



## Aplicações do Biogás para Geração de Energia Elétrica



**CIBIOGAS**  
ENERGIAS RENOVÁVEIS



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



## Parceiros do Projeto



## Parceiros nesta Atividade



## Comitê Diretor do Projeto



UNITED NATIONS  
INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION



GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY  
INVESTING IN OUR PLANET

MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



[www.gefbiogas.org.br](http://www.gefbiogas.org.br)

This project/program is funded by the Global Environment Facility

# Projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” (GEF Biogás Brasil)



Este documento está sob a licença Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License. Citações ao material deste documento devem ser da seguinte forma:

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIA; CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. **Aplicações do biogás para geração de energia elétrica**. Brasília: MCTI, 2020. *E-book*. (Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira: GEF Biogás Brasil).

## COMITÊ DIRETOR DO PROJETO

Fundo Global para o Meio Ambiente

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Ministério de Minas e Energia

Ministério do Meio Ambiente

Ministério do Desenvolvimento Regional

Centro Internacional de Energias Renováveis

Itaipu Binacional

## PARCEIROS DO PROJETO

Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

Associação Brasileira do Biogás

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

## FICHA TÉCNICA

### Nome do produto:

Aplicações do biogás para geração de energia elétrica

### Entidade(s) diretamente envolvida(s):

Centro Internacional de Energias Renováveis - CIBiogás

### Autoria e coautoria:

Breno Carneiro Pinheiro - CIBiogás  
Daiana Gotardo Martinez – CIBiogás| UNIDO  
Nadia Carolina Ribeiro - CIBiogás  
Natalí Nunes dos Reis da Silva - CIBiogás  
Patricia Poloni – CIBiogás

### Revisão técnica:

Alessandra Freddo - CIBiogás  
Carlos Clare Sencio Paes – ER.BR Geradores  
Karina Navarro - CIBiogás

### Coordenação:

Felipe Souza Marques

### Editoração:

Nicole Mattiello

### Data da publicação:

Agosto, 2022.

O68a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial.

Aplicações do biogás para geração de energia elétrica / Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial ; Comitê diretor do projeto Centro Internacional de Energias Renováveis. – Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020. 94 p.: il. – (GEF Biogás Brasil)

ISBN: 978-65-87432-44-1

1. Biogás – Geração de energia elétrica. 2. Biogás – Suprimento energético. 3. Sistema de geração de energia elétrica – Fontes alternativas. I. Pinheiro, Breno Carneiro. II. Martinez, Daiana Gotardo. III. Ribeiro, Nadia Carolina. IV. Silva, Natalí Nunes dos Reis da. V. Poloni, Patricia. VI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. VII. UNIDO. VIII. Centro Internacional de Energias Renováveis. IX. CIBiogás. X. Projeto Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira. XI. Centro Internacional de Energia Renováveis. XII. Título. XIII. Série.

CDU 662.767.2



## APRESENTAÇÃO

O Projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira” (GEF Biogás Brasil) reúne o esforço coletivo de organismos internacionais, setor privado, entidades setoriais e do Governo Federal em prol da diversificação da matriz energética do país por meio do biogás.

O Projeto é liderado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), implementado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO), financiado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF), e conta com o Centro Internacional de Energias Renováveis (CIBiogás) como principal entidade executora.

O objetivo do Projeto é reduzir a emissão de gases de efeito estufa, fortalecendo as cadeias de valor e inovação tecnológica ligadas à produção de biogás. Por meio de ações concretas, o Projeto amplia a oferta de energia e combustível no Brasil a partir da geração de biogás e biometano, fortalecendo as cadeias nacionais de fornecimento de tecnologia no setor e facilitando investimentos.

O biogás é uma fonte renovável de energia elétrica, energia térmica e combustível. Seu processamento também resulta em biofertilizantes de alta qualidade para uso agrícola. A gestão sustentável dos resíduos orgânicos provenientes da agroindústria e de ambientes urbanos por meio da produção de biogás traz um diferencial competitivo para a economia brasileira. Desenvolver a cadeia de valor do biogás significa investir em uma economia circular envolvendo inovação e novas oportunidades de negócios. Indústrias de equipamentos e serviços, concessionárias de energia e gás, produtores rurais e administrações municipais estão entre os beneficiários do Projeto, que conta com US \$7,828,000 em investimentos diretos.

Com abordagem inicial na Região Sul e no Distrito Federal, o Projeto gera impactos positivos para todo o país. As atividades do Projeto incluem a atuação direta junto a empresas, cooperativas e entidades da governança do biogás para implementar acordos de cooperação, fazer análises de mercado, desenvolver modelos de negócio inovadores e atrair investimentos nacionais e internacionais.

O Projeto também investe diretamente na otimização de plantas de biogás mais eficientes, seguras e com modelos replicáveis, entregando ao mercado exemplos práticos de sucesso operacional. Além disso, o Projeto desenvolve ferramentas digitais e atividades de capacitação que atualizam e dinamizam o setor, facilitando o desenvolvimento de projetos executivos de biogás. Em paralelo, especialistas do Projeto desenvolvem estudos técnicos com dados inéditos que apoiam o avanço de políticas públicas favoráveis ao biogás. Dessa forma, o Projeto entrega para o mercado brasileiro mais competitividade, fomentando o biogás como um grande catalizador de novas oportunidades.



# Aplicações do Biogás para Geração de Energia Elétrica

**Data da Publicação:**

**Agosto/2022**

# Sumário

Introdução .....	8
Capítulo 1: Aspectos gerais sobre o biogás .....	10
1.1. Potencial do aproveitamento energético do biogás.....	12
1.2. Panorama do biogás para geração de energia elétrica a nível nacional	14
Capítulo 2: Aspectos regulatórios para geração de energia elétrica a biogás..	17
2.1. Sistema de compensação de energia .....	21
Capítulo 3: Aspectos técnicos para geração de energia elétrica a biogás .....	34
3.1. Sistema de geração de energia elétrica a biogás .....	40
3.1.1. Características do biogás .....	40
3.1.2. Regime de operação .....	43
3.1.3. Relação biogás <i>versus</i> eficiência elétrica.....	44
3.1.4. Valores de investimento para implantação e custos de operação do sistema de geração de energia elétrica a biogás .....	47
3.2. Procedimento para conexão em geração distribuída a partir do sistema de compensação .....	50
3.2.1. Etapas do procedimento de acesso.....	54
3.2.2. Definição da unidade consumidora (UC) .....	56
3.2.3. Realização da consulta de acesso .....	61
3.2.4. Solicitar os dados da rede .....	64
3.2.5. Realização da Solicitação de Acesso .....	66
3.2.6. Solicitação da Vistoria da Concessionária.....	81
3.2.7. Realização da Vistoria .....	82
3.2.8. Aprovação do Ponto de Medição e Início da Compensação .....	82
3.2.9. Resumo e Prazos do Procedimento de Acesso .....	83
3.3. Estudo de caso: planta de biogás para geração de energia elétrica ...	85
Considerações Finais.....	90
Agradecimentos .....	92
Referências .....	93

### Resumo/Abstract

#### PORTUGUÊS

O biogás possui especificidades que o definem como geração firme, ou mesmo, geração de base, tais como armazenamento, despacho controlável, operação ininterrupta e atendimento energético em todos os períodos do dia. Devido a estes atributos, esta fonte energética permite a geração descentralizada de energia elétrica, atrelando segurança energética e maior qualidade no suprimento nos locais implantados. Neste contexto o presente documento se insere, evidenciando aspectos técnicos – tecnologias disponíveis e equipamentos que compõe o sistema de geração de energia elétrica a biogás; regulatórios – oportunidades para negociação da geração de energia elétrica a biogás no âmbito do mercado livre e regulado; e, de mercado – norteando em relação aos investimentos para implementação de projetos de geração de energia elétrica a biogás. Além disso, informações sobre potencial de produção de biogás, a nível nacional e Sul do país, são dispostos ao longo do documento.

**Palavras-chave:** Biogás, energia elétrica, qualidade de energia, segurança energética.

#### ENGLISH

Biogas has specificities that define it as firm generation, or even base generation, such as storage, controllable dispatch, uninterrupted operation and energy service in all periods of the day. Due to these attributes, this energy source allows the decentralized generation of electric energy, linking energy security and higher quality in the supply in the implanted areas. In this context the present document is inserted, highlighting technical aspects – available technologies and equipment that compose the system of biogas power generation, regulatory – opportunities for negotiation of biogas power generation in the “open” and “regulated” market; and market – guiding in relation to investments for implementation of biogas power generation projects. In addition, information on the potential for biogas production, at the national level and in the south region of the country, is arranged throughout the document.

**Keywords:** Biogas, electric power, energy quality, energy safety.

### Impactos

O biogás é uma fonte energética chave no processo de descentralização da geração de energia elétrica, com enorme potencial de exploração no Brasil. Pelas características de fonte despachável, firme e estar associado ao tratamento e aproveitamento dos resíduos agroindustriais e urbanos o biogás posiciona-se de forma estratégica no setor energético. Neste contexto, este documento se insere, indicando o potencial de biogás a nível nacional e região Sul do país, além de abordar aspectos técnicos e regulatórios envolvendo a aplicação do biogás para geração de energia elétrica.

Em relação as oportunidades no campo regulatório, serão identificados ao longo do guia os cenários que podem impulsionar o biogás para geração de energia elétrica, sendo destacados os ambientes para negociação no setor elétrico, norteando quanto as possibilidades à nível nacional.

Em termos técnicos, serão elencadas as tecnologias nacionais, as diferentes faixas de potência disponibilizadas e os custos atrelados à implantação e operação dos projetos. Além disso, serão dispostos os procedimentos para adesão ao sistema de compensação, sendo enfatizados aspectos específicos para projetos de biogás.

