

# Valorização dos Atributos do Biogás para o Sistema Elétrico Brasileiro



## Sumário

Introdução .....	3
Potencial brasileiro .....	4
Tipologia das instalações.....	7
Características técnicas .....	8
Atributos eletroenergéticos .....	9
Agentes agregadores e usinas virtuais.....	14
Conclusões.....	15
Bibliografia .....	17

## Introdução

O biogás é uma versátil fonte de energia que pode de várias formas integrar a matriz energética brasileira, trazendo diversificação, segurança e, sobretudo, nítidos benefícios para o meio ambiente e a saúde pública. Os substratos para a sua produção se originam, entre outros, dos resíduos agropastoris, industriais, lixo urbano e do esgotamento sanitário. Obtido a partir da biodigestão controlada de matéria orgânica, a produção do biogás reduz os impactos causados pela inadequada disposição dos resíduos, preservando os corpos d'água, prevenindo a contaminação dos solos e evitando a emissão desordenada de metano na atmosfera. É composto principalmente por metano, dióxido de carbono, nitrogênio, hidrogênio, oxigênio e alguns outros gases em menores quantidades.

Uma das principais rotas de aproveitamento técnico e econômico do biogás é a produção de energia elétrica através sistemas moto-geradores, particularmente de combustão interna. É senso comum que, além das inegáveis vantagens socioambientais do aproveitamento do biogás, a eletricidade produzida a partir dessa fonte apresenta atributos valiosos para o setor elétrico. Importante, entretanto, é avaliar a valorização desses atributos e, mais ainda, identificar como instrumentalizá-los economicamente, proporcionando aos produtores as condições de viabilização de seus projetos e promovendo os benefícios correspondentes ao sistema.

Visando a essa valorização, desenvolveu-se este estudo âmbito do Grupo de Trabalho instituído pela Associação Brasileira de Biogás – ABiogás, que partiu da investigação de quatro questões fundamentais:

1. Qual o potencial de produção?
2. Onde se localiza?
3. Quais as suas características?
4. Qual a sua contribuição para o setor elétrico?

A partir daí foi possível inferir os atributos da energia elétrica produzida a partir do biogás, identificar seus diferenciais competitivos com relação a outras fontes e posicionar com clareza o biogás no debate sobre o planejamento energético e seus impactos ambientais. Dessa forma, estabeleceram-se as condições para formular a sexta e mais importante pergunta:

5. Que atitudes, políticas e incentivos devem ser adotados para melhor aproveitar os benefícios da energia do biogás no setor elétrico brasileiro?

## Potencial brasileiro

O estudo e classificação do potencial de produção de energia a partir de fontes renováveis é tratado por diversos autores na literatura especializada, conforme apontado por MARIANI. Neste estudo optamos por avaliar o potencial na dimensão teórica e na dimensão sustentável.

O potencial teórico corresponde a uma abstração que considera a conversão de toda a biomassa disponível em biogás mediante as produtividades típicas dos processos de transformação. Nessa avaliação não são levadas em conta as restrições econômicas para o aproveitamento. O potencial sustentável é aquele estimado levando-se em conta, além do potencial teórico: i) as restrições físicas; ii) as restrições econômicas; iii) a competição com outros usos da biomassa residual; e iv) a consideração das positivas externalidades socioeconômicas.

A ABiogás já dispunha do mapeamento do potencial teórico do biogás segmentado por cada um dos já citados substratos. Os dados estavam consolidados por unidades federativas e já permitiam uma boa estimativa da sua distribuição espacial. No âmbito desse estudo, o Grupo de Trabalho avançou na granularidade dos dados, conseguindo discriminá-los em nível de município. Isso permite maior precisão, bem como possibilita o estabelecimento de correlações com as localizações dos componentes de infraestrutura mais afetos ao aproveitamento desse energético, a saber: as redes elétricas, os gasodutos e as rodovias.

Em virtude na relevante participação do setor sucroalcooleiro na composição do potencial teórico, seus resíduos foram subdivididos de modo a evidenciar a contribuição do bagaço de cana, das pontas e palhas, da torta de filtro e da vinhaça. As participações relativas dos substratos na composição do potencial teórico encontram-se ilustradas na Figura 1. O Anexo I apresenta a tabulação do potencial teórico de produção de biogás para todos os municípios brasileiros.

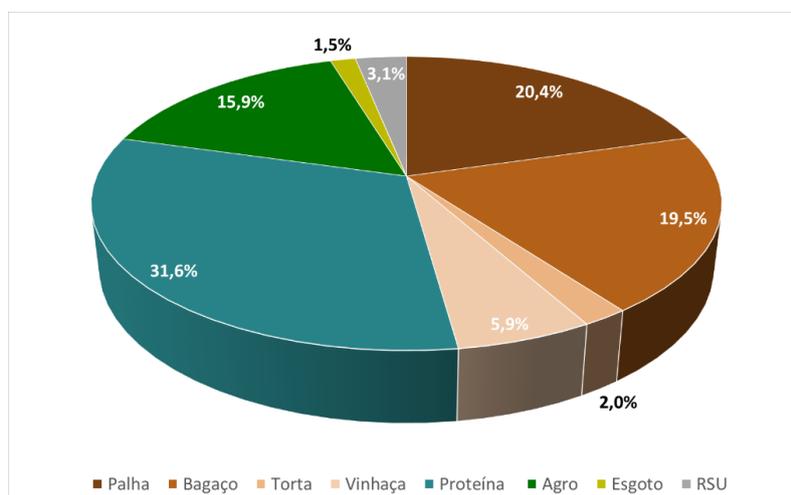


Figura 1 – Participações dos substratos no potencial teórico  
Fonte: Elaboração própria

Os mapas constantes na Figura 2 ilustram as distribuições do potencial teórico dos principais substratos pelos municípios brasileiros. Não foi possível obter a tempo a distribuição municipal do potencial associado aos resíduos sólidos urbanos, mas sua contribuição agregada foi considerada na totalização.

