adota-se aqui que a correlação entre as variáveis é uma hipérbole, sendo b_0 e b_1 variáveis a serem ajustadas. Uma vez ajustadas conforme regressão, pela minimização dos erros quadráticos, pode-se projetar o consumo por classe.

$$\Delta\%X = \left(b_0 + \frac{b_1}{\Delta\%PIB} \right) \cdot \Delta\%PIB \quad (5)$$

Passando agora para a projeção da MMGD e, dentro do contexto da TDI, foi utilizado o Modelo de Bass [19], conforme (6), para descrever matematicamente o processo de difusão, uma vez que essa formulação é uma das mais conhecidas e referenciadas na literatura. Em (6), $f(t)$ representa a probabilidade de adoção da inovação no tempo t , $F(t)$ representa a função distribuição acumulada do processo de adoção, p representa o coeficiente de inovação e q representa o coeficiente de imitação.

$$f(t) = (p + q \cdot F(t)) \cdot (1 - F(t)) \quad (6)$$

Para obter o número total de adotantes da nova tecnologia em um determinado tempo t , $N(t)$, basta multiplicar o mercado potencial final, m , pela função distribuição acumulada $F(t)$.

$$N(t) = m \cdot F(t) \quad (7)$$

Estimar o mercado potencial de uma nova tecnologia é uma tarefa que envolve não só projetar o alcance dessa tecnologia, mas também entender como cada indivíduo é sensibilizado a adotar esse novo produto. Estudos internacionais [20] e [21], mostram que a maioria dos consumidores se preocupa, antes de fazer o investimento, com o tempo que esse investimento levará para se pagar, isto é, os consumidores utilizam o tempo de *payback* simples, aquele que não considera o valor do dinheiro no tempo, para decidir se investem ou não na geração distribuída.

Assim, trabalhos como [22] e [23], buscaram determinar, empiricamente, a relação entre o tempo de *payback* e a decisão de investir. Nesse contexto, [24] apresenta uma função que representa as curvas obtidas empiricamente, e que será utilizada para determinar a inserção de MMGD no Brasil nesse trabalho. A fração máxima do mercado que adotará a MMGD fmm é uma função do fator β de sensibilidade do *payback* e tempo de *payback* – TPB , calculado em anos.

$$fmm = e^{-\beta \cdot TPB} \quad (7)$$

Por fim, para se obter o mercado potencial final, multiplica-se o mercado potencial inicial, mpi , pela fração máxima do mercado que adotará a MMGD, fmm .

$$m = fmm \cdot mpi \quad (8)$$

A segunda etapa do processo consiste em determinar a forma como a difusão da nova tecnologia se desenvolverá até atingir o mercado potencial m . Para isso, se propõe que seja utilizada a forma fechada do Modelo de Bass, conforme em [25] e [26]. Desta forma, a função distribuição acumulada de um potencial “adotante”, em realizar a adoção no tempo t , é dada por:

$$F(t) = \frac{1 - e^{-(p+q) \cdot t}}{1 + \frac{q}{p} e^{-(p+q) \cdot t}} \quad (9)$$

B. Resultados

Os resultados a serem apresentados aqui comparam os impactos que as diferentes projeções econômicas têm sobre o consumo de eletricidade do SEB, levando em consideração a metodologia descrita anteriormente.

As projeções de carga são apresentadas num horizonte decenal. O conjunto de expectativas adotadas para as projeções são apresentados na Tab. I, consolidando as expectativas do BM, FMI e do SEBC. Ao todo, são desenvolvidos cinco cenários, um para as expectativas do BM, um para as expectativas do FMI e três para as expectativas do SEBC, sendo um cenário base, um superior e um inferior.

Destaca-se que, para as projeções dos cenários do SEBC, são consideradas projeções exclusivas para os setores Industrial e de Serviços. No caso das projeções de crescimento econômico feitas pelo Banco Mundial e pelo FMI tem-se apenas as expectativas para os anos de 2020 e 2021, sendo estas para o