Diante das informações dispostas, espera-se contribuir na disseminação de informações sobre as tecnologias e padronização de procedimentos para geração de energia elétrica a biogás, reduzindo a assimetria quanto a estes aspectos.

### Introdução

Este documento foi desenvolvido para levar até você informações sobre a aplicação do biogás para geração de energia elétrica, umas das várias formas de valorização desta fonte renovável. Isto porque o biogás pode ser aplicado também à geração de energia térmica, ou ainda, ser submetido a um processo de purificação para obtenção de biometano, permitindo seu uso como combustível veicular. Essas aplicações não serão abordadas neste material, mas é importante compreender que existem diferentes usos para este ativo energético.

Ao longo deste documento, você poderá perceber que o potencial para exploração desta fonte energética em nosso país é enorme. O Brasil conta com um volume vasto e uma diversidade de substratos disponíveis para produção de biogás, permeando desde os dejetos de animais, como bovinos, suínos e aves, até os efluentes industriais, agroindustriais e do saneamento.

Algumas questões podem estar surgindo neste momento, como:

- Aplicação energética do biogás? Mas o biogás, por si só, não é valorizado?
- Quais são as oportunidades no mercado nacional para geração de energia elétrica a biogás?
- Quais são as vantagens e benefícios de utilizar o biogás para geração de energia elétrica?
- Como efetivamente aplicar o biogás à geração de energia elétrica?
- Quais tecnologias podem ser utilizadas nesse processo?
- Como conectar a unidade geradora de energia elétrica a biogás na rede de distribuição?

Para responder a essas e outras questões, este guia traz orientações práticas, com o objetivo de auxiliar você no entendimento sobre a geração de energia elétrica a partir dessa fonte, abordando desde a conceituação do biogás até a implementação de um projeto.

Para melhor compreensão de todas essas informações, o conteúdo está dividido em 03 (três) capítulos principais, sendo:

- Capítulo 1: Aspectos gerais sobre o biogás;

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

- Capítulo 2: Aspectos regulatórios sobre a geração de energia elétrica a biogás; e
- Capítulo 3: Aspectos técnicos sobre a geração de energia elétrica a biogás.

O objetivo deste material é demonstrar que os projetos de biogás para geração de energia elétrica são uma opção aderente à matriz energética em nosso país, podendo ser implementados em diferentes escalas, com diversos substratos, arranjos individuais e coletivos, ofertando benefícios que extrapolam os energéticos, envolvendo também aspectos ambientais e sociais na utilização desta fonte. Neste sentido, convidamos você a ler este material atentamente e discuti-lo com outros interessados na valorização desse energético.

# Capítulo 1: Aspectos gerais sobre o biogás

Para analisar o potencial do biogás, seus benefícios e vantagens para o setor elétrico, é necessário entender sua conceituação e forma de obtenção, por isso, **vamos começar “do começo”**, explicando os detalhes a respeito dessa fonte energética.

### Afinal, o que é o biogás? Qual sua conceituação?

O biogás é uma mistura de gases composto majoritariamente por metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o que lhe confere um alto poder calorífico (PC), ou seja, um alto potencial de combustão e aplicação energética.



#### Fique atento!

O poder calorífico pode ser associado a quantidade de **energia interna contida no biogás**, por isso, quanto mais alto for o poder calorífico, maior será a energia contida.

$$\uparrow \text{PC} = \uparrow \text{energia contida no biogás}$$

A **energia contida no biogás é a química**, associada a concentração de metano. Para obtenção da energia elétrica, uma das aplicações energéticas dessa fonte, é necessário que a **energia química seja convertida em energia mecânica no motor e na sequência em energia elétrica por meio do alternador do gerador.**

A obtenção do biogás ocorre a partir da digestão anaeróbia de substratos que, de forma simplificada, se trata de um processo fermentativo de efluentes, resíduos ou qualquer outro tipo de matéria orgânica em ambiente fechado, livre de oxigênio (condição oferecida por biodigestores).

No Brasil há uma grande diversidade de substratos disponíveis aptos à produção de biogás, sendo os dejetos de animais (bovinos, suínos e aves), efluentes industriais, agroindustriais e saneamento (estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários) os mais usuais, por conta das suas características e tecnologias de biodigestão disponíveis.



### Saiba Mais!

Você deve estar se perguntando, quanto cada substrato pode produzir de biogás?

A resposta é que depende de qual substratos estamos tratando. O correto é que sejam realizadas análises laboratoriais para que a resposta seja assertiva e esteja mais próxima da realidade da unidade de produção em escala real. Porém, existem parâmetros gerais disponibilizados, que podem ser acessados pelos links abaixo.

[Nota Técnica – Produção de biogás a partir da biodigestão de dejetos suínos em fase de terminação no Oeste do Paraná;](#)

[Nota Técnica – Produção de biogás a partir de dejetos da bovinocultura de leite e corte;](#)

[Nota Técnica – Produção de biogás a partir de resíduos da avicultura de corte.](#)

Além disso, o CIBiogás disponibiliza de uma ferramenta online, a "[Calculadora do Biogás](#)", que dispõe de estimativas de potencial de resíduos da agropecuária.

Aliado à vantagem de o biogás ser produzido a partir de uma vasta gama de substratos, existem especificidades e atributos que o difere das demais fontes energéticas. Entre as características principais está o fato de o biogás ser um combustível armazenável, **permitindo um despacho controlável, operação ininterrupta e atendimento energético em todos os períodos do dia**, inclusive nos de alta demanda.

Os referidos aspectos concedem ao biogás a conceituação de **geração firme**, parâmetro essencial para segurança energética e suprimento de qualidade (Figura 1).



Figura 1. Atributos do biogás.

Fonte: Acervo CIBiogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Ademais, por conta das peculiaridades, o biogás pode ser aproveitado a partir de arranjos individuais ou coletivos, permitindo a exploração de forma distribuída ou centralizada. Com isso, os projetos podem estar alocados em áreas com grande disponibilidade de substratos, em centrais para recebimento dos substratos de diversos fornecedores, ou ainda a produção de biogás pode ocorrer de maneira descentralizada, transportando o combustível por uma rede de gás.

### 1.1. Potencial do aproveitamento energético do biogás

Conforme mencionado anteriormente o Brasil é um dos países com maior potencial de produção de biogás do mundo, devido a diversidade e disponibilidade de biomassa residual.

#### Mas afinal, qual é o valor deste potencial a ser explorado em nosso país?

O potencial brasileiro de produção de biogás, de acordo com a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás) é de **84,6 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano**, considerando os setores sucroenergético, agroindustrial e de saneamento.

Em relação a região Sul do país, foco deste estudo, o potencial de biogás mapeado pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (UNIDO) no âmbito do projeto “Aplicações do Biogás na Agroindústria Brasileira”, analisando substratos da pecuária (suinocultura, bovinocultura e avicultura) e agroindústria (resíduos oriundos da indústria de processo de mandioca, laticínios e abatedouro) é de **2,95 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano**.

Classificando o potencial por setores, conforme apresenta a Figura 2, nota-se que a agroindústria responde pelo valor majoritário de 53%, enquanto a pecuária detém 47% do potencial da região Sul.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

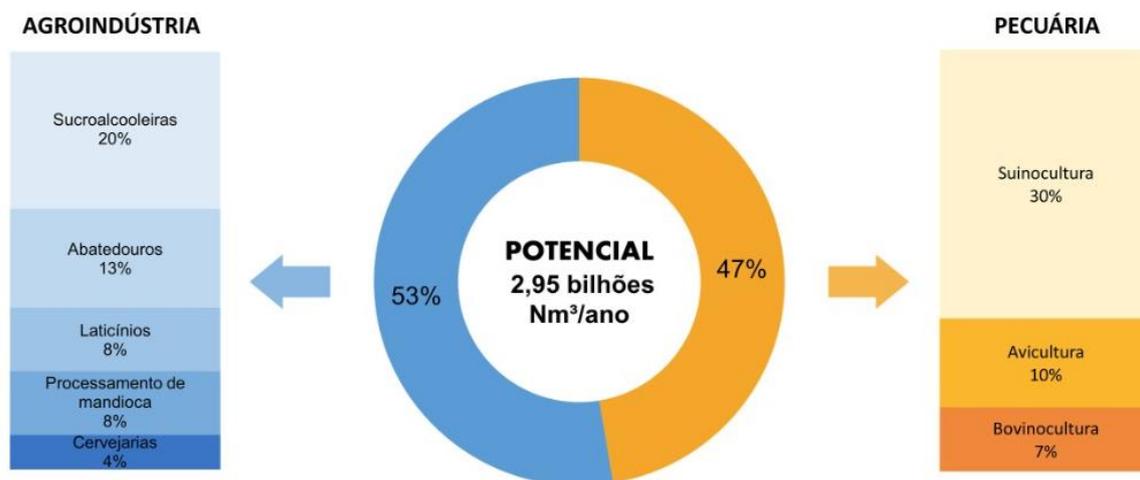


Figura 2. Representatividade do potencial de produção de biogás na região Sul do Brasil.

Destes 2,95 bilhões Nm<sup>3</sup>/ano de biogás em potencial, cerca de 50% está concentrado no Paraná (1,47 bilhões Nm<sup>3</sup>/ano), 25,1% em Santa Catarina (743,34 milhões Nm<sup>3</sup>/ano) e 24,9% no Rio Grande do Sul (736,16 milhões Nm<sup>3</sup>/ano).

