



GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO TÉRMICA - GGT

OPORTUNIDADES DE GERAÇÃO ELÉTRICA NA ENTRESSAFRA PARA USINAS SUCROALCOOLEIRAS NOS LEILÕES DE ENERGIA

BRUNO FARIA CUNHA(1); GUSTAVO PIRES DA PONTE(1); JORGE GONÇALVES BEZERRA JÚNIOR(1); THIAGO IVANOSKI TEIXEIRA EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE(1)

RESUMO

Tendo em vista a oportunidade de aproveitamento do potencial técnico a ser explorado para ampliação da oferta de energia pelo setor sucroalcooleiro, o presente trabalho avalia, através de estudos de caso, a competitividade de usinas a biomassa de cana-de-açúcar para comercialização adicional de energia na entressafra, tomando por base os custos observados no Ambiente de Contratação Regulada (ACR), por meio dos leilões de energia.

PALAVRAS-CHAVE: Bioeletricidade, Comercialização de Energia, Geração na Entressafra

1.0 INTRODUÇÃO

No Brasil, a operação das usinas a bagaço de cana-de-açúcar é marcada por períodos de cogeração de açúcar, etanol e eletricidade durante a safra, intercalados com períodos de ociosidade na entressafra. Esta dinâmica tem resultado em geração elétrica ao longo de 7,5 meses por ano, aproximadamente, justamente nas estações em que os preços de curto prazo de energia elétrica tendem a ser mais elevados, resultando em ganhos de sinergia entre os setores elétrico e sucroalcooleiro.

Embora a bioeletricidade de cana-de-açúcar tenha sido atrativa ao setor elétrico, gerando energia para consumo próprio e, na maioria dos casos, para exportação, existe ainda um potencial técnico de geração na entressafra, conferido pela ociosidade das máquinas das usinas, que pode ampliar ainda mais a integração entre os setores.

Como é preciso verificar se esse potencial técnico é viável para algum modelo de negócio, começamos por avaliar as oportunidades de geração elétrica na entressafra para usinas sucroalcooleiras nos leilões de energia. Neste sentido, o presente trabalho avalia a competitividade de usinas a biomassa de cana-de-açúcar para comercialização de energia na safra e entressafra no Ambiente de Contratação Regulada, por meio dos leilões de energia.

2.0 GERAÇÃO DE ENERGIA NO SETOR SUCROALCOOLEIRO

Há atualmente mais de 12 GW de potência instalada outorgada de usinas a bagaço de cana-de-açúcar em operação no Brasil (1). Este valor representa cerca de 7% da capacidade instalada do parque gerador. Em termos de oferta de eletricidade, as termelétricas a biomassa de cana-de-açúcar foram responsáveis por 5,9% de toda a energia elétrica oferta no país em 2019 (3). No que tange à distribuição geográfica observa-se, na FIGURA 1, que as usinas estão concentradas nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, com 50% da capacidade instalada alocada no estado de São Paulo, e 36% distribuída entre os estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás.