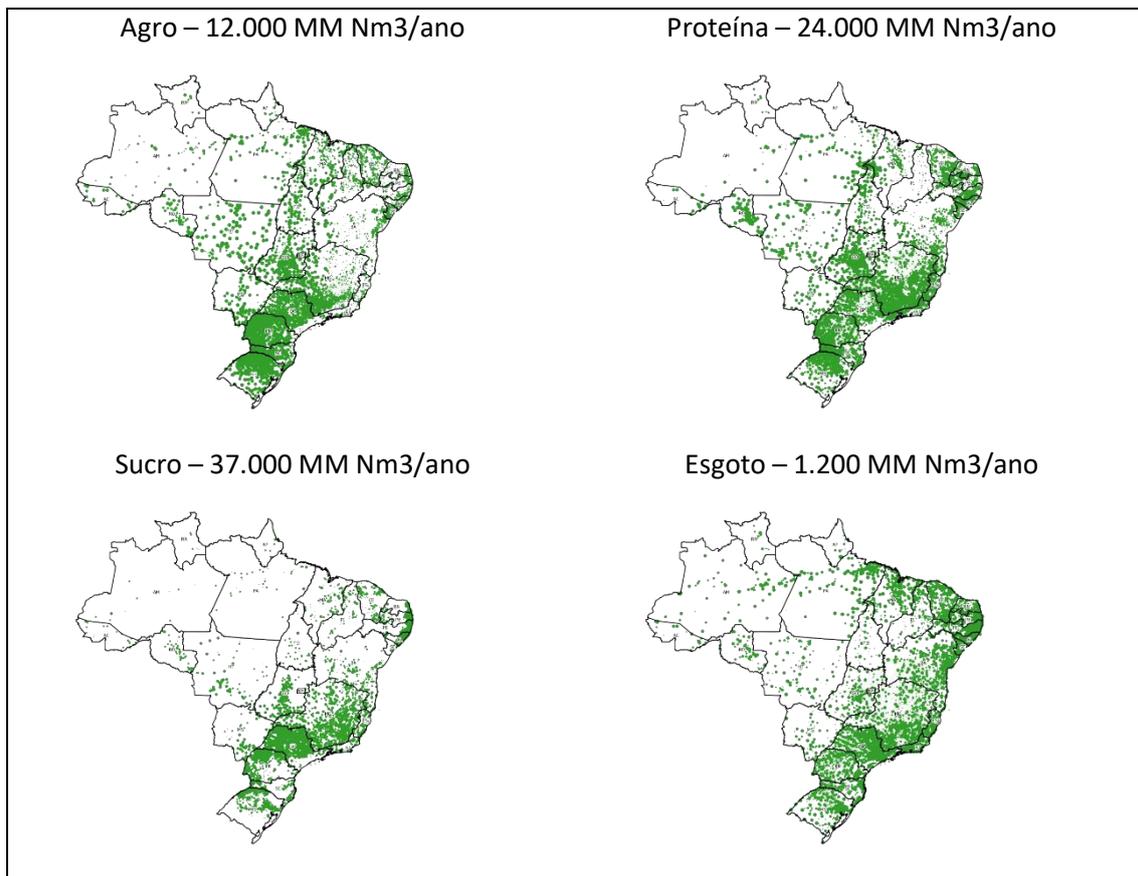


Figura 2 – Potencial teórico de produção de biogás por substrato  
Fonte: Elaboração própria

A totalização do potencial teórico estimado para o Brasil neste ano é de 77.000 MM Nm3/ano, cuja distribuição está ilustrada na Figura 2. Acrescentamos uma camada correspondente às linhas de transmissão da Rede Básica do Sistema Interligado Brasileiro – SIN na Figura 3.

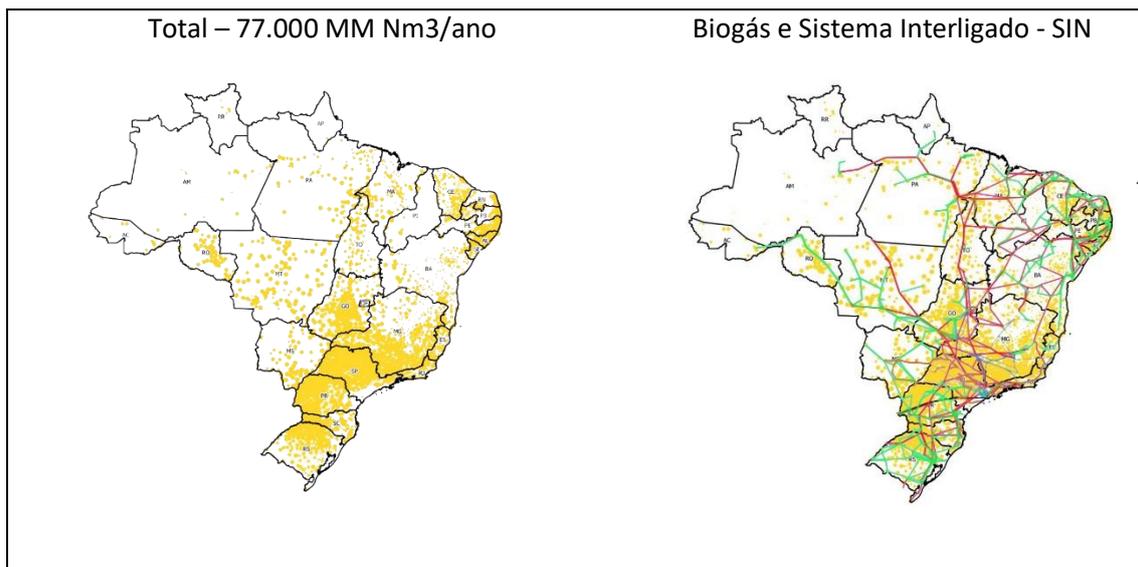


Figura 3 – Potencial teórico total de produção de biogás e a Rede Básica do SIN  
Fonte: Adaptação do ONS. Elaboração própria

Tendo em conta que o potencial está ligado ao volume disponível de resíduos, que decorrem das atividades agropecuárias, industriais e dos resíduos, é possível projetar o seu crescimento ao longo do tempo. Nesse estudo utilizamos a taxa média de longo prazo de 1,5% aa. O gráfico da Figura 4 apresenta a trajetória projetada para o potencial teórico. Destaque-se que recente estudo publicado pelo CIBiogás, revela que, apesar do elevado potencial no país, somente cerca de 2,0 MM Nm<sup>3</sup>/ano de biogás são atualmente produzidos.