### De todo esse potencial, quanto é aproveitado energeticamente em nosso país?

- A nível nacional, dos **84,6 bilhões Nm<sup>3</sup>/ano** de biogás em potencial, são aproveitados apenas **1,5%**, ou seja, **1,3 bilhões de Nm<sup>3</sup>/ano**<sup>1</sup>.
- A nível regional, para o Sul do país, dos **2,95 bilhões Nm<sup>3</sup>/ano**, somente **5,1%** ou **150,8 milhões Nm<sup>3</sup>/ano**<sup>2</sup> são aproveitados.

Note que de todo esse potencial há muito a ser explorado dessa fonte renovável, o que abre oportunidades para novos arranjos e modelos de negócio, inclusive para geração de energia elétrica. Para análise das oportunidades é importante compreender e mapear o panorama nacional, por isso, na sequência, serão repassados dados detalhados quanto ao biogás aplicado à geração de energia elétrica em nível nacional.

<sup>1</sup> Dado obtido através do [Biogasmap](#), considerando levantamento realizado das plantas em operação até 31 de dezembro de 2019, para as fontes de substrato: agropecuária, indústria e RSU (resíduos sólidos urbanos) ou esgoto.

<sup>2</sup> Dado obtido através do [Biogasmap](#), considerando levantamento realizado das plantas em operação até 31 de dezembro de 2019, para as fontes de substrato: agropecuária e indústria.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### 1.2. Panorama do biogás para geração de energia elétrica a nível nacional

Até o momento, verificamos a conceituação do biogás, o potencial deste ativo energético no Brasil e a representatividade desta fonte nas aplicações energéticas.

#### Porém, como o biogás está inserido na matriz elétrica brasileira?

Por meio do [Biogasmapp](#), ferramenta *web* implementada e disponibilizada pelo Centro Internacional de Energia Renováveis – CIBiogás em cooperação com parceiros, é possível visualizar as unidades de produção e do uso energético de biogás em um mapa dinâmico, público e online.

Dessa forma, por meio do mapeamento, das 521 plantas em operação, 439 unidades são destinadas a geração de energia elétrica (ou 84%), conforme apresentado na Figura 3.

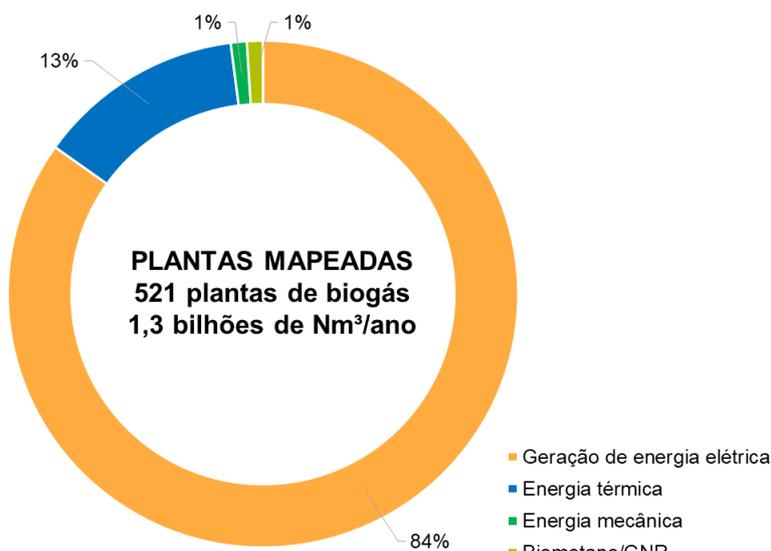


Figura 3. Representatividade da aplicabilidade do biogás à nível nacional.



#### Saiba Mais!

Como o foco desse documento é a aplicação do biogás para geração de energia elétrica, sendo essa a aplicação majoritária da fonte a nível nacional, as análises serão restritas ao setor elétrico.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Quando comparado esse número de plantas mapeado pelo Biogasmapp aos dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)<sup>3</sup>, constata-se que cerca de 45% das unidades estão inseridas na rede de distribuição por meio do **sistema de compensação** de energia elétrica. A parcela restante das plantas se enquadram basicamente em geração própria em operação ilhada ou são exploradas via Ambiente de Contratação Livre (ACL) – mercado livre.



### Fique tranquilo!

Fique tranquilo caso não saiba o que é **sistema de compensação** de energia, ou ainda, **Ambiente de Contratação Livre (ACL)**!

O próximo capítulo será destinado a análise das possibilidades e oportunidades para o biogás no setor elétrico a nível nacional. Mas, para adiantar o conceito de sistema de compensação, vale deixar claro que foi uma alternativa direcionada ao setor elétrico em 2012, por meio da ANEEL pela **Resolução Normativa nº 482**, para geração distribuída (GD) de pequeno porte.

A evolução da entrada de empreendimentos de 2012 a 2019 a nível nacional pode ser observada na Figura 4, sendo explicitadas as categorias em que as plantas estão enquadradas.

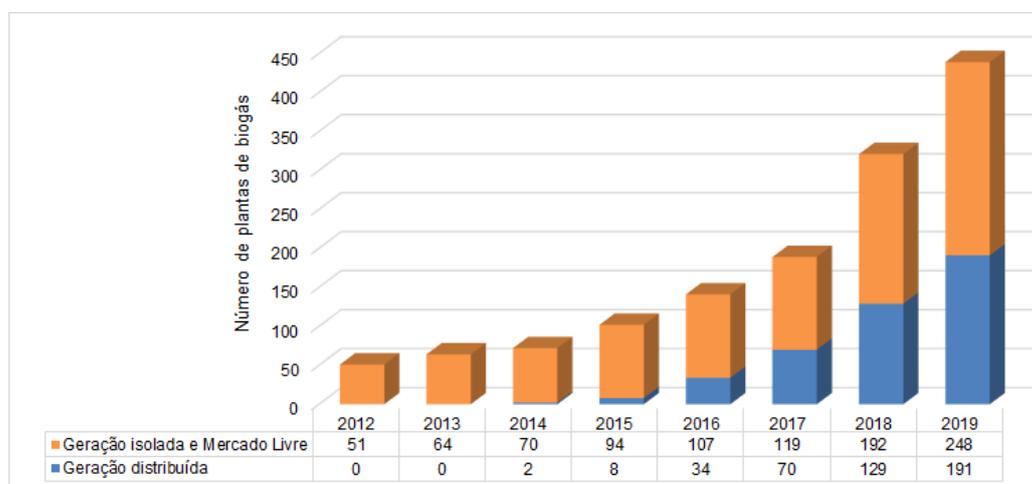


Figura 4. Cenário do biogás nacional em relação à geração de energia elétrica.

Fonte: Dados adaptados de ANEEL (2020)<sup>4</sup> e Biogasmapp.

<sup>3</sup> A ANEEL é o órgão responsável por regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, implementando também políticas e diretrizes do governo relativas à exploração de energia elétrica.

<sup>4</sup> Acesso ao [banco de dados da ANEEL](#), para geração distribuída, referente ao período até 31 de dezembro de 2019.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

De acordo com os dados apresentados na Figura 4, observa-se que a geração distribuída por meio do sistema de compensação de energia possui grande relevância para o impulsionamento e crescimento na implementação de plantas, principalmente a partir do ano de 2016, sendo a responsável entre o período de 2016 a 2019, por aproximadamente 55% das unidades geradoras (UGs) a biogás em operação a nível nacional.

Em termos de potência instalada, a GD representa 36,75 MW<sup>5</sup>, ou 14% da potência total de projetos de biogás para geração de energia elétrica no Brasil.

Extrapolando a análise para a região Sul do país, temos a partir da Figura 5 o cenário do biogás para o período de 2012 a 2019, em relação à geração de energia elétrica.

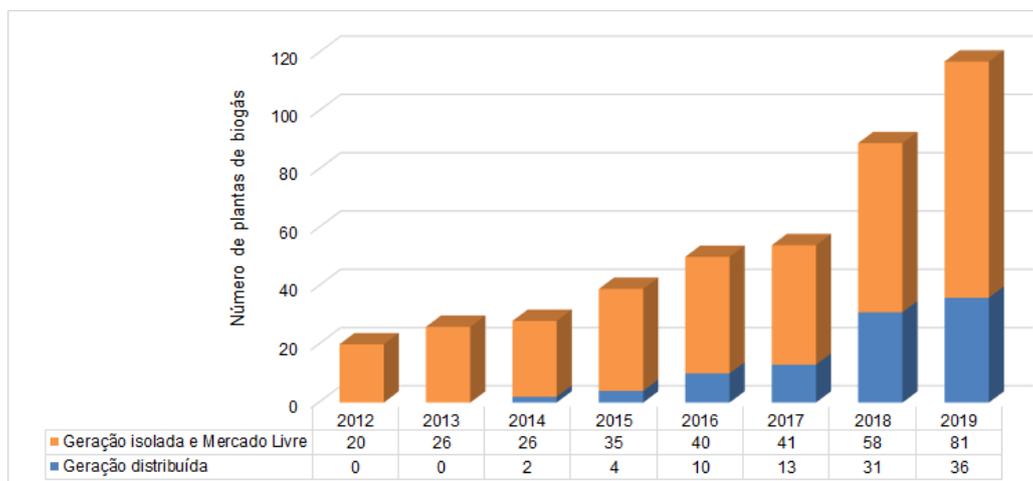


Figura 5. Cenário do biogás na região Sul do país em relação à geração de energia elétrica.

Fonte: Dados adaptados de ANEEL (2020)<sup>6</sup> e Biogasmapp.

Em relação às plantas alocadas no Sul do país, a Figura 5 expressa, de forma análoga ao cenário nacional, que a geração distribuída contribuiu significativamente para a inserção das unidades a partir de 2016. No período de 2016 a 2019, 40% das plantas implantadas na região Sul estavam incluídas no sistema de compensação de energia. Destas 36 unidades implantadas via este sistema, a potência instalada disponibilizada registrada foi de 4.099,62 kW (cerca de 10% da potência instalada no Sul do país, em plantas de biogás).