TABELA I
PREMISSAS DE PIB

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Cenário BM	-8.0%	2.2%	2.5%	2.5%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
Cenário FMI	-9.1%	3.6%	2.5%	2.5%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
Cenário SEBC										
<u>Base</u>										
Total	-5.9%	3.4%	2.5%	2.5%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%	2.4%
Serviços	-6.8%	4.3%	2.7%	2.6%	2.5%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%
Industrial	-5.4%	3.3%	2.5%	2.5%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%
<u>Superior</u>										
Total	-4.9%	4.2%	3.1%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%	2.9%
Serviços	-3.7%	5.9%	3.7%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%
Industrial	-3.2%	4.2%	3.1%	3.0%	3.2%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%	3.1%
<u>Inferior</u>										
Total	-6.8%	2.5%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Serviços	-9.9%	2.8%	1.8%	2.2%	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Industrial	-7.5%	2.4%	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%

TABELA II
CRESCIMENTO DA CARGA NOS DIFERENTES CENÁRIOS

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
BM	-3.6%	4.6%	4.2%	3.8%	3.4%	4.2%	4.3%	4.6%	4.5%	5.3%
FMI	-4.4%	5.6%	4.2%	3.8%	3.4%	4.2%	4.3%	4.6%	4.5%	5.3%
SEBC Base	-2.6%	5.5%	4.4%	4.1%	4.0%	4.8%	4.7%	4.9%	4.8%	5.5%
SEBC Superior	-1.0%	6.4%	4.9%	4.4%	4.4%	5.2%	5.1%	5.3%	5.1%	5.8%
SEBC Inferior	-4.3%	4.6%	3.8%	3.8%	3.5%	4.4%	4.4%	4.6%	4.5%	5.2%

PIB Total da economia brasileira. As considerações de crescimento de PIB para os demais anos são as mesmas do cenário Base do SEBC.

A Fig. 3 mostra as expectativas de consumo dos cenários do BM de FMI e os compara com a projeção de carga oficial da 2ª Revisão Quadrimestral. É interessante notar como as projeções se mostram aderentes, isso porque, ao mesmo tempo que o BM vê uma queda menor em 2020 (-8,0%), vê um crescimento menos intenso em 2021 (+2,2%). Por seu turno, o FMI projeta um impacto mais intenso em 2020 (-9,1%), com um crescimento mais forte em 2021 (+3,6%). Isso faz com que a partir de 2022, as projeções sejam muito parecidas.

A próxima simulação a ser apresentada é realizada com os cenários de PIB do SEBC expostos na Tab.I. Para a projeção de crescimento de carga dos setores Residencial e Outros são utilizadas a Média e o Desvio Padrão do PIB Total para a elaboração de cenários de carga Esperado, Inferior e Superior. Já para os setores Industrial e Comercial são utilizadas as expectativas de PIB Industrial e Serviços, respectivamente.

Na Fig. 4 pode-se observar como para o ano de 2020 as projeções feitas pelo modelo, no cenário Esperado, são próximas das projeções apresentadas pela 2ª Revisão Quadrimestral da Carga, com diferença de apenas 0,4%. Para os demais anos, a carga projetada pelo modelo no Cenário Esperado fica acima da carga prevista pela 2ª Revisão Quadrimestral principalmente pela diferença de considerações com relação ao crescimento do PIB no ano de 2021. Enquanto o Cenário Esperado considera um crescimento de 3,4% em 2021 para o PIB Total, a 2ª Revisão Quadrimestral considera um crescimento de 2,3%.

A Tab. II consolida o crescimento percentual anual das projeções de carga nos diferentes cenários.

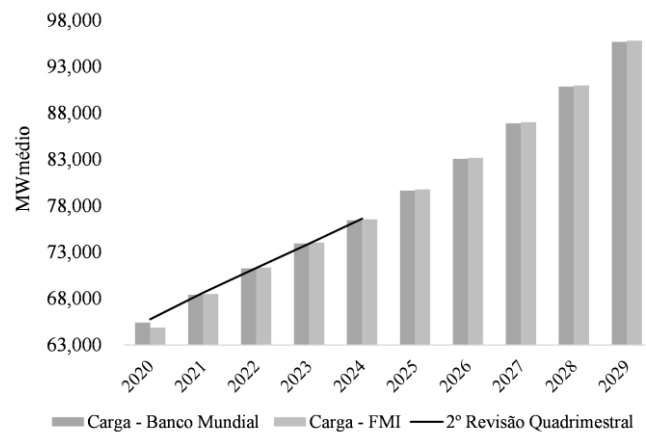


Fig. 3. Comparação da projeção de carga com a metodologia proposta, utilizando cenários de crescimento econômico consolidados com projeções do BM e do FMI no horizonte decenal.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo buscou capturar diferentes projeções de PIB, de fontes nacionais e internacionais, que consideram em si os desdobramentos da pandemia da COVID-19 sobre a economia nacional e, como sua gradual reabertura, está impactando os indicadores econômicos e as expectativas do mercado para a retomada econômica.