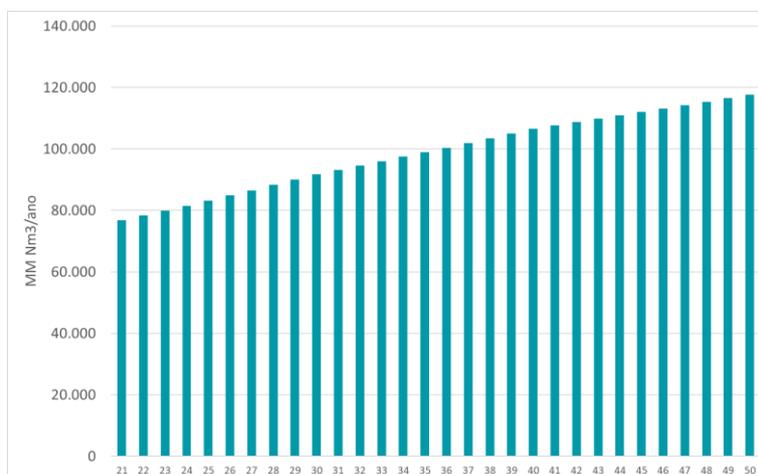


Figura 4 – Projeção do potencial teórico da produção brasileira de biogás  
Fonte: Elaboração própria

Com relação às estimativas da produção de energia elétrica a partir do biogás potencialmente disponível, consideramos a competição entre essa rota tecnológica e a alternativa oferecida pela rota do Biometano. O já referido estudo do CIBiogás que indica que 73% do biogás é direcionado à produção de eletricidade. A estimativa da quantidade de energia elétrica a ser produzida foi calculada utilizando-se a relação de 2,31 kWh/ Nm<sup>3</sup> de biogás. Dessa forma, foi possível calcular o potencial teórico de produção de eletricidade e, mais importante, estimar trajetórias de crescimento dessa produção ao longo do tempo. Projetaram-se três cenários, com base nas expectativas para as curvas de penetração dessa tecnologia, dependentes dos estímulos a serem oferecidos à fonte pelas esperadas políticas de incentivo. Relevantes marcos temporais nesse estudo são os anos de 2030 e 2050, horizontes dos principais estudos da Empresa de Planejamento Energético – EPE. Observa-se num cenário moderado a possibilidade de efetiva produção de 5,0 GWmed já em 2030. Ela corresponde a uma substancial contribuição para o atendimento da carga de energia. A Figura 5 ilustra as projeções para as trajetórias de crescimento da energia elétrica oriunda do biogás.

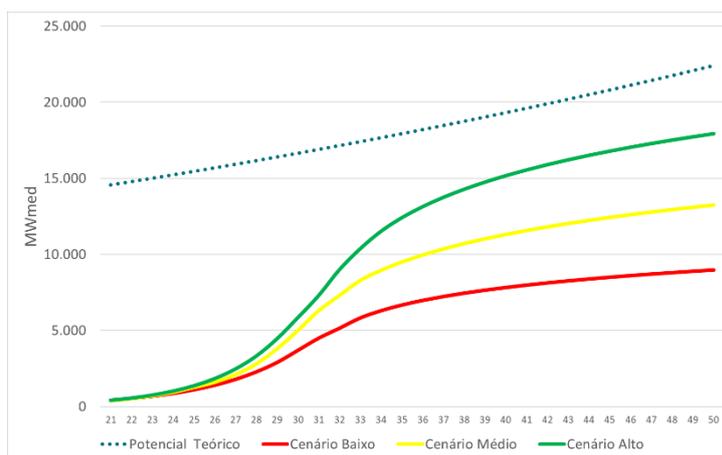


Figura 5 – Trajetórias de penetração da energia elétrica oriunda do biogás

Fonte: Elaboração própria

### Tipologia das instalações

As tecnologias disponíveis para a biodigestão de matéria orgânica são muito diversificadas, desde arranjos muito simples e eventualmente improvisados, até instalações com sofisticados sistemas de controle e elevada produtividade. De modo geral podem-se agrupar esses reatores nos tipos a seguir:

- Chinês – Simples, artesanal, teto rígido, sem controles
- Indiano – Simples, dotado de êmbolo
- Canadense – Lagoa coberta. Pode ou não incorporar agitação ou mecanismos de controle
- CSTR – reator de concreto ou aço, com agitação contínua
- UASB – Adequado para tratamento de lama de esgoto

Destaque-se que o aproveitamento do biogás em aterros sanitário dispensa a presença do reator, dado que a geração do gás é espontânea.

Em vista dos requisitos para a produção de energia elétrica, que se utilizará preferencialmente motogeradores, a produção do biogás nessa rota tecnológica necessita contar com dispositivos de controle, além de exigir maior produtividade na conversão da matéria orgânica em gás. Dessa forma, os reatores mais simples não são os mais indicados para esse aproveitamento.

Outro aspecto a ser observado para a tipificação dos empreendimentos é a sua dimensão. Uma classificação em pequeno, médio e grande portes, proposta pela *IEA Bioenergy* é muito utilizada. Ela considera ainda uma subdivisão desses tipos, com base nas faixas de volume do gás produzido. O CIBiogás adaptou essa tipologia e apresentou uma tabulação das plantas em operação no país em 2020, conforme constante na Figura 6.

Porte		Faixa N m <sup>3</sup> /ano	Quantidade Ud	Produção MM N m <sup>3</sup> /ano
Pequeno	Porte 1	< 500.000	406	91
	Porte 2	500.001 a 1.000.000	90	60
Médio	Porte 3	1.000.001 a 3.500.000	78	136
	Porte 4	3.500.001 a 5.000.000	26	104
Grande	Porte 5	5.000.001 a 30.000.000	25	312
	Porte 6	30.000.001 a 125.000.000	10	689
	Porte 7	> 125.000.001	3	438
			638	1.830

Figura 6 – Classificação de plantas de biogás  
Fonte: Adaptação CIBiogás

### Características técnicas

A produção de energia elétrica a partir do biogás ocorre prioritariamente através de grupos motogeradores de combustão interna. A utilização de miniturbinas para esse fim é ainda incipiente e não representa quantidade significativa de instalações.