<sup>5</sup> De acordo com o banco de dados da ANEEL, até o período de 31 de dezembro de 2019 a potência instalada em plantas de biogás registrada foi de 36.754,56 kW.

<sup>6</sup> Acesso ao [banco de dados da ANEEL](#), para geração distribuída, referente ao período até 31 de dezembro de 2019.

# Capítulo 2: Aspectos regulatórios para geração de energia elétrica a biogás

Verificada a conceituação do biogás, potencial de exploração e panorama atual de uso da fonte para geração de energia elétrica, podemos partir para as análises sobre os aspectos regulatórios e oportunidades no setor elétrico para valorização desta fonte.

### Afinal, quais são as opções permitidas na regulação para a geração de energia elétrica a partir do biogás?

Antes de identificar as oportunidades e regulações que permitem a geração de energia elétrica a biogás é necessário compreender como o setor elétrico é dividido no país. De forma geral, o setor é dividido em 04 (quatro) segmentos, sendo: (i) Geração; (ii) Transmissão; (iii) Distribuição; e, (iv) Comercialização.

Existem dois ambientes regulamentados no setor para negociação da geração de energia elétrica, o **Ambiente de Contratação Regulada (ACR)** e o **Ambiente de Contratação Livre (ACL)**. O ingresso ao ACL é restrito aos consumidores especiais<sup>7</sup>, que possuam demanda entre 0,5 MW e 2 MW ou então, aos consumidores livres com demanda maior ou igual a 2 MW<sup>8</sup> (Figura 6), conforme dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O ACR é constituído pelos demais consumidores, denominados consumidores cativos.

---

<sup>7</sup> Consumidores especiais são caracterizados por adquirir energia especial, ou seja, energia elétrica proveniente de fontes renováveis como solar fotovoltaica, eólica, biomassa ou PCH/CGH.

<sup>8</sup> Ressalta-se que em 2020 o setor elétrico está passando por mudanças relacionadas à modernização, e entre essas, está a abertura do acesso ao ACL, o que implica basicamente na redução da demanda dos consumidores livres nos próximos anos, permitindo a adesão ao mercado livre de maior parcela da população.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

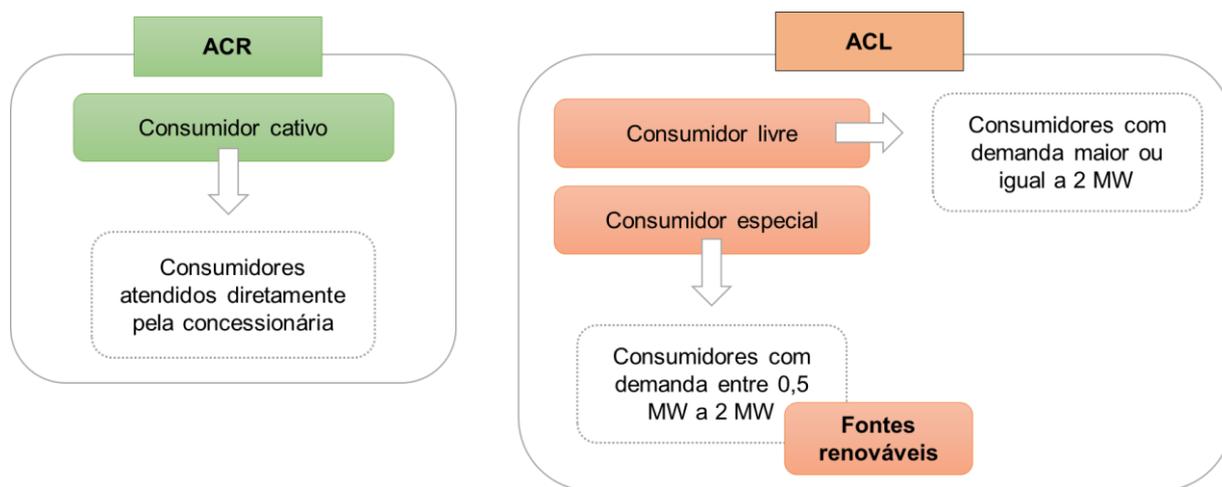


Figura 6. Caracterização dos consumidores no Ambiente de Contratação Regulado e Livre.

A diferença básica dos consumidores cativos para consumidores especiais<sup>9</sup> e livres é que aqueles englobados no ACL conseguem negociar diretamente com os geradores a parcela referente à energia elétrica (R\$/kWh). A tarifa de energia de ambas é composta pela parcela TUSD (uso do sistema de distribuição - fio B e transmissão - fio A) e pela parcela referente ao valor da geração de energia elétrica (TE - R\$/kWh), conforme apresentado na Figura 7.

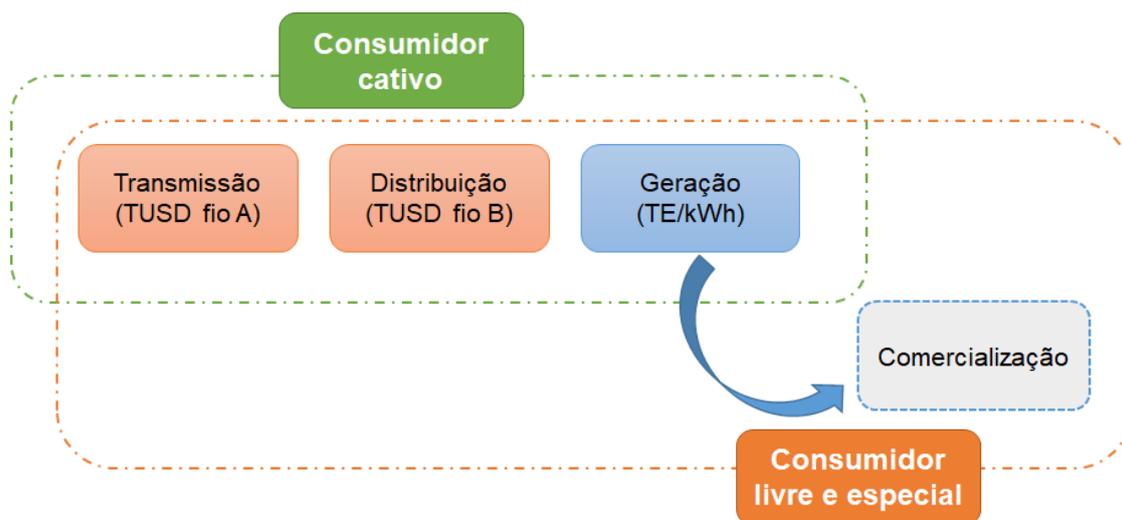


Figura 7. Composição da tarifa de energia elétrica para consumidores cativos (ACR) e consumidores livres e especiais (ACL).

<sup>9</sup> Consumidores especiais possuem descontos na TUSD, devido à compra de energia proveniente de fontes renováveis. Porém, ressalta-se que devido a modernização do setor elétrico e a retirada de subsídios, este desconto poderá não ser atribuído nos próximos anos.



### Importante!

É importante entender que a **tarifa de energia elétrica** é constituída basicamente por 02 (duas) partes principais, sendo: **TUSD (fio A e fio B)** e **TE (geração de energia elétrica – R\$/kWh)**.

Essa conceituação e compreensão sobre a composição da tarifa de energia elétrica será importante para análises trazidas à posteriori.

Dentro do ACR e ACL é possível mapear as opções relacionadas às oportunidades para geração distribuída de energia, conforme exposto na Figura 8.

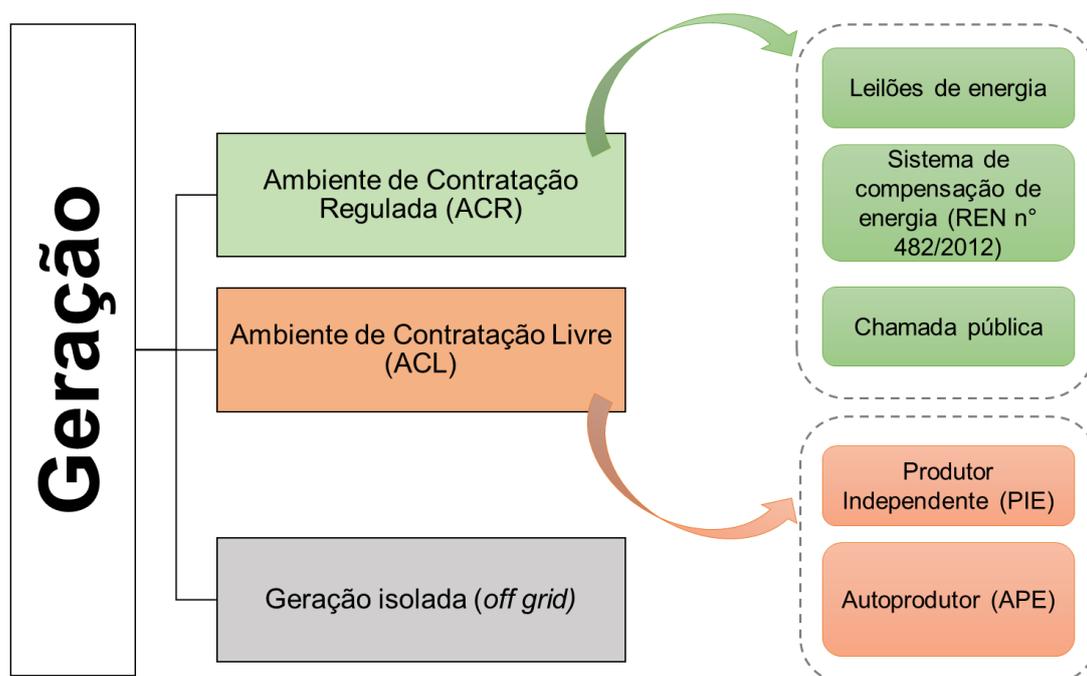


Figura 8. Descritivo de opções para geração de energia elétrica nos Ambientes de Contratação Regulada e Livre, e para geração isolada.