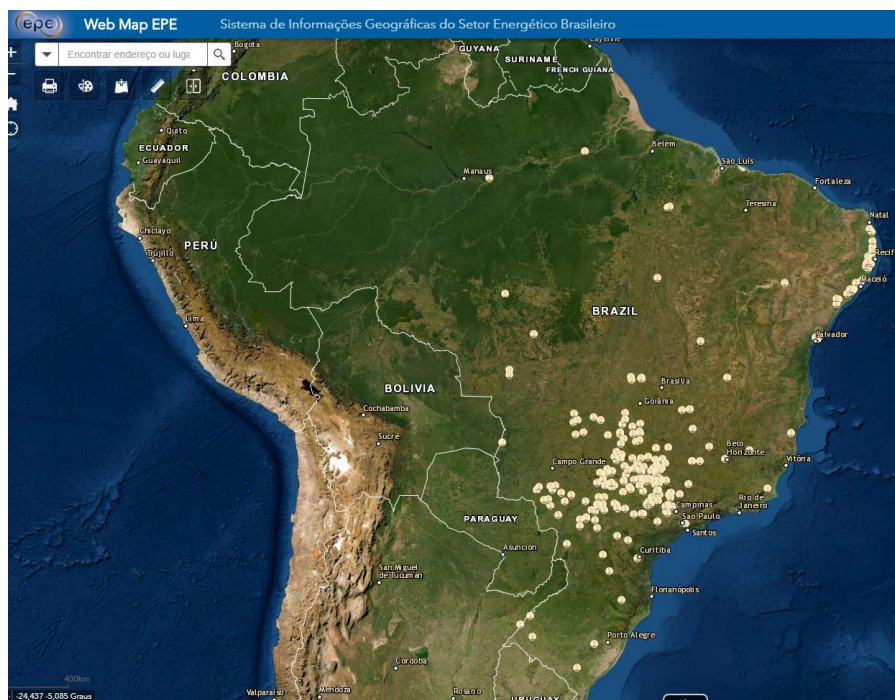


FIGURA 1 – Distribuição geográfica das usinas a bagaço de cana-de-açúcar no Brasil (1)

A geração elétrica das usinas sucroalcooleiras que celebraram contratos no ambiente regulado (CCEARs) apresentam, majoritariamente, custo variável unitário (CVU) nulo. Isto significa que a energia comercializada não é despachável, mas declarada (quantidade e sazonalidade) pelo agente gerador em etapa prévia aos leilões de energia. Este perfil de produção de eletricidade deve ser garantido pelo gerador durante todo o CCEAR.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta uma estatística sobre o perfil médio de geração anual adotado pelo conjunto de geradores a biomassa de cana-de-açúcar candidatos para participação nos leilões de energia entre 2016 e 2019, que apresentaram CVU nulo e que foram habilitados tecnicamente. As quantidades de energia alocadas em cada mês são estabelecidas em termos percentuais do fator de capacidade relativo à potência disponível máxima. Devido ao fato de a ampla maioria das usinas participantes dos leilões se localizarem nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, a sazonalização da geração tende a se concentrar entre os meses de maio e novembro, coincidindo com o período da safra nestas regiões e coincidindo com o período de maior atratividade ao setor elétrico.

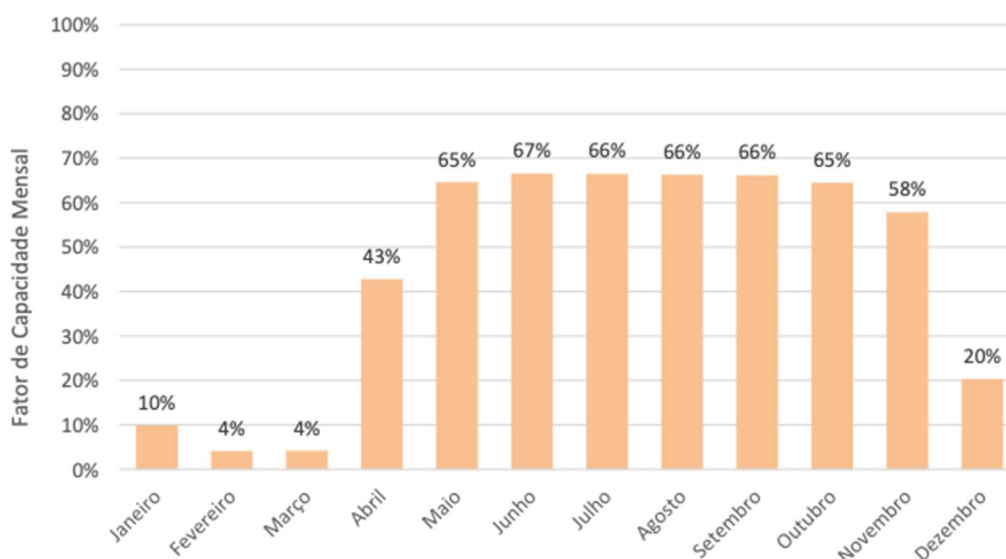


FIGURA 2 – Fator de capacidade médio de geração mensal das usinas a bagaço de cana-de-açúcar habilitadas tecnicamente nos leilões de energia nova entre 2016 e 2019, com CVU nulo. (4)

O fator de capacidade médio anual dos empreendimentos apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é de 45%, valor que denota baixa taxa de utilização das turbinas e potencial técnico para ampliação da oferta de energia sem a necessidade de ampliação da capacidade instalada do parque gerador, ainda que possam ser necessários investimentos adicionais nas usinas para estocagem de combustível e eventuais adaptações tecnológicas ou de manutenção, por exemplo. Tendo em vista este potencial técnico, avalia-se a seguir a competitividade de usinas termelétricas a biomassa de cana-de-açúcar em leilões de energia, por meio de estudo de caso.