As concentrações de metano do biogás variam na faixa de 45% a 70%, a depender da matéria orgânica originária e da tecnologia de digestão. Além disso, a utilização do biogás nos motores de combustão interna requer pré-tratamento, de modo a remover contaminantes. Destacam-se o enxofre, nos casos de resíduos da proteína animal e da sílica, nos aterros sanitários.

Levando-se em conta as concentrações típicas e os rendimentos usuais nos grupos motogeradores a gás adaptados para esse aproveitamento, a relação entre a energia elétrica produzida e o biogás utilizado situa-se na faixa de 2,14 kWh/Nm<sup>3</sup> a 2,47 kWh/Nm<sup>3</sup>. Neste estudo utilizou-se o valor médio de 2,31 kWh/Nm<sup>3</sup> para basear as estimativas e projeções. Associando-se a referida relação média às faixas de produção de biogás estabelecidas na Figura 6, foi possível propor uma classificação de usinas em função da capacidade instalada, acompanhando a tipologia de pequeno, médio e grande porte, conforme indicado na Figura 7.

Porte	Faixa KW
Pequeno	< 500
Médio	501 a 2.500
Grande	> 2.500

Figura 7 – Classificação de usinas elétricas a biogás  
Fonte: Elaboração própria

Nesse segmento a produção de energia é realizada com a utilização de grupos motogeradores, inicialmente desenvolvidos para a utilização de gás natural. Considerando que a concentração de metano, que se situa da faixa já referida, é menor que a do gás natural, são necessárias adaptações nas instalações dos equipamentos, tais como alterações nos diâmetros das tubulações de admissão, na parametrização da pressão de entrada, bem como do módulo

controlador dos equipamentos. As concentrações são medidas através da cromatografia dos gases para a análise do seu poder calorífico.

A partida e a tomada de carga nos motogeradores ajustados para a operação com biogás são bastante rápidas, inferiores a um minuto. Visando a evitar um desgaste acelerado dos equipamentos, esses grupos não devem ser submetidos a regimes de liga e desliga de muito curta duração. Ciclos de operação superiores a três horas são adequados.

Uma importante característica da operação das usinas a biogás é a possibilidade de armazenamento do combustível primário. No caso dos reatores esse armazenamento é obtido através de pulmões ou, no caso das lagoas cobertas, pela própria lona de cobertura. Nos aterros o gás é preexistente e pode ser disponibilizado através da operação das válvulas.

A vida útil média dos grupos motogeradores costuma ser superior a dez anos, estando sujeitos a ciclos de *major overhaul*<sup>1</sup> entre 20.000 horas e 80.000 horas, a depender do fabricante e modelo. Os reatores apresentam vida útil média na ordem de dez anos.

#### Atributos eletroenergéticos

Em decorrência das características operativas das usinas elétricas da fonte biogás e das capacidades instaladas, que em sua grande quase totalidade são inferiores a 30 MW, esses empreendimentos conectam-se nas redes de distribuição, constituindo-se, portanto, como geração distribuída e sendo classificados como usinas do Tipo III<sup>2</sup>. Dessa forma elas não mantêm relacionamento operacional com o ONS.

Esses empreendimentos podem assumir qualquer das modalidades previstas para autorização para geração de energia, ou seja, a produção independente ou a autoprodução de energia. Podem adotar qualquer dos arranjos para a destinação da energia previsto na Regulamentação, sendo os mais comuns:

1. Venda de energia no ACR<sup>3</sup> mediante leilões regulados
2. Venda de energia às distribuidoras nos termos do Decreto 5.163/2004<sup>4</sup>
3. Venda de energia no ACL<sup>5</sup>
4. Autoconsumo
5. Micro e minigeração distribuída<sup>6</sup>.

---

<sup>1</sup> *Major overhaul* é a manutenção periódica de máquinas térmicas onde são substituídos seus principais componentes com o objetivo de recuperar a vida útil do equipamento

<sup>2</sup> Usinas do Tipo III são aquelas que cuja operação não é despachada nem planejada diretamente pelo ONS, segundo as disposições do Submódulo 7.2 dos Procedimentos de Rede do ONS

<sup>3</sup> ACR – Ambiente de Contratação Regulada

<sup>4</sup> O Art. Do Decreto 5.163 faculta a contratação de até 10% da carga das distribuidoras com empreendimentos de geração distribuída conectados em suas redes mediante chamadas públicas

<sup>5</sup> ACL – Ambiente de Contratação Livre

<sup>6</sup> A micro e minigeração distribuída são modalidades instituídas pelas Resoluções Normativas da ANEEL nº 482/2012 e 687/2015. Elas estabelecem uma sistemática de compensação de créditos entre a energia injetada e a retirada da rede de distribuição à qual a unidade consumidora está conectada. Também permite também o atendimento remoto de unidades sob a titularidade de um mesmo responsável através da compensação referida

Destaque-se que as alternativas não são exclusivas, sendo facultado ao gerador alocar a sua produção em mais de um arranjo.

Independentemente na natureza da autorização ou da modalidade de contratação, entretanto, importa saber quais os atributos elétricos que a geração de energia a partir do biogás apresenta e que contribuições elas oferecem para o adequado funcionamento do sistema.

Enquanto geração distribuída, a produção de energia elétrica decorrente do biogás apresenta todas as vantagens dessa modalidade próxima à carga, quais sejam: a redução das perdas, a postergação dos investimentos na distribuição e o alívio de congestionamento dos sistemas de transmissão.

Diferentemente de outras fontes de geração distribuída, entretanto, o regime de produção da fonte biogás é estável e não apresenta intermitência, o que reduz o esforço exigido para o seguimento instantâneo da carga.

O biogás é uma fonte primária decorrente do aproveitamento dos resíduos orgânicos e assim não está sujeita à estocacidade climática. Dessa forma, sua disponibilidade é previsível.