De forma geral, o ACL permite ações vinculadas à comercialização de energia elétrica diretamente ao consumidor livre ou especial, com contratos bilaterais, em livre negociação, trazendo a figura do Produtor Independente (PIE) e Autoprodutor (APE). O PIE caracteriza-se como o agente que gera energia elétrica para comercialização direta com as concessionárias ou consumidores englobados no ACL. Já o APE, possui autorização para produzir energia elétrica para consumo próprio, podendo comercializar o excedente, desde que pré-autorizada essa ação.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

No ACR, a comercialização é regida pelo regime de leilões e compra direta pela concessionária de GD via chamada pública, permitida desde 2004 pelo Decreto nº 5.163.



### Saiba Mais!

As concessionárias distribuidoras de energia elétrica podem (é opcional) contratar até 10% da energia por fontes renováveis, por meio da chamada pública, considerando o Valor Anual de Referência Específico (VRES).

Inclusive em 2008, por meio da Resolução Autorizativa nº 1.482 da ANEEL, a Companhia Paranaense de Energia (COPEL) impulsionou o desenvolvimento do Programa de Geração Distribuída com Saneamento Ambiental, via chamada pública. Esse programa foi essencial, concedendo condições via compra direta de energia de projetos pilotos de geração distribuída em baixa tensão à biogás.

Em 2020, uma nova ação vinculada à compra direta foi permitida pela ANEEL para a COPEL, se tratando da compra de energia elétrica de microrredes, em locais sensíveis da rede pré-definidos pela concessionária.

Porém, neste ambiente regulado (ACR) as principais ações para geração distribuída estão vinculadas ao sistema de compensação de energia regido pela Resolução Normativa nº 482/2012, ponto que será explorado de forma mais ampla no guia, já que esse é um dos principais mecanismos impulsionadores de unidades geradoras a biogás, conforme mencionado no Capítulo anterior.

Ademais, existe ainda a opção de geração própria<sup>10</sup> em operação isolada, ou *off grid*, opção que não se vincula ao uso da rede da concessionária distribuidora de energia elétrica. A geração descentralizada classificada dessa forma é utilizada em regime de emergência ou de maneira programada, sendo de responsabilidade total do consumidor.

<sup>10</sup> Sobre a geração própria em modo isolado: conforme dados constantes na NTC 903107/2019 da COPEL, é de responsabilidade do consumidor obter licenças de funcionamento junto aos demais órgãos públicos, instalar, operar e realizar as manutenções dos equipamentos. A concessionária apenas limita-se a liberar o funcionamento do grupo motogerador ao que se refere à conexão elétrica.



### Saiba Mais!

Existem inúmeras possibilidades para geração distribuída, tanto no ACL quanto no ACR, porém, conforme citado ao longo do guia, o sistema de compensação é um dos principais mecanismos impulsionadores de fontes renováveis para geração descentralizada, inclusive para empreendimentos de biogás. Devido a essa razão, as próximas análises serão vinculadas ao detalhamento desta opção.

## 2.1. Sistema de compensação de energia

Ao longo do documento, já foram mencionadas algumas vezes o termo “sistema de compensação de energia”, e o papel importante vinculado a esse mecanismo para o impulsionamento da geração distribuída no Brasil.

### Porém, do que se trata o sistema de compensação de energia?

Em 2012, por meio da Resolução Normativa nº 482<sup>11</sup>, se instaurou a possibilidade de inserção de **microgeração** e **minigeração distribuída**, por meio de empreendimentos conectados diretamente ao sistema de distribuição de energia elétrica, utilizando o mecanismo de **compensação de energia**. Até 2017, a normativa passou por diversos aprimoramentos, por meio da Resolução Normativa nº 687/2015 e da Resolução Normativa nº 786/2017, como apresenta o Quadro 1, sendo elencados os conceitos vigentes na sequência.

Em relação à categorização dos empreendimentos, estes são classificados de acordo com a potência instalada, sendo **microgeração distribuída**, centrais geradoras de energia elétrica com **potência igual ou menor a 75 kW**<sup>12</sup>, que utilizem cogeração qualificada, ou fontes renováveis de energia, devendo obrigatoriamente estar conectadas ao sistema de distribuição por meio de unidade consumidora (ANEEL, 2015). Já, os empreendimentos em **minigeração** são classificados de tal forma, cumprindo os mesmos requisitos mencionados

<sup>11</sup> As informações contidas neste Capítulo baseiam-se na Resolução Normativa nº 482/2012, Resolução Normativa nº 687/2015, Resolução Normativa nº 786/2017 e no Caderno Temático Micro e Minigeração Distribuída 2ª Edição - ANEEL.

<sup>12</sup> A alteração da potência instalada em microgeração se deu em 2015, após a publicação da Resolução Normativa nº 687. O texto original da Resolução Normativa nº 482/2012 permitia empreendimentos em microgeração de até 100 kW de potência instalada.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

para microgeração, porém com **potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW<sup>13</sup>**.

Quadro 1. Principais alterações e disposições na Resolução Normativa n° 482/2012.

	Principais disposições
Resolução Normativa n° 482/2012	Permissão para inserção de microgeração e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, por meio do sistema de compensação de energia.
Resolução Normativa n° 687/2012	Expansão dos modelos de geração distribuída possibilitados pela Resolução Normativa n°482/2012; alteração nos limites de potência para microgeração e minigeração distribuída; e, clareza de procedimentos para conexão.
Resolução Normativa n° 786/2017	Equalização dos limites de potência instalada para todas as fontes; e, vedado o enquadramento de empreendimentos em sistema de compensação, que já tenham entrado em operação em outra opção de comercialização de energia elétrica ou tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização.

O conceito de sistema de compensação referido pela normativa permite que a energia elétrica excedente gerada pela unidade seja injetada no sistema de distribuição (Figura 9), fornecendo créditos ao cliente que **poderão ser utilizados em até 60 meses**.

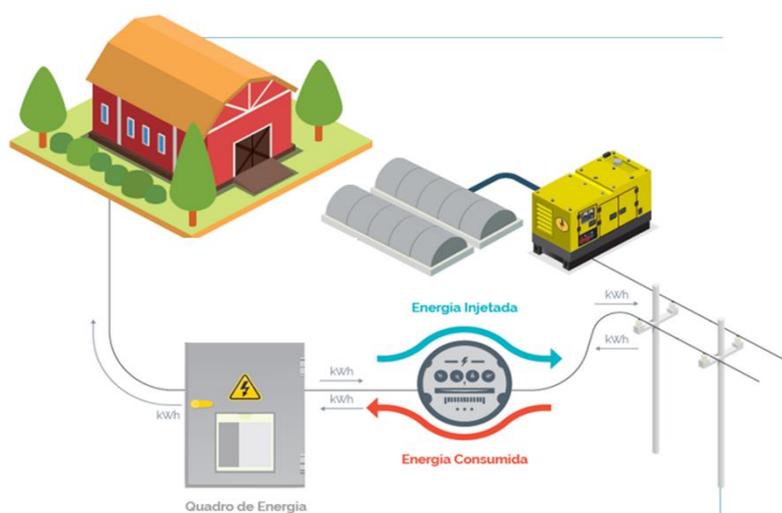


Figura 9. Exemplificação do sistema de compensação de energia elétrica a biogás.

Fonte: OCB, CIBiogás, DGRV (2020).

<sup>13</sup> A alteração da potência instalada em microgeração se deu em 2015 e 2017. Em 2015, com a Resolução Normativa n° 687, aumentou-se a potência máxima instalada de 1 MW para 5 MW, porém restringindo em 3 MW para fontes hídricas. Em 2017, com a Resolução Normativa n° 786, se estabeleceu 5 MW para todas as fontes, sem exceção.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Caso o consumidor esteja vinculado à tarifa monômnia (grupo B<sup>14</sup>), não é necessário fazer adequações nos cálculos para verificar quanto se possui de créditos. Porém, se o consumidor está vinculado à tarifa binômnia (grupo A<sup>15</sup>), onde há separação entre postos horários é necessário verificar em qual período a energia elétrica foi gerada e em qual posto horário foi creditado<sup>16</sup> (Figura 10), efetuando a equivalência entre **geração versus tarifa de energia versus posto horário**.

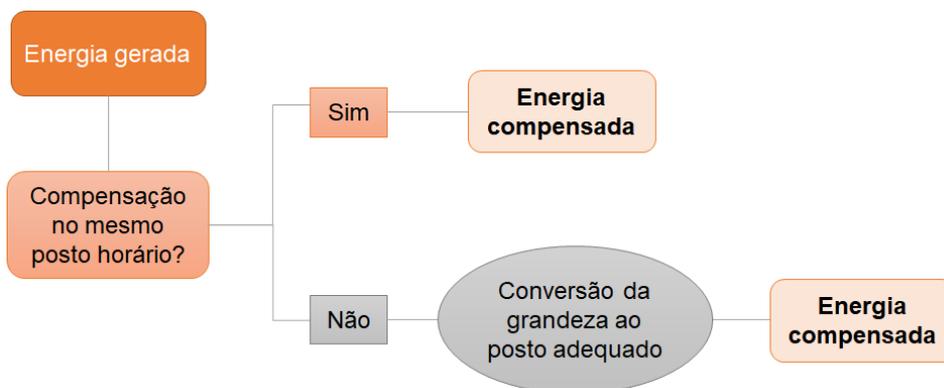


Figura 10. Compensação de energia elétrica para o grupo A (tarifa binômnia).