3.0 COMPETITIVIDADE DA BIOELETRICIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR COM GERAÇÃO NA ENTRESSAFRA

Ao longo dos anos a indústria sucroalcooleira promoveu a transformação do bagaço da cana-de-açúcar de resíduo descartável em um importante recurso para o setor. Alcançar a autossuficiência nas usinas diante de relevantes aumentos nos preços da energia elétrica e, além disso, ter a possibilidade de exportar a bioenergia gerada através da queima do bagaço, e mais recentemente de parcelas da palha e ponta da planta, tornou-se condição fundamental no processo de viabilidade econômica de novas usinas e na ampliação de existentes.

A comercialização de energia nova no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) pode ser um negócio atrativo para novos empreendimentos de geração, pois os contratos garantem previsibilidade de receita a longo prazo, facilitando financiamentos de projetos. No caso de energia existente, as possibilidades no ACR contam, normalmente, com contratos de comercialização com horizontes de curto prazo. Até o ano de 2019, das usinas sucroalcooleiras que exportaram energia para o Sistema Interligado Nacional (SIN), 40% havia celebrado contratos no ACR (5). Os preços de curto prazo de geração de energia, representados pelo Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), trazem informações importantes sobre atratividade à comercialização de energia ao longo dos meses.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a evolução da média mensal do PLD, para o submercado Sudeste/Centro-Oeste (SE/CO), no período de janeiro/2012 a novembro/2020. Cumpre destacar que o submercado SE/CO é o mais representativo para as usinas sucroalcooleiras. A FIGURA 4 apresenta os valores médios do PLD específicos a cada mês, com base nos dados históricos da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

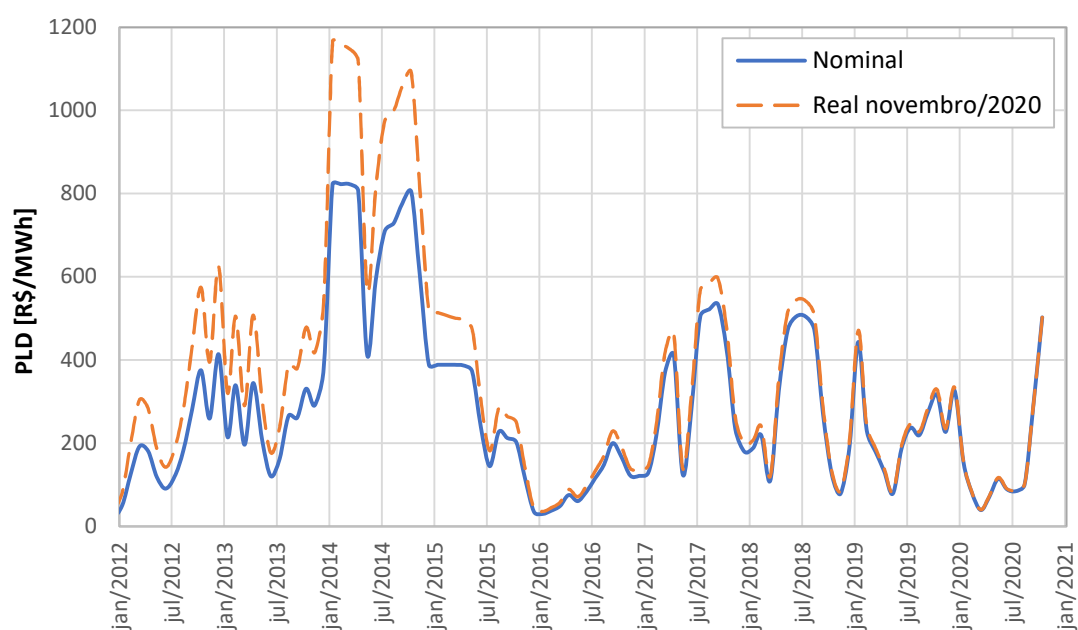


FIGURA 3 – PLD médio mensal, de janeiro de 2012 a novembro de 2020. Valores nominais e reais. Data-base novembro de 2020. [Elaboração própria a partir de dados de (2)]