Através de um modelo de projeção de demanda de com base em a metodologia *top-down*, considerando as variáveis econômicas disponíveis para as análises, associado a metodologia *bottom-up* de projeção de expansão da MMGD no cenário nacional, foi possível promover análises de sensibilidade de projeção da carga que são aderentes aos cenários oficiais de carga projetados após a percepção dos impactos da pandemia sobre o consumo de eletricidade.

O grande diferencial da metodologia aqui proposta é a facilidade de adaptação para a consideração de diferentes previsões de PIB, o que permite celeridade e dinamismo nas projeções de consumo de eletricidade e no desenho de cenários, fato desejável no contexto atual, assim como em situações similares, em que as incertezas são inúmeras e a percepção da evolução econômica é fortemente variável.

Como pesquisa futura, propõe-se acompanhar a evolução das variáveis explicativas da atividade econômica e consumo de energia elétrica, replicando a análise para aferir se a retomada da economia e do consumo de energia elétrica segue como o esperado, ou se está acima ou abaixo das expectativas do momento. Em outras palavras, aferir se a retomada está se dando em “V” ou em “U”.

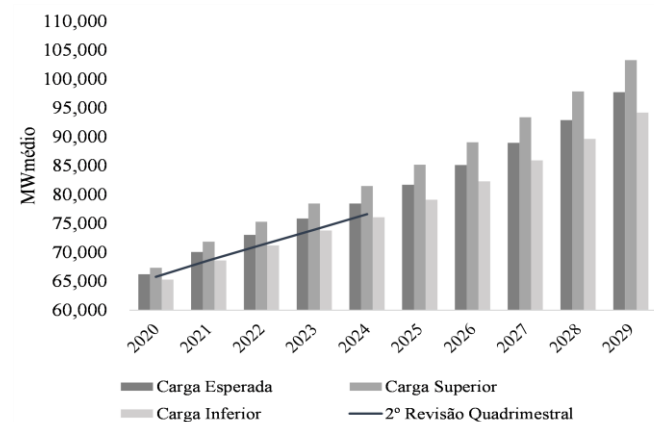


Fig. 4. Comparação da projeção de carga com a metodologia proposta, utilizando cenários de crescimento econômico consolidados com projeções do SEBC no horizonte decenal.

AGRADECIMENTOS

À CTG Rio Paranapanema Energia como proponente do Projeto de P&D "Previsão Integrada de Demanda e Preços de Energia e Lastro para os Mercados Livre, Regulado e Geração Distribuída" (PD-03637-0318/2018 do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL), tendo como Executoras as empresas: MRTS Consultoria, PSR Soluções e Consultoria em Energia Ltda e FDTE Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia da Universidade de São Paulo – USP.

REFERÊNCIAS

- [1] H. K. Jacobsen, "Integrating the bottom-up and top-down approach to energy economy modelling: the case of Denmark," *Energy Economics*, vol. 20, pp. 443 - 461, 1998.
- [2] EPE, "Nota Técnica DEA 15/09 - Projeção da Demanda de Energia Elétrica para os Próximos 10 anos," Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2009.