A fim de facilitar a compreensão sobre a compensação de energia para o grupo A, a Figura 11 expressa a esquematização dos dados necessários para análise da conversão da grandeza ao posto horário adequado.

<sup>14</sup> Caracterizado por unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 2,3 kV, com tarifa monômnia (aplicável apenas ao consumo).

<sup>15</sup> Caracterizado por unidades consumidoras atendidas em tensão superior a 2,3kV, com tarifa binômnia (aplicável ao consumo e demanda de potência).

<sup>16</sup> Os créditos de energia elétrica para unidades consumidoras com posto horário, sempre serão creditados primeiramente no mesmo posto horário em que foram gerados e na sequência, no posto horário em que não houve geração suficiente, caso haja créditos sobressalentes.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

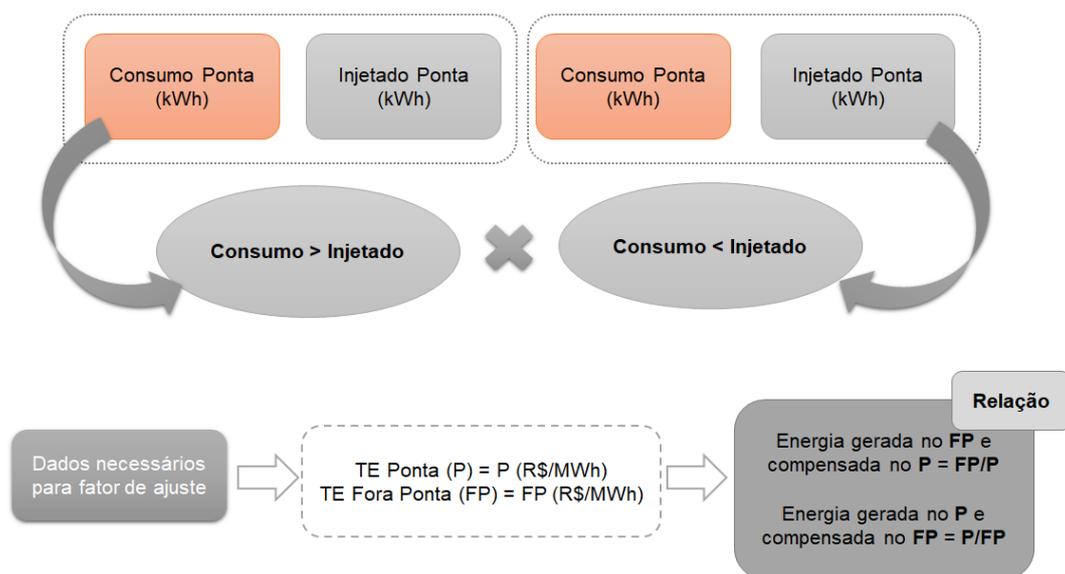


Figura 11. Análise de conversão de grandeza ao posto horário adequado, grupo A.

### Caso você esteja se perguntando: “Se produzir toda energia elétrica que consumo, minha fatura ficará “zerada”?”

A resposta para essa pergunta é **não!** No sistema de compensação, a fatura líquida da unidade consumidora é obtida pela diferença entre o que é consumido e o que é gerado, mas o valor pago não pode ser anulado pois mesmo que a geração seja maior ou igual ao consumo, incidirão na fatura “custos mínimos”, que diferem de acordo com o enquadramento.

Esse valor mínimo, a ser pago por mês pelo cliente, enquanto participante de um sistema de compensação, é denominado custo de disponibilidade para baixa tensão (grupo B), e demanda contratada para média ou alta tensão (grupo A), conforme apresentado na Figura 12.

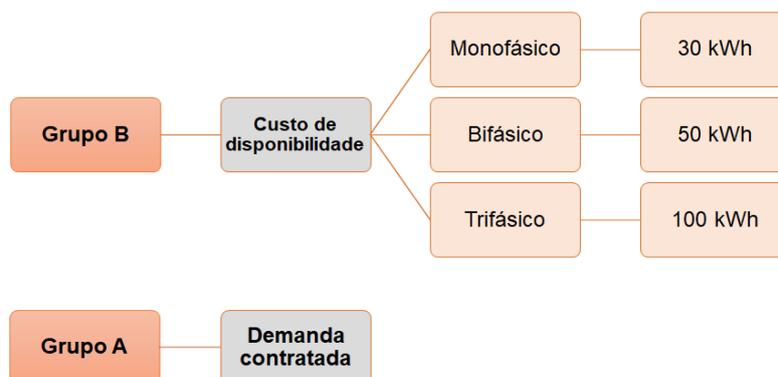


Figura 12. Resumo sobre custos mínimos que incidem sobre a fatura de energia elétrica de consumidores do grupo B e A, em GD.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### E, quais são as modalidades permitidas pelo sistema de compensação?

A REN nº 482/2012 passou por aprimoramentos ao longo do tempo, como citado, permitindo a expansão das modalidades na regra vigente. Até 2015, eram permitidas apenas 02 (duas) modalidades: **geração junto à carga** e **autoconsumo remoto**.

A partir de março de 2016, com a minuta de texto aprimorada (Resolução Normativa nº 687/2015) e em vigência, novas opções foram apresentadas ao setor de geração distribuída, permitindo arranjos envolvendo unidades consumidoras (UCs) de diferentes titularidades, em empreendimentos com **múltiplas unidades consumidoras (EMUCs)** ou **geração compartilhada – consórcio e cooperativas**

Para compreensão das modalidades em vigor, segue o detalhamento sobre cada opção no sistema de compensação de energia.

- **Geração junto à carga:** geração de energia elétrica no próprio local de consumo (geração própria), conforme exemplifica a Figura 13.

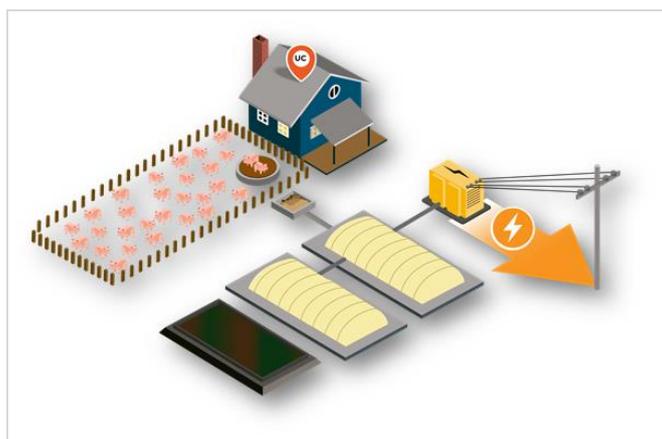


Figura 13. Exemplificação de geração distribuída na modalidade de geração junto à carga.

Fonte: Acervo CIBiogás.

- **Autoconsumo remoto:** geração de energia elétrica centrada em um único local, compensando a demanda elétrica de mais de uma unidade consumidora (Figura 14), podendo estar alocadas em diferentes localidades, desde que estejam na mesma área de

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

concessão ou permissão e possuam a mesma titularidade (mesma Pessoa Jurídica - CNPJ ou mesma Pessoa Física - CPF).

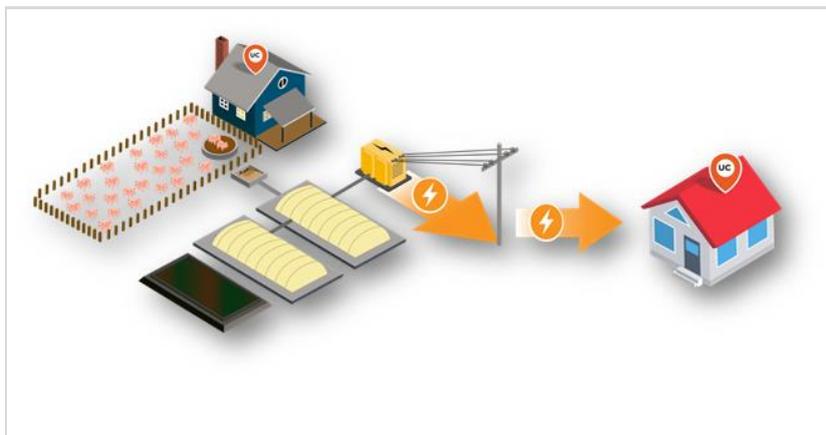


Figura 14. Exemplificação de geração distribuída na modalidade autoconsumo remoto.

Fonte: Acervo CIBiogás.

- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras (EMUCs):** geração de energia elétrica próxima à carga, compensando a demanda elétrica de unidades consumidoras de forma independente, desde que as mesmas estejam alocadas na mesma área de concessão ou permissão e dentro da mesma propriedade ou propriedades contíguas (condomínios) (Figura 15).

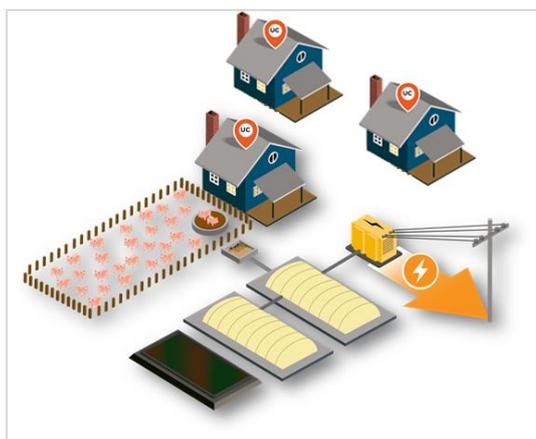


Figura 15. Exemplificação de geração distribuída na modalidade de EMUCs (relacionado à condomínios).