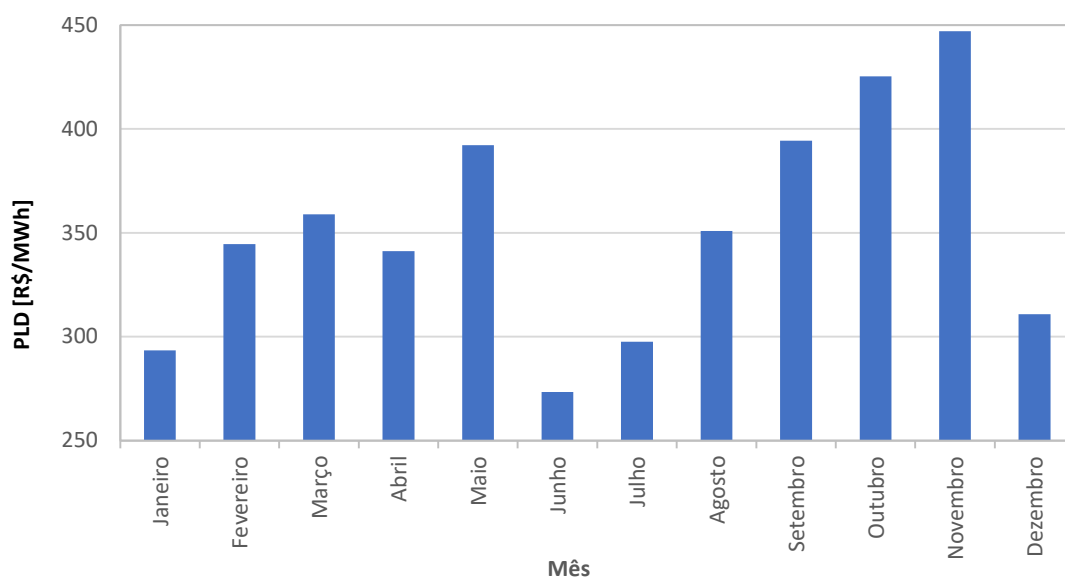


FIGURA 4 – Média do PLD para cada mês, a partir de histórico desde janeiro de 2012 a novembro de 2020. Data-base novembro de 2020.

Conjuntamente, estas figuras demonstram a ampla volatilidade dos preços de curto prazo de energia elétrica. Além disso, as melhores oportunidades de geração se encontram, em média, no segundo semestre do ano. Esta característica do setor elétrico tende a reforçar o status quo de geração na safra e a atenuar a atratividade para a estocagem do combustível utilizado visando a geração de energia na entressafra para o ACR. Mas pode ser que outro insumo energético seja atraente para ampliar o período de geração.

A seguir, na TABELA 1, são apresentados os resultados de venda de energia das usinas a bagaço de cana-de-açúcar que se sagraram vencedoras entre os leilões de energia nova de 2015 a 2019. Os valores de ICB representam a relação custos/benefício sob a ótica do consumidor de energia elétrica. Por sua vez, os preços de energia são receitas de geração a serem pagas aos empreendedores. Numa abordagem direta, verifica-se que os preços de energia negociados nos leilões mais recentes tendem a ser, em média, competitivos em qualquer mês do ano, comparado aos preços médios mensais de curto prazo de eletricidade na FIGURA 4, embora no passado tenham sido registrados menores valores de PLD, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

TABELA 1 – Resultado dos leilões de energia nova, desde 2015 a 2019. Preços médios de venda de energia em valores nominais e reais, atualizados para novembro de 2020. [Elaboração própria a partir de dados de (2)]

Leilão	G. Física Total (MW _{méd})	ICB Médio (R\$/MWh)	Preço médio da Energia (R\$/MWh)	Preços médios da energia (R\$/MWh) (Real nov/2020)
A-6/2019	99,2	188,25	215,17	225,25
A-4/2019	9,5	179,87	199,04	208,37
A-6/2018	11,0	177,08	198,31	214,40
A-4/2018	34,5	198,94	224,56	242,79
A-6/2017	66,4	215,56	235,87	265,33
A-4/2017	8,6	234,92	258,00	290,22
A6/2016	29,4	214,54	227,98	263,65
A-5/2015	37,1	272,01	281,37	351,63
A-3/2015	14,5	210,73	225,47	281,78

A competitividade da geração na entressafra nos leilões de energia deve ser avaliada sob a métrica do ICB, que considera uma visão de futuro da operação do setor elétrico, por meio de simulações no Newave. A partir das simulações, com base em parâmetros de operação e de custos variáveis com combustível, são calculados os parâmetros de garantia física (GF) Custo de Operação (COP) e o Custo Econômico de Curto Prazo (CEC) de cada empreendimento para participação nos leilões de energia.¹

4.0 ESTUDO DE CASO

Neste trabalho, as estimativas de GF, COP e CEC para usinas sucroalcooleiras são obtidas com o uso da ferramenta “GFeK”². Os valores de Custo Marginal de Operação das séries sintéticas são aqueles disponibilizados para o leilão A-4/2020. Considera-se para o estudo de caso uma usina de 50 MW de capacidade instalada, com 5% de taxa equivalente de indisponibilidade forçada (TEIF).