- [3] EPE, “Plano Decenal de Expansão 2029,” Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2019.
- [4] E. M. Rogers, “Diffusion of Innovations,” 5th ed., Simon and Schuster, 2003.
- [5] WHO, “WHO Timeline - COVID-19,” World Health Organization, Accessed on: Apr. 27, 2020, [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/detail/27-04-2020-who-timeline---covid-19>.
- [6] C. Kang et al., “Implementation of quarantine in China during the outbreak of COVID-19,” *Elsevier Public Health Emergency Collection*, Apr. 2020, DOI: 10.1016/j.puhe.2020.113038.
- [7] WBG, “Global Economic Prospects - June 2020,” World Bank Group, Washington, 2020.
- [8] IMF, “World Economic Outlook Update - June 2020,” International Monetary Fund, 2020.
- [9] IBGE, “Produto Interno Bruto – PIB,” Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Accessed on: Sep. 1, 2020, [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/explica/ PIB.php>
- [10] IMF, “Policy Responses to COVID-19,” International Monetary Fund, Accessed on: Nov. 19, 2020, [Online]. Available: <https://www.imf.org/en/Topics/imf-and-covid19/Policy-Responses-to-COVID-19#U>.
- [11] IEA, “Covid-19 impact on electricity,” International Electricity Agency, Accessed on: Nov. 19, 2020, [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/covid-19-impact-on-electricity#impact-of-lockdown-measures>.
- [12] N. J. de Castro, “Informativo Eletrônico do Setor Elétrico: nº 5.089 - 25 de agosto de 2020,” Grupo de Estudos do Setor Elétrico, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, ISSN 1678-6130, Aug. 2020.
- [13] ONS, “Plano de Operação Energética 2020 - Sumário Executivo,” Operador Nacional do Sistema, Rio de Janeiro, 2020.
- [14] EPE, “Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 - Avaliação do Suprimento de Potência no Sistema Elétrico e impactos da Covid-19,” Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro, 2020.
- [15] Ministério da Economia, “Boletim Informativo de Debêntures Incentivadas - Julho de 2020,” Ministério da Economia, Brasília, 2020.
- [16] J. Coelho, “Opinião Legal: Impactos das medidas associadas ao controle do COVID-19 sobre os contratos de comercialização de energia elétrica,” Julho Coelho, 2020.
- [17] EPE, “Balanço Energético Nacional - Séries Históricas Completas,” Empresa de Pesquisa Energética, Accessed on: Sep. 4 2020. [Online]. Available: <https://www.epe.gov.br>
- [18] IBGE, “Séries Históricas e Estatísticas - IBGE,” Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Accessed on: Sep.4, 2020. [Online]. Available: https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=10.
- [19] F. M. Bass, “A New Product Growth for Model Consumer Durables,” *Management Science*, vol 15, no. 5, pp. 215-227, Jan., 1969.
- [20] B. Sigrin, M. Gleason, R. Preus, I. Baring-Gould and R. Margolis, “The Distributed Generation Market Demand Model (dGen)” National Renewable Energy Laboratory, 2016.
- [21] AEMO, “National Electricity Forecasting Report for The National Electricity Market (NEM),” Australian Energy Market Operator, 2012.
- [22] J. C. Kastovich, R. R. Lawrence, R. R. Hoffman and C. Pavlak, “Advanced electric-heat-pump market and business analysis. Final report,” Westinghouse Electric Corp., Pittsburgh, PA (USA). Research and Development Center, USA, 1982.
- [23] Navigant Consulting, “Arizona Solar Electric Roadmap Study - Full Report,” Arizona Department of Commerce, Burlington, 2007.
- [24] R. W. Beck, “Distributed Renewable Energy Operating Impacts and Valuation Study,” Arizona Public Service, 2009.
- [25] M. Guidolin and C. Mortarino, “Cross-country diffusion of photovoltaic systems: Modelling choices and forecasts for national adoption patterns,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 77, no. 2, pp. 279-296, Feb., 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.07.003>.
- [26] T. Islam, “Household level innovation diffusion model of photo-voltaic (PV) solar cells from stated preference data,” *Energy Policy*, vol. 65, pp. 340-350, Feb., 2014. DOI: 10.1016/j.enpol.2013.10.004



Clarissa Petrachini Gonçalves possui graduação (2015) e mestrado (2020) em Energia e Automação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Além disso, é detentora do Certificado Nacional dos Profissionais de Investimento (CNPI). Trabalhou 4 anos no grupo EDP nas áreas de Planejamento Energético e Regulação da Geração. Posteriormente, atuou por 1 ano e meio no banco Citibank como *Associate* em *Equity Research* no segmento de *Utilities*, onde trabalhou com modelos de *Valuation* para avaliação de empresas tanto de energia elétrica quanto saneamento atuantes na América Latina. Atualmente é consultora na MRTS.



Dorel Soares Ramos possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1975), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1988) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (1996). Atualmente é Consultor do Grupo EDP Energias do Brasil, onde exerceu cargo de Diretor de Regulação até Março de 2009, tendo sido ainda Diretor Comercial (Aquisição de Energia) e de Regulação das Distribuidoras Bandeirante Energia / Escelsa (Espírito Santo) e Enersul (Mato Grosso do Sul), pertencentes ao mesmo Grupo Empresarial, além de Diretor de Regulação da Holding EDP Energias do Brasil. É Professor Doutor do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo é Sócio Administrador da MRTS Consultoria e Engenharia Ltda. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: planejamento de sistemas elétricos, regulação do setor elétrico, comercialização de energia e análise de riscos, geração de energia elétrica e modelagem institucional do setor elétrico, com publicação de 5 livros e mais de 250 artigos em Conferências e Periódicos nacionais e internacionais.