Conforme visto, o biogás é um energético armazenável. O manejo regular dos reatores associado a eventuais pulmões permite acumular combustível, por exemplo, para períodos de sete dias de produção contínua de energia elétrica. No caso dos aterros, o aproveitamento da disponibilidade pré-existente depende somente de decisão operativa. Esse atributo permite que a fonte seja programável, dando a oportunidade de ser acionada no momento adequado ao atendimento das necessidades do sistema, caso o desenho de mercado ofereça a sinalização adequada a esse fim.

Um quadro resumo dos atributos do biogás enquanto fonte primária para a produção de eletricidade pode observado na Figura 8.

<b>Atributo</b>	<b>Características e Benefícios</b>
Geração distribuída	Próxima à carga, colabora para a redução das perdas e congestionamento de redes
Operação controlável	Permite o acionamento discricionário
Energético armazenável	Torna a produção não sujeita à estocacidade
Capacidade de modulação	Permite a resposta aos sinais de preço e propicia o atendimento das necessidades do sistema

Figura 8 – Resumo dos atributos do biogás  
Fonte: Elaboração própria

O conjunto de atributos descrito confere ao biogás uma elevada capacidade de modulação<sup>7</sup>. Essa importante característica permite a realização de uma das principais tarefas do operador de sistemas elétricos, que consiste no planejamento da operação de modo a atender a variações da carga de energia e de potência.

Particular importância da capacidade de modulação é a sua contribuição para o atendimento da ponta de carga do sistema. Nesse período a concentração do consumo exige a disponibilização de maior volume de energia, o que aumenta a responsabilidade das fontes que são capazes de estar programadas e disponíveis. A evolução da composição da matriz brasileira vem

<sup>7</sup> Modulação é a propriedade de distribuir a produção da energia ao longo das horas do dia.

incorporando novas fontes renováveis, mas não são programáveis. No presente, a quase totalidade do esforço de modulação no sistema elétrico brasileiro vem sendo provido pela fonte hídrica, também responsável por todos os demais serviços ancilares<sup>8</sup>. A capacidade de provimento pela fonte hídrica de todos esses serviços, apesar de elevada, não é ilimitada. Apresenta-se dessa forma a contribuição do biogás, que pode assumir importante parcela dos serviços, de modo planejado e eficaz. A figura 9 ilustra uma simulação da contribuição para a modulação da ponta de carga proporcionada por um montante equivalente a 5 GWmed, que podem ser disponibilizados no médio prazo pelo biogás. Os dados de carga correspondem a um dia útil e foram capturados no site do ONS.

---

<sup>8</sup> Serviços ancilares são atividades voltadas a garantir a continuidade do fornecimento, a estabilidade e a segurança do sistema elétrico, bem como a manutenção dos valores da frequência e da tensão

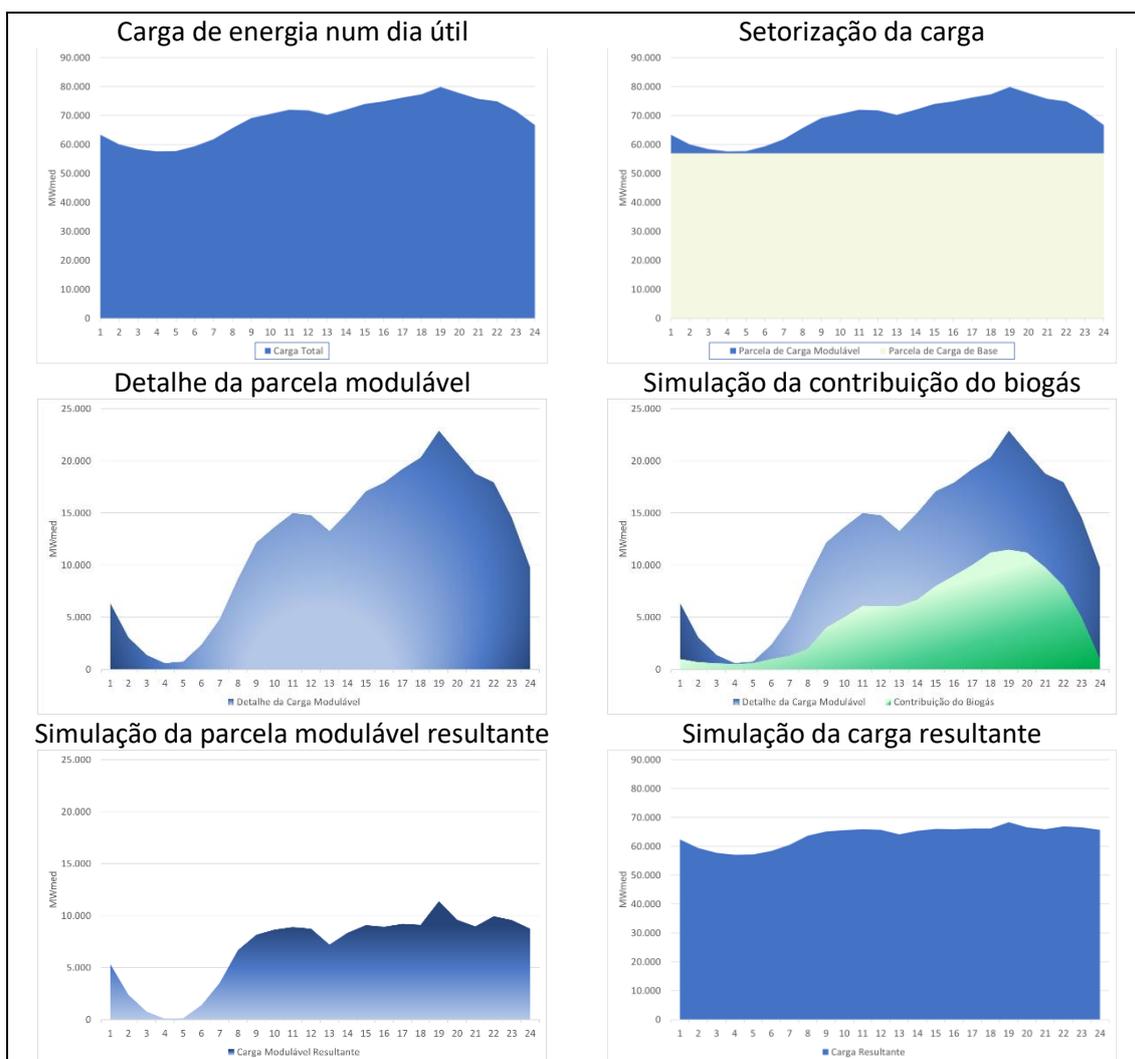


Figura 9 – Simulação da contribuição do biogás na carga de energia do SIN  
Fonte: Elaboração própria