Adicionalmente, dois modelos de negócio são propostos no presente trabalho:

- CVU nulo, com geração a partir de 7 meses, aumentando o número de meses de geração, com a inclusão do próximo mês consecutivo mais competitivo para fins de leilão. Para este caso, considera-se nula a taxa de indisponibilidade programada. Isto porque, normalmente, os agentes realizam as manutenções programadas durante a entressafra, período de ociosidade das máquinas;
- CVU não nulo, com inflexibilidade anual de 50%, alocada entre os meses de junho a novembro. São avaliados CVUs de R\$200/MWh, R\$300/MWh e R\$400/MWh, variando o fator de capacidade de geração, a partir de 50% (mínimo esperado por ano em função da inflexibilidade sazonal). Como a usina deve estar disponível ao despacho na entressafra, adota-se como indisponibilidade programada o valor de 8,3%, equivalente a um mês por ano de manutenção, valor conservador, tendo como referência a operação das usinas a bagaço de cana-de-açúcar no parque de geração brasileiro.³

A FIGURA 2 apresenta os resultados da receita total por unidade de energia gerada para usina com CVU nulo, do caso (i). São adotadas cinco curvas de ICB constante, que apontam para a relação de receita (em R\$/MWh) decrescente com o aumento da geração (à medida em que se adentra os meses de entressafra). Estes resultados indicam redução de atratividade econômica para geração na entressafra, fixando-se a competitividade do empreendimento no leilão (ICB).

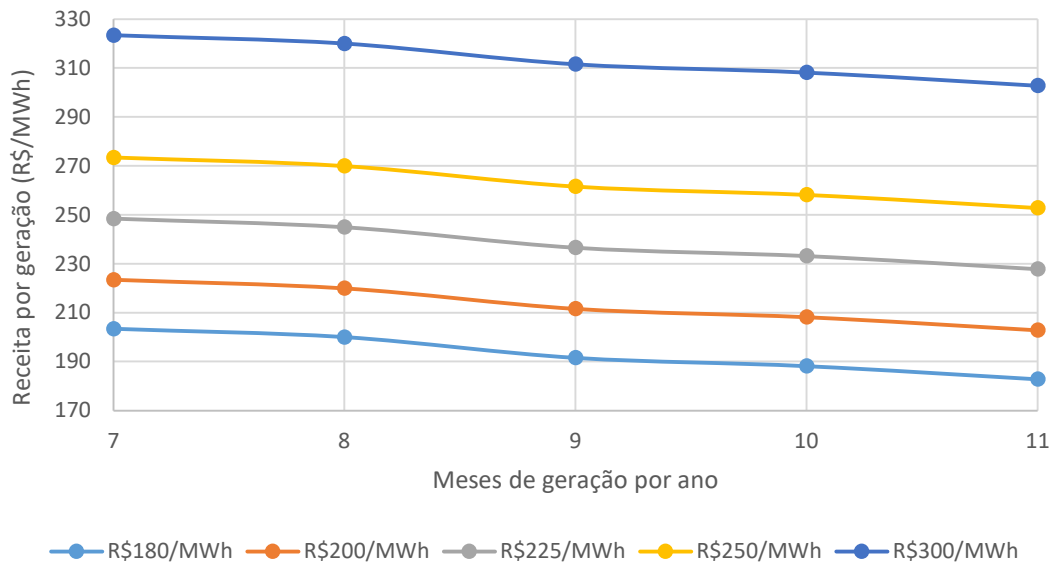


FIGURA 2 – Receita total de geração para usinas a biomassa de cana-de-açúcar com CVU nulo, para diferentes valores de ICB, com o incremento de geração mensal.

¹ Maiores informações sobre a formulação do ICB podem ser obtidas em (6).