Pedro Souza Rosa possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia – UFBA (1996), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo – EPUSP (2004) e pós-graduação em Informática Ênfase Desenvolvimento de Aplicações pela Universidade Salvador – UNIFACS (1998). Atuou como Professor do Centro Universitário Fundação Instituto de Ensino Para Osasco – UNIFIEO (2005-2009). Com mais de 18 anos de experiência no Setor Elétrico, atuou como Engenheiro Pesquisador da Universidade de São Paulo – EPUSP (2001 a 2007) em projetos de P&D, como Analista de Estudos Energético na EDP (2007 a 2013) onde participou da estruturação da área e no desenvolvimento de soluções de apoio a decisão de planejamento energético. Na Odebrecht Comercializadora de Energia – OCE (2013 a 2016), estruturou a área de risco, projeção de preço, projeto Dashboard e backoffice. Na Ampere Consultoria (2016 a 2018) atuou na concepção e desenvolvimento do produto SAGACE, ferramenta de gestão

de portfólio. Atualmente na MRTS Consultoria atua em Projetos de P&D e Consultoria na área de Risco, Análise de Dados e SIG.



Mateus Henrique Balan possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Energia e Automação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2014), onde cursa o mestrado atualmente. Trabalhou no grupo EDP na área de Risco e Planejamento Energético, também trabalhou na Clime Trading comercializadora de energia. Atualmente, além de aluno de pós-graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, é consultor pela MRTS Consultoria Ltda atuando nas áreas: Regulação do Setor elétrico, planejamento de investimentos em geração, revisões e reajustes tarifários, complementariedade energética entre fontes renováveis, comercialização de energia elétrica e análise de riscos.



Bernardo Bezerra possui graduação em Engenharia Elétrica e Industrial, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica. Ingressou na PSR em 2004, onde atualmente é Diretor Técnico. Liderou e conduziu projetos nas seguintes áreas: (i) estudos integrados de planejamento de eletricidade e gás; (ii) leilões de energia (estratégias de oferta, análise e desenho de leilões); (iii) gerenciamento de riscos; (iv) avaliação regulatória e apoio aos investidores; (v) desenho tarifário; desenho de mercado; (vi) estratégia de negócios e (vii) avaliação econômica de projetos de geração. Ele é consultor do Banco Mundial, BID e outras instituições multilaterais, com experiência em mais de vinte países, incluindo EUA, Vietnã, Turquia, Áustria, Colômbia, México, Chile, Peru, Bolívia, Equador e todos os países da América Central. Ele é membro da IEEE Power Engineering Society e ministra aulas no setor de energia para os cursos de Mestrado em Administração de Empresas. É autor e co-autor de 2 capítulos em livros e mais de 40 artigos publicados em periódicos e conferências locais / internacionais. Ele é chair do Grupo de Trabalho para a América Latina do IEEE e revisor da revista IEEE Transactions on Power Systems (TPS). É palestrante em conferências e seminários no Brasil e no exterior.



Mateus Cavaliere Graduou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Entre 2014 e 2015, cursou Sistemas de Energia na Hochschule Ruhr West, Alemanha. Ingressou na PSR em 2015 e desde então vem atuando em (i) estudos tarifários e de precificação de energia nos ambientes de contratação regulada e livre; (ii) estudos de avaliação de estratégias para suprimento de energia de consumidores; (iii) avaliações econômico-financeiras de empresas de geração, distribuição e transmissão; e (iv) assessoria regulatória.



Rodrigo Ferreira de Mello possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2010) e especializações MBA em Gestão Empresarial pela FGV (2012) e MBA em Finanças pela FIA (2013). Experiência no setor elétrico brasileiro em gestão de energia e comercialização no Mercado Livre e Regulado, atuando principalmente na gestão de portfólio energético, planejamento e estratégia da comercialização, análise e gestão de riscos e na estruturação de produtos e precificação de energia. Atualmente é especialista em planejamento energético na CTG Brasil.