Fonte: Acervo CIBiogás.

- **Geração compartilhada:** geração de energia elétrica centrada em um único local, compensando a demanda elétrica de unidades

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

consumidoras de diferentes titularidades, por meio de consórcio ou cooperativa, desde que alocadas na mesma área de concessão ou permissão (Figura 16).

Destaca-se que a modalidade de consórcio inclui a opção de **consórcio público** (instituído pela Lei nº 11.107/2005), esta exclusiva para entes da federação, União, estados e municípios, reunidos com propósitos em comum; e **consórcio privado**, conforme Lei nº 6.404/1976.



Figura 16. Exemplificação de geração distribuída na modalidade geração compartilhada.

Fonte: Acervo CIBiogás.



### Saiba Mais!

A **geração compartilhada por meio de cooperativa** é constituída com a participação de **ao menos 20 pessoas físicas** (após esse número é possível a entrada de pessoa jurídica).

A opção de consórcio atende as demais necessidades quanto à geração compartilhada, estando vinculada a **adesão de pessoas jurídicas**, porém sem restrições quanto à **número mínimo de participantes para constituição**.

De forma simplificada, relacione a adesão de titularidades diferentes para **pessoas físicas (CPF's) em cooperativa** e para **pessoas jurídicas em consórcio**.

Para resumir e fixar as informações sobre as modalidades, o Quadro 2 traz as informações de forma simples e clara, facilitando a compreensão de todas as opções vigentes.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Quadro 2. Principais características das modalidades permitidas no sistema de compensação.

	Geração e demanda apenas no mesmo local?	Cliente (s) de mesma titularidade?	Cliente (s) de titularidade diferentes?	Mais de 01 (um) cliente no arranjo?
Geração junto à carga	✓	✓	✗	✗
Autoconsumo remoto	✗	✓	✗	✓
EMUCs	✓	✗	✓	✓
Geração compartilhada	✗	✗	✓	✓



### Saiba Mais!

As modalidades de geração distribuída envolvendo mais de 01 (uma) unidade consumidora se tornam atrativas para projetos de biogás, já que os empreendimentos são dimensionamentos e determinados a partir da disponibilidade de substratos (o detalhamento técnico sobre dimensionamento será apresentado no próximo Capítulo).

Para se ter uma ideia, em granjas de suínos, por exemplo, o consumo elétrico está entre 10% a 20% do potencial da geração, por isso, envolver mais 01 (uma) unidade consumidora torna o empreendimento mais interessante e viável para o cliente.

### Dentro das modalidades permitidas, quais modelos de negócio podem ser implementados?

O **sistema de compensação** permite que o consumidor cativo, enquadrado no ACR, explore a geração distribuída, como mencionado, porém **restringe a venda de energia**, sendo possível apenas gerar créditos dos seus excedentes que serão abatidos posteriormente.

Considerando que a compensação de energia elétrica ocorre entre unidades consumidoras vinculadas a titularidade do cliente, onde se encontram instalados os equipamentos de geração de energia elétrica, alguns modelos de negócio são permitidos, relacionados a propriedade da geração distribuída

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

(*turnkey* ou compra coletiva) ou a modelos de posse (locação ou *leasing*). Para melhor compreensão dos modelos, segue abaixo a caracterização dos mesmos.

- **Turnkey:** aquisição da unidade geradora (sistema completo) para autoconsumo.
- **Compra coletiva:** aquisição de parte de uma unidade geradora, ou seja, o cliente adquire cotas de um empreendimento maior.
- **Locação:** locação de unidade geradora (sistema completo) e/ou equipamentos destinados à geração distribuída.
- **Leasing:** o cliente adere ao sistema de compensação mediante o pagamento de uma mensalidade atribuída à locação e/ou contrato de operação e manutenção da unidade geradora, por período pré-determinado.



### Saiba Mais!

Modelos de negócio e modalidades permitidas por normativa são conceitos diferentes, porém muitas vezes verificamos que são utilizados como sinônimos, de forma incorreta.

De maneira clara e simples, os modelos de negócio são mecanismos para exploração das modalidades vigentes. Por meio do modelo de negócio se captura valor (R\$).

Dentro dos modelos de negócio a serem explorados, é possível celebrar contratos não regulados para remuneração dos equipamentos que compõe o sistema de geração como um todo. Entre os contratos permitidos estão: (i) contrato de locação do sistema de GD; (ii) contrato de prestação de serviços de instalação; e, (iii) contrato de prestação de serviços de operação e manutenção.

Além desses contratos não regulados, quando se trata de empreendimentos de geração de energia elétrica a biogás, é possível também vincular contratualmente a aquisição de insumos, celebrando o acordo entre o fornecimento de substratos para produção de biogás e geração de energia elétrica, ou ainda, estabelecer contratos de fornecimento de biogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### Por fim, quais os tributos incidentes sobre as modalidades de geração distribuída no sistema de compensação?

Em relação aos impostos e tributos federais e estaduais que recaem sobre as modalidades em questão, esses fogem da competência da ANEEL. Sobre a fatura de energia, incidem duas tributações desagregadas da tarifa de energia, o **ICMS** (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços) e o **PIS/COFINS** (Programa de Integração Social/Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social).

Em 2015, a partir da Lei nº 13.169, o PIS/COFINS foi isento para energia elétrica gerada em geração distribuída (REN nº 482/2012) em todo país, com exceção aos modelos de geração compartilhada e EMUCs. Ainda no mesmo ano, por meio do Convênio ICMS nº 16, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), foi permitida a isenção do tributo estadual em relação à parcela TE<sup>17</sup>, sendo essa adesão por estado voluntária.

Atualmente, todos os estados da Federação aderiram ao Convênio CONFAZ nº 16/2015, porém o estado do **Paraná e Santa Catarina restringiram a isenção ao prazo de 48 meses**. Vale destacar também, que o referido Convênio foi redigido sob a minuta de texto de 2012 da REN nº 482, desta forma, é válido apenas para empreendimentos em autoconsumo remoto e geração junto à carga, de até 1 MW de potência instalada.

O Quadro 3 apresenta as informações de forma resumida, a respeito da tributação.

---

<sup>17</sup> Conforme minuta de texto contida no Convênio CONFAZ nº 16/2015, não se aplica a isenção do ICMS sobre o custo de disponibilidade, à energia reativa, à demanda de potência, aos encargos de conexão ou uso do sistema de distribuição, e a quaisquer outros valores cobrados pela distribuidora.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Quadro 3. Resumo sobre tributações incidentes nas modalidades de geração distribuída, no sistema de compensação.

	<b>Autoconsumo Remoto/Geração junto à Carga</b>	<b>EMUC</b>	<b>Geração Compartilhada</b>
<b>Energia Elétrica</b>	<b>ICMS:</b> Isento sobre TE <b>PIS e COFINS:</b> Alíquota zero	<b>ICMS:</b> Incidência <b>PIS e COFINS:</b> Incidência	<b>ICMS:</b> Incidência <b>PIS e COFINS:</b> Incidência

Obs.: A isenção de ICMS sobre autoconsumo remoto e geração junto à carga restringe-se à empreendimento de até 1 MW de potência instalada.

Para simplificação e exemplificação das considerações sobre tributos que incidirão na fatura de energia elétrica com geração distribuída, enquadradas na REN n° 482/2012, estruturou-se a Figura 17.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