Mais um atributo da energia produzida a partir do biogás, também decorrente da sua elevada capacidade de modulação, é a complementaridade que pode trazer aos portfólios comerciais para o atendimento no Ambiente de Contratação Livre – ACL, particularmente aqueles compostos pelas fontes eólica e solar. Nesses casos, a possibilidade de programar a produção de forma discricionária permite que o biogás preencha as lacunas decorrentes da redução das demais, uniformizando o conjunto e reduzido as exposições horárias. Isso é particularmente relevante no período final das tardes, quando ocorre a natural redução da fonte solar e os preços tendem a se elevar em função da necessidade de rápida assunção de carga por outras fontes, no fenômeno conhecido como “Curva do Pato”<sup>9</sup>. A Figura 10 ilustra uma simulação do efeito da agregação do biogás a uma carteira de uma pequena comercializadora, na ordem de 70 MWmed, composta inicialmente pelas fontes solar e eólica. Observa-se a contribuição proporcionada por cerca de 20 MWmed de energia do biogás ao perfil do portfólio.

<sup>9</sup> A “Curva do Pato” foi a alcunha dada a um gráfico, hoje clássico, que ilustrava o problema do atendimento da carga ao final das tardes, provocado pela rápida penetração da fonte solar na Califórnia

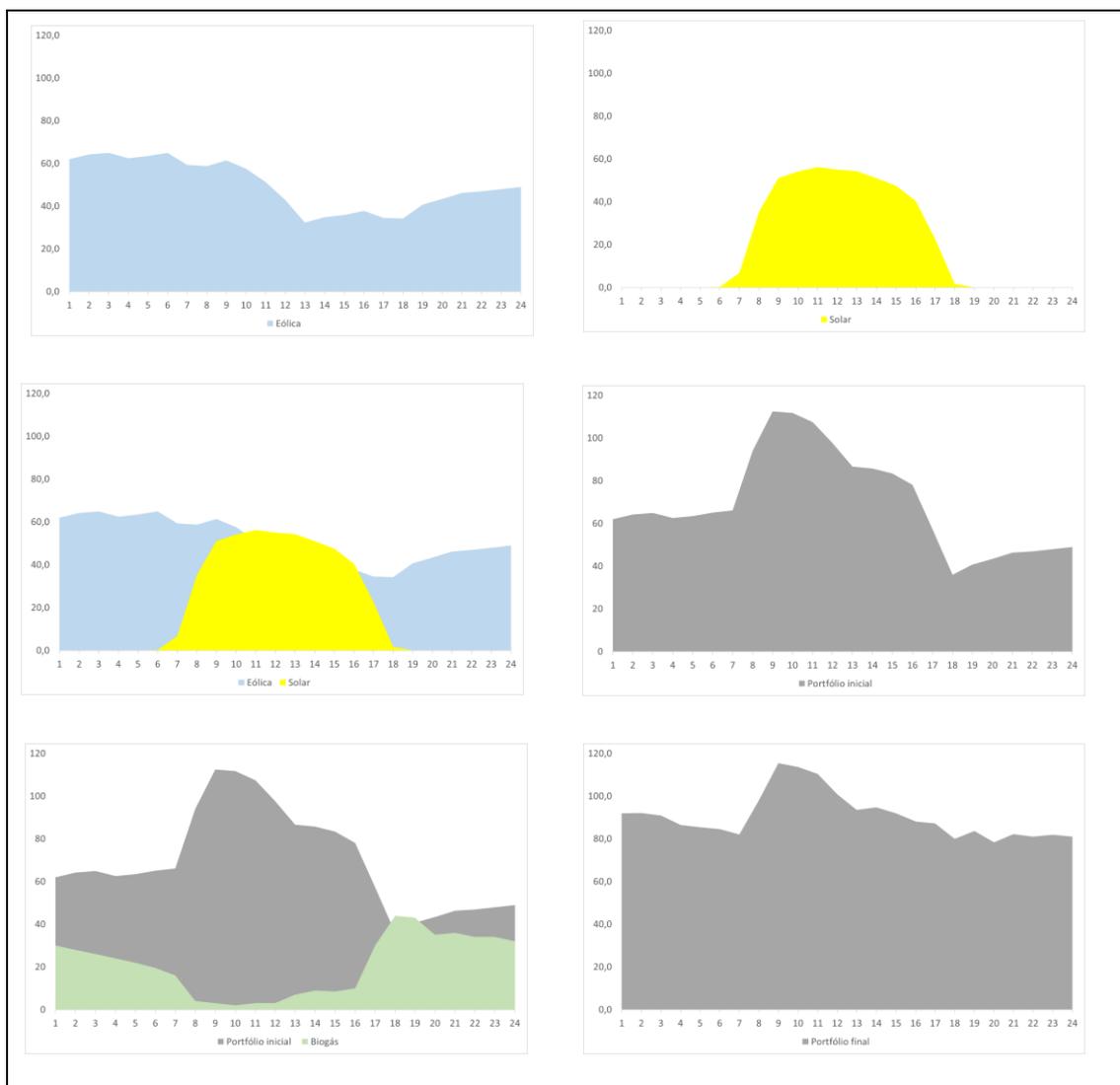


Figura 10 – Participação do biogás num portfólio comercial

Fonte: Elaboração própria

Conforme comentado, a maioria dos serviços ancilares no Sistema Interligado Nacional – SIN é prestada pela fonte hídrica. Apesar das limitações decorrentes do porte das usinas a biogás e da pequena inércia de suas máquinas, elas são capazes, quando tomadas em conjunto, de prestar alguns desses serviços. Além disso, podem atender a outros interesses da distribuição, a exemplo do funcionamento em ilha, contribuindo para a continuidade em alguns sistemas, o controle de tensão e o suporte de reativo. A recente Chamada Pública DIS-GD 001/2020 para Compra de Energia Elétrica e Geração Distribuída pela COPEL exemplifica algumas possibilidades. Nesse certame a distribuidora buscou adquirir energia proveniente de empreendimentos de geração distribuída com capacidade entre 1 MW e 30 MW que demonstrassem aptidão para operar em regime de ilhamento por no mínimo 5 horas ininterruptas. Esses arranjos configuram micro redes, capazes de funcionar em paralelo ou isoladamente do restante do sistema de distribuição.