² A ferramenta “GFeK” é desenvolvida pela EPE para facilitar a análise e construção de estratégias de empreendedores participantes dos leilões de energia. Encontra-se disponível via internet no seguinte endereço: <https://www.epe.gov.br/pt/leiloes-de-energia/leiloes/ferramenta-gfek>

³ As Portarias de Diretrizes dos leilões de energia até 2020 restringiam a geração inflexível para usinas com CVU não nulo ao limite máximo de 50% da potência disponível máxima.

A seguir, são apresentados os resultados do caso (ii) na FIGURA 3 e na FIGURA 4, que contêm valores de receita total de geração em função do fator de capacidade da usina. Uma diferença entre a receita total das usinas com CVU nulo para as usinas com CVU não nulo é que as primeiras recebem somente receita fixa, enquanto as outras recebem, adicionalmente, receita variável, que é igual ao CVU. São consideradas três curvas de CVU constante. Na FIGURA 3, adota-se competitividade em termos de ICB de R\$200/MWh para todas as curvas de CVU, ao passo que na FIGURA 4, considera-se o ICB de R\$300/MWh.

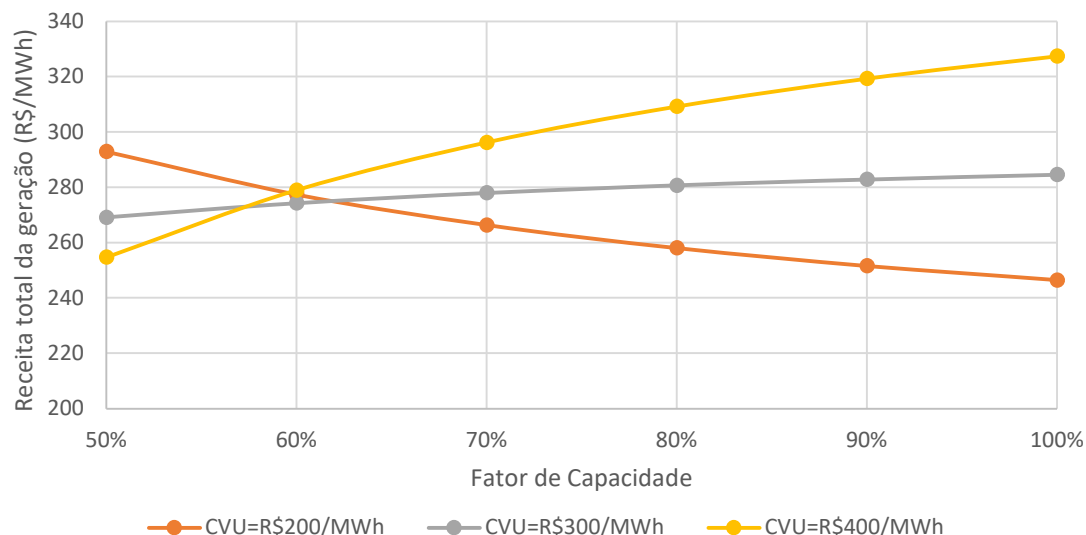


FIGURA 3 – Receita total de geração para usinas a biomassa de cana-de-açúcar com ICB igual a R\$200/MWh, para diferentes curvas de CVU constante, com inflexibilidade sazonal de junho a novembro.

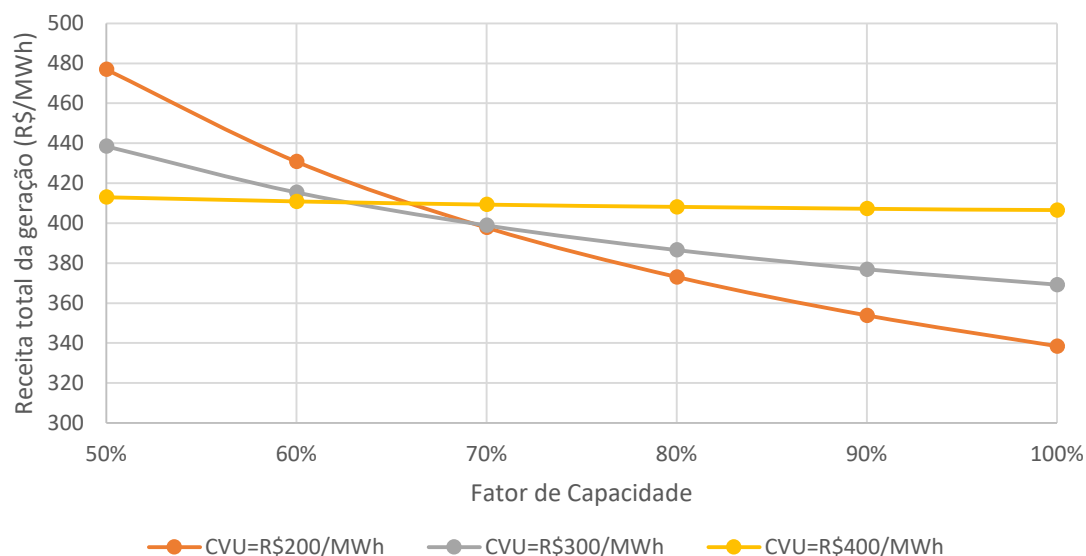


FIGURA 4 – Receita total de geração para usinas a biomassa de cana-de-açúcar com ICB igual a R\$300/MWh, para diferentes curvas de CVU constante, com inflexibilidade sazonal de junho a novembro.

Comparando-se os modelos de negócio despacháveis (FIGURA 36 e FIGURA 47) com os casos de CVU nulo (FIGURA 25), verifica-se que as usinas despacháveis podem apresentar maior atratividade em termos de receita de geração do que as usinas com CVU nulo, para um mesmo valor de ICB. Este resultado indica que é mais atrativo ao setor elétrico, no período da entressafra, a geração flexível do que a inflexível. Estas usinas com CVU não nulo podem contribuir ainda para o atendimento ao requisito de capacidade na entressafra, em muitos casos, somente com a disponibilidade para geração das máquinas ociosas, sem a necessidade de expansão do parque gerador.

Contudo, um ponto de atenção em relação à geração despachável está relacionado ao limite de inflexibilidade máxima de 50% estabelecido nos leilões de energia até 2020. Esta limitação tende a tirar a atratividade deste modelo de negócio para as usinas sucroalcooleiras, pois elas necessitam de mais de 50% de inflexibilidade em função da produção no período da safra.

No entanto, as Portarias do Ministério de Minas e Energia nº 435 e 436, ambas de 4 de dezembro de 2020, abriram a possibilidade para que usinas a gás natural participem dos leilões de energia nova e existente sem restrição à inflexibilidade máxima. Com essa medida estendida aos empreendimentos a biomassa, modelos de negócio despacháveis podem emergir como alternativas atrativas à cogeração inflexível na safra e flexibilidade na entressafra, agregando competitividade ao setor elétrico.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As usinas a biomassa de cana-de-açúcar apresentam ampla relevância ao setor elétrico brasileiro, tanto em termos de capacidade instalada, quanto em termos de produção e oferta de energia. Embora estas usinas, de modo geral, contribuam para a oferta em momentos de maior escassez no setor elétrico, elas apresentam baixo fator de capacidade, com ociosidade das máquinas durante o período da entressafra. Esta característica sugere um potencial técnico de ampliação da oferta de energia ao setor elétrico, em muitos casos, sem a necessidade de expansão do parque instalado.

Nas análises dos resultados históricos de preços de venda de energia nos leilões de energia nova do ACR, desde 2015 até 2019, (TABELA 1) verifica-se competitividade dos preços de geração para todos os meses do ano, quando comparado à média histórica de PLD para cada mês (embora na evolução do PLD ao longo do tempo tenha havido momentos de preços de curto prazo inferiores aos preços de venda de energia). Entretanto, em análise de competitividade das usinas a biomassa de cana-de-açúcar numa hipotética participação em leilão de energia atual, com CVU nulo, com geração na safra e na entressafra, verifica-se uma relação decrescente entre o aumento da oferta de geração e a receita de energia, mantendo-se a competitividade da usina em termos de ICB. Este resultado sugere pouca atratividade ao gerador para oferta de energia inflexível na entressafra no ACR.

No caso de modelo de negócio com geração despachável e inflexibilidade sazonal de 50%, as usinas a biomassa de cana-de-açúcar apresentaram boa atratividade, podendo ser mais competitivas do que aquelas com CVU nulo. Porém, o limite máximo de inflexibilidade tende a expor os geradores ao risco, devido à necessidade de geração inflexível por mais de 6 meses ao ano.