## Agentes agregadores e usinas virtuais

A rápida penetração dos Recursos Energéticos Distribuídos – RED<sup>10</sup>, associada à difusão massiva de medidores inteligentes e à elevada capacidade de processamento de informações, hoje disponíveis, trouxeram à tona uma visão mais cuidadosa sobre o papel de pequenas usinas no sistema. Inicialmente eram vistas somente como fontes não planejáveis, dispersas, sem possibilidade de comunicação adequada, cuja única contribuição seria a produção inflexível de energia, aleatória e descontrolada. Sem desconsiderar a contribuição proporcionada individualmente pela energia dos pequenos produtores independentes, os RED passaram, a trazer possibilidades de efetiva prestação de diversos outros serviços, desde que agregadas de modo inteligente e participantes de um mercado cujo desenho proporcione os sinais de preço capazes de induzir os comportamentos necessários ao atingimento dos resultados desejados.

Conceito originado nos programas de Respostas da Demanda, exclusivos da carga, resultou fortemente ampliado com as perspectivas da geração distribuída, hoje em grande número e do armazenamento distribuído, em franco desenvolvimento. Assim, a ideia da Usinas Virtuais combina várias unidades geradoras distribuídas de pequeno tamanho para formar uma "única unidade geradora" que pode atuar apresentando os mesmos resultados de uma usina de grande porte, tornando-se capaz de ser visível ou gerenciável como uma central elétrica única. Ela é uma representação flexível de um portfólio de RED, que pode oferecer serviços para o operador do sistema e contratar no mercado de energia. O coração da Usina Virtual é um sistema de gerenciamento que coordena os fluxos de energia provenientes dos geradores, cargas e armazenamentos controláveis. A comunicação é bidirecional, para que a Usina Virtual possa receber informações sobre o status atual de cada unidade e também enviar os sinais para controle em tempo real.

As *VPP* ou *Virtual Power Plants*, como a literatura internacional denomina as Usinas Virtuais, avançam rapidamente em alguns mercados, como na Itália e Alemanha, entre outros. Sua adoção acompanha a penetração das redes inteligentes, ou *Smart Grids*, inexoráveis em todo o mundo. No Brasil a figura do Agregador já estava prevista na regulamentação da Resposta da Demanda desde 2017 e avança para incorporar os demais RED no seu escopo.

Através do conceito das Usinas Virtuais, que se apresentam na dimensão comercial e na dimensão operativa, empreendimentos individuais podem obter acesso e visibilidade em todos os mercados de energia. É possível assim monetizar de forma mais efetiva não somente a energia produzida, como também todos os serviços que venham a prestar, de modo a viabilizar as usinas individuais, com vistas nos benefícios que inegavelmente podem oferecer.

O aproveitamento do virtuoso conceito das Usinas Virtuais depende da estruturação da figura dos Agregadores, que centralizará as relações operativas e comerciais entre todos os envolvidos. Essa construção passa pelo desenho do mercado de varejo, pelo aprimoramento da precificação dos serviços e a adaptação dos Procedimentos de Rede, no sentido da implementação de um mercado de Serviços Ancilares Distribuídos que permita: i) a integração econômica em larga escala de fontes renováveis energias, mantendo a segurança do sistema; ii) o aproveitamento da flexibilidade das pequenas usinas para a gestão das redes; e iii) o aumento da eficiência global da energia elétrica. A Figura 11 ilustra o esquema relacional das Usinas Virtuais centradas nos Agregadores.

---

<sup>10</sup> Os Recursos Energéticos Distribuídos – RED são alternativas para o atendimento energético próximo à carga integradas pela geração distribuída, o armazenamento distribuído, a resposta da demanda e a eficiência energética

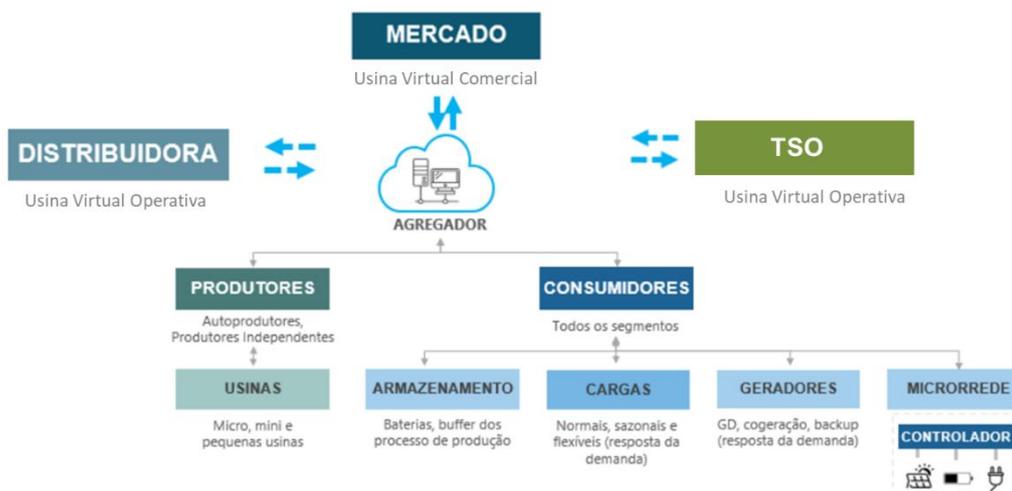


Figura 11 – Agregador e as Usinas Virtuais  
Fonte: Adaptação AES Brasil

## Conclusões

Ao longo do desenvolvimento do trabalho foram se confirmando as inferências que o senso comum apontava e já tinham sido contempladas em estudos anteriores. O elevadíssimo potencial brasileiro para a produção de biomassa residual na agroindústria, além dos resíduos de sua numerosa população, ao mesmo tempo que se constituem em valioso ativo energético, representam passivo ambiental não desprezível.