Para os leilões de energia a partir de 2021, foi retirada a limitação de inflexibilidade máxima para termelétricas a gás natural. Com essa medida sendo estendida às usinas a biomassa, o modelo de negócio de geração com CVU não nulo e inflexibilidade ao longo da cogeração (açúcar, etanol e eletricidade) pode ampliar ainda mais a relação ganha-ganha entre os setores sucroalcooleiro e de energia elétrica. Porém, a efetiva competitividade das usinas a bagaço de cana-de-açúcar para este novo modelo de negócio dependerá substancialmente do suprimento de combustível. No caso de geração na safra, o combustível é o próprio resíduo da produção sucroalcooleira. Para a entressafra, novas soluções devem ser desenvolvidas.

Ressalta-se, no entanto, as limitações da presente análise, que não avaliou, por exemplo, (i) a disponibilidade e custo de combustíveis para geração na entressafra; (ii) eventuais investimentos necessários na usina, seja para estocagem de combustível, seja em ampliação/adaptação dos equipamentos de geração; (iii) oportunidades em outros mercados, como o ACL ou mesmo de biometano; (iv) impactos comerciais e regulatórios do eventual uso de diferentes combustíveis (na safra e na entressafra). Todos estes temas, portanto, merecem avaliações específicas, ficando como sugestão de trabalhos futuros.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ANEEL. Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>. Acesso em Dezembro de 2020.

(2) CCEE. Preço Horário. Disponível em: https://www.ccee.org.br/portal/faces/preco_horario veja_tambem/preco_horario?_afzlLoop=28284285325748&_adf.ctrl-state=w2ve5baqx_90#!%40%40%3F_afzlLoop%3D28284285325748%26_adf.ctrl-state%3Dw2ve5baqx_94. Acesso em Dezembro de 2020.

(3) EPE. Balanço Energético Nacional. Ano Base 2019. 2020.

(4) EPE. Nota Técnica nº EPE-DEE-089/2019-r0: Termelétricas a biomassa nos leilões de energia no Brasil. Características técnicas dos empreendimentos e resultados dos últimos leilões. Novembro de 2019.

(5) EPE. Nota Técnica nº EPE-DPG-SDB-Bios-NT-01-2020-r0, Análise de conjuntura de biocombustíveis, ano 2019. Dezembro de 2020.

(6) EPE. Nota Técnica nº EPE-DEE-RE-038/2018-r0: Índice Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração Termelétrica. Maio de 2018.

DADOS BIOGRÁFICOS



- (1) **Bruno Faria Cunha:** Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal Fluminense (UFF), em 2007. Especialização em Energia Solar pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em 2020. Desde 2008 atua como analista na Empresa de Pesquisa Energética (EPE) com foco em geração de energia e leilões para expansão da oferta de energia elétrica.

(2) **Gustavo Pires da Ponte:** Engenheiro Mecânico pela Universidade de Brasília (2008), pós-graduado em Engenharia de Tubulações pela PUC-Rio (2010) e mestre em Engenharia Urbana e Ambiental pela PUC-Rio e Technische Universität Braunschweig (2019). Desde 2008 na Empresa de Pesquisa Energética - EPE, atualmente como Superintendente Adjunto de planejamento de geração de energia elétrica, coordenando os estudos sobre as diferentes tecnologias de geração e armazenamento.

(3) **Jorge Gonçalves Bezerra Júnior:** Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Santa Catarina (2008) e mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011). Desde 2015 na Empresa de Pesquisa Energética - EPE, tendo apoiado tecnicamente o planejamento energético brasileiro e a modernização do setor elétrico, no âmbito do Governo Federal, focado em geração termelétrica, através de: Estudos de planejamento, num contexto de transição energética; Propostas de aprimoramentos normativos para a promoção da concorrência no setor elétrico e a integração entre este setor e o de gás natural; Desenhos de mecanismos de classificação em leilões de energia e de critérios para habilitação técnica de empreendimentos.

(4) **Thiago Ivanoski Teixeira:** Graduado em Engenharia Elétrica pela UFBA, pós-graduado em Engenharia Econômica pela UERJ e MBA em Finanças pelo IBMEC. Atualmente é Superintendente na área de Projetos de Geração da EPE, onde ingressou em 2008. Já atuou como Superintendente-Adjunto, Consultor Técnico e Analista de Pesquisa Energética na área. Dentre outras atividades, trabalha na avaliação de projetos de geração provenientes de todas as fontes energética, na habilitação técnica dos leilões de energia elétrica (inclusive nos sistemas isolados), no desenvolvimento de estudos de hidrelétricas, na elaboração do PDE e na elaboração de estudos técnicos que visam subsidiar o planejamento do setor energético do Brasil.