Quando se cogita o aproveitamento das externalidades ambientais na transformação da biomassa residual em energia elétrica, mais do que pensar em deslocamento de carbono na geração de energia, que não é um problema relevante no país, é de evitar a emissão desordenada de metano na atmosfera que se trata. Essa emissão seria, como presentemente o é, decorrência natural do descarte inadequado dos resíduos, cujas consequências extrapolam a contribuição para o aquecimento global, ameaçando concomitantemente em muitos casos as populações locais com a contaminação dos solos e a poluição dos corpos d'água.

Considerando os valores econômicos mobilizados na economia circular dos resíduos, verifica-se que, diferentemente de outras fontes cujo custo do energético primário é positivo, no caso dos combustíveis fósseis, ou nulo, como nas fontes eólica e solar, para o biogás o custo é negativo: a transformação e destino da biomassa residual correspondem a uma desoneração das cadeias produtivas. No caso da rota elétrica para o aproveitamento do biogás, identificou-se a necessidade de aprofundamento dessa abordagem nos custos, em consonância com as disposições da Lei 14.120, que trata da consideração dos atributos ambientais no setor elétrico em consonância com os mecanismos para a garantia da segurança e do suprimento.

Restou evidente que um dos principais atributos do biogás enquanto fonte primária para a geração de eletricidade é a sua elevada capacidade de modulação, decorrente da possibilidade de armazenamento de curto prazo do energético primário, bem como das características técnicas dos sistemas motogeradores usualmente empregados. A flexibilidade e a plasticidade da geração a biogás, que pode ser discricionariamente despachada, permitem que a produção seja programada para os períodos mais necessários, com reflexos saneadores tanto para os

portfólios comerciais de que façam parte, quanto para a operação do sistema interligado. São evidentes também as possibilidades dessa fonte participar do provimento de serviços ancilares, bem como de prestar outros serviços elétricos aos sistemas de distribuição.

Diferentemente de outras fontes mais apropriadas para a geração inflexível, de baixo custo e voltada para o atendimento da carga de base, o “Oceano Azul”<sup>11</sup> do biogás é a colaboração para o atendimento da parcela modulável da carga.

A viabilização da geração a biogás em arranjos que sejam perceptíveis, a ponto de proporcionarem os benefícios demonstrados para o sistema, depende do desenvolvimento da figura dos agentes agregadores, hoje em discussão em todo o mundo. Esse avanço abre o caminho para o desenvolvimento de um mercado de serviços ancilares distribuídos, capaz de colaborar para desonerar a fonte hídrica da exclusividade nessa prestação.

As simulações sobre as receitas necessárias para a viabilização dos empreendimentos indicaram a necessidade de políticas de apoio para o desenvolvimento dessa rota no sentido do seu amadurecimento, cujos caminhos já são conhecidos dos formuladores responsáveis pelo segmento energético do país. Passam pela viabilização das contratações dessas fontes, inclusive nos leilões regulados, o apoio na desoneração dos custos de investimento, bem como o suporte para o aprimoramento tecnológico e ganhos de escala, com vistas ao aumento da produtividade dos sistemas.

É fundamental avançar nas sistemáticas de precificação, promovendo os aprimoramentos capazes de modo a remunerar a energia, a potência e a flexibilidade e assim monetizar adequadamente esses atributos nos arranjos comerciais a serem estabelecidos nesse novo desenho de mercado.

A progressiva penetração dos recursos energéticos distribuídos na indústria elétrica vem provocando uma transformação nas estratégias de operação dos sistemas, que migram da lógica de comando & controle, associada ao despacho centralizado, para a lógica da inteligência distribuída, direcionada por incentivos. Nesse contexto contar com fontes capazes de reagir aos sinais de preços e operar de forma sinérgica e programável é um grande trunfo.

Observa-se que as principais rotas tecnológicas para o aproveitamento do biogás, tanto a eletricidade quanto o biometano, são muito benéficas à matriz energética nacional, devendo as escolhas ser avaliadas caso a caso. Nesse particular, chama atenção a possibilidade de o biogás ser destinado alternativamente a ambas as rotas. Nesses casos as instalações deverão ser preparadas gerar energia elétrica como também para produzir biometano. Esse último para uso próprio ou injeção na rede de distribuição de gás. Essa interessante flexibilidade permite aumentar a atratividade dos projetos, viabilizando a participação em eventuais produtos de capacidade demandados pelo sistema elétrico e permitindo que concomitantemente o energético seja monetizado em outros horários.

Não é demasiado, entretanto, ressaltar que para o setor elétrico se apropriar da elevada contribuição proporcionada pelos atributos da eletricidade oriunda do biogás serão indispensáveis a sua valorização e adequada precificação

---

<sup>11</sup> A Estratégia do Oceano Azul, 2005, é uma obra de W. Chan Kime e Renée Mauborgne que trata da descoberta e cultivo dos nichos de excelência, evitando a competição predatória

Bibliografia

**ABIOGÁS. O Potencial Brasileiro do Biogás**

**CHAVES, F. Serviços ancilares através da geração distribuída: reserva de potência ativa e suporte de reativos.** Tese

**CIBIOGÁS. Panorama do Biogás no Brasil. NT 001/2021**

**COPEL. Chamada Pública DIS-GD/2020**

**CUPOLLO, M. Mitigação de Riscos e Controles para Melhoria de Resultados na Implantação de Projetos de Biogás para Produção de Energia Elétrica no Brasil.** TCC

**EPE. Demanda de Energia 2050. NT 013/15**

**EPE. NT 003/2017**

**EPE. Resposta da Demanda – Conceitos, Aspectos Regulatórios e Planejamento Energético.**

**MARIANI, L. Biogás: diagnóstico e propostas de ações para incentivar seu uso no Brasil.** Tese  
**MME. NT 05/2017**

**ONS. Procedimentos de Rede. Submódulo 7.2**

**ONS. Relatório do Workshop de Serviços Ancilares**

**SABOORI, H. et al. Virtual Power Plant (VPP), Definition, Concept, Components and Types**

**SALMANI, M. et al. Virtual Power Plant: New Solution for Managing Distributed Generations in Decentralized Power Systems**