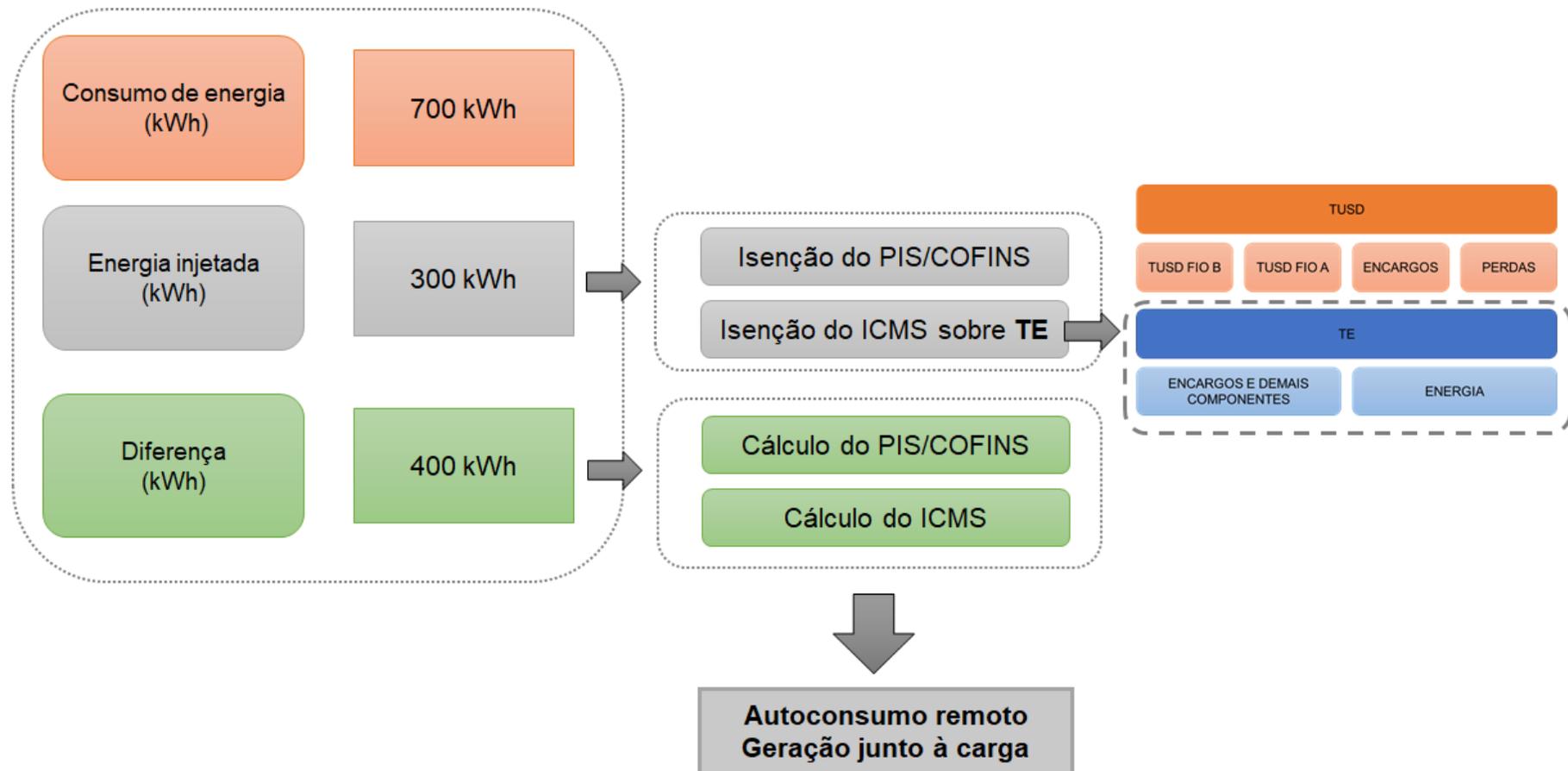


Figura 17. Esquemática da tributação da fatura de energia elétrica no sistema de compensação de energia, grupo B.

Obs.: A isenção do ICMS discriminada é válida para empreendimentos em autoconsumo remoto e geração junto à carga de até 1 MW. A isenção de PIS/COFINS é válida para empreendimentos em autoconsumo remoto e geração junto à carga.

## **Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica**

Por fim, as análises referentes aos procedimentos de acesso do sistema de compensação serão detalhadas no próximo Capítulo, sendo discriminadas as etapas e características específicas que devem ser consideradas para projetos de biogás para geração de energia elétrica.

## Capítulo 3: Aspectos técnicos para geração de energia elétrica a biogás

Compreendendo o potencial do biogás, especialmente para geração de energia elétrica, e os conceitos necessários para enquadrar uma unidade de geração a biogás no âmbito regulatório e tarifário, podemos partir para as análises quanto aos aspectos técnicos para dimensionamento, conexão e aplicação de plantas de geração de energia elétrica a partir do biogás.

**Afinal, quais são as tecnologias existentes para geração de energia elétrica a partir do biogás?**

**Qual delas é a mais utilizada em plantas no Brasil?**

Atualmente, existem 02 (dois) tipos de tecnologia no mercado brasileiro amplamente utilizadas para geração de energia elétrica a partir do biogás: **microturbina** e **grupo motogerador (GMG)**.

As microturbinas possibilitam a geração de energia elétrica a biogás a partir do mesmo princípio de funcionamento das turbinas a gás e apresentam potências disponíveis no mercado que podem variar de 30 a 1.000 kW. Estes equipamentos baseiam-se no **ciclo Brayton** para geração de energia mecânica a partir de um compressor, uma câmara de combustão interna e uma turbina de expansão. Ao acoplar o eixo da turbina no gerador ocorre a conversão da energia mecânica em energia elétrica.

A Figura 18 expressa um esquema sobre os principais elementos que compõem sistemas de geração de energia elétrica utilizando microturbinas a biogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

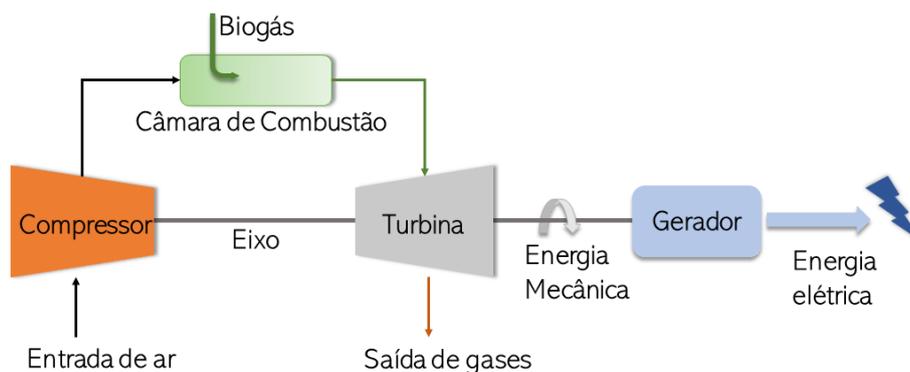


Figura 18. Sistema de geração de energia elétrica com microturbinas a biogás.

Essa tecnologia opera com elevada velocidade de rotação, visto que o biogás de exaustão é utilizado para o pré-aquecimento do ar de combustão interna, o que aumenta a eficiência global do sistema. A disponibilidade de microturbinas de pequeno porte proporciona uma maior flexibilidade operacional e, conseqüentemente, possibilita a geração de energia elétrica local também em plantas menores.

Apesar da maior flexibilidade, elevada eficiência e baixa manutenção, esta tecnologia ainda é pouco utilizada no país devido ao **elevado custo** de implantação e manutenção, quando comparado aos custos para implantação de grupo motogerador. Isso justifica a aplicação deste último representar a tecnologia escolhida na maior parte das plantas de geração de energia elétrica a biogás no Brasil.

Os **grupos motogeradores** a biogás são equipamentos que operam pelo princípio de funcionamento dos motores de combustão interna (MCI) acoplados a alternadores que possibilitam a geração de energia elétrica. Os motores de combustão interna são máquinas térmicas cujo produto da combustão é o próprio trabalho. **Sua finalidade é converter energia calorífica em energia mecânica por meio da queima do biogás.**

Os motores de combustão interna para biogás operam por meio do **ciclo Otto**, e por isso são conhecidos como motores de ignição por centelha. Isso porque, a energia mecânica gerada por eles parte da combustão pela queima do combustível que, por sua vez, ocorre por meio de uma centelha na câmara de combustão.



### Saiba Mais!

A **Ottolização** é a conversão de um motor original de outro ciclo para o ciclo Otto. Em sistemas de geração de energia elétrica a biogás a Ottolização é a conversão do ciclo Diesel para o ciclo Otto, e ocorre por meio de algumas mudanças internas no motor, tais como regulagem do carburador para queima da mistura de ar e combustível mais pobre, modificações no sistema de alimentação, ignição e taxa de compressão.

A Figura 19 apresenta um esquema com os principais elementos que compõem sistemas de geração de energia elétrica com grupo motogerador a biogás.

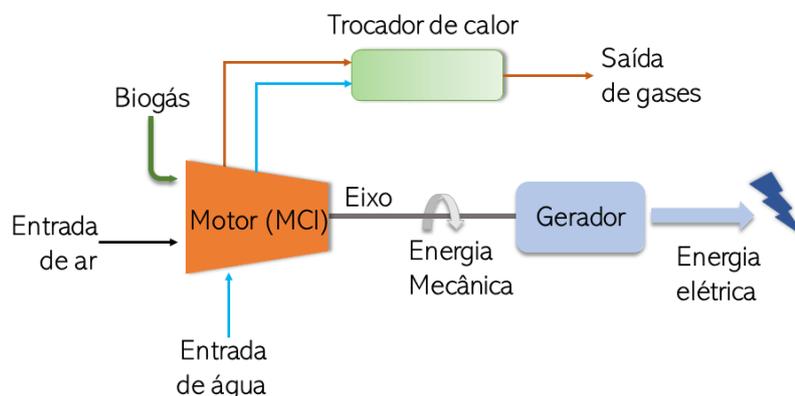


Figura 19. Sistema de geração de energia elétrica com grupo motogerador a biogás.

No mercado, existem diferentes potências de grupos motogeradores disponíveis, variando de 10 a 1.400 kW<sup>18</sup> (incluindo tecnologia nacional<sup>19</sup> e importada). Esses equipamentos caracterizam-se por apresentar rápida partida, operação estável e elevado potencial de recuperação de calor. A quantidade de manutenções necessárias para sua operação pode ser maior quando comparada às microturbinas, porém os custos<sup>20</sup> referentes à implantação, operação e manutenção são menores.

<sup>18</sup> Potência ativa disponível para o regime de operação em modo contínuo.

<sup>19</sup> A nível nacional, a maior parte dos fornecedores, disponibilizam grupos motogeradores variando a potência de 10 a 250 kW, em modo contínuo.

<sup>20</sup> Dados referentes aos custos serão apresentados na sequência do guia, sendo evidenciados os valores de CAPEX e OPEX para grupo motogeradores em determinadas faixas de potência.

## **Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica**

Ademais, o sistema de geração de energia elétrica é composto por outros equipamentos (chamados de “periféricos”), relacionados ao sistema de geração, controle e entrada de energia elétrica.

### **Quais outros equipamentos constituem o sistema de geração de energia elétrica?**

Para responder esta pergunta de forma prática, no Quadro 4 estão apresentados todos os equipamentos que podem compor o sistema de geração, controle e entrada de energia elétrica, bem como as principais informações sobre os componentes apresentados.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Quadro 4. Resumo dos equipamentos para geração de energia elétrica a partir do biogás.

Sistema	Equipamento	Função	Aplicação
Geração de energia elétrica	<b>Motogerador a biogás</b>	Transforma a energia química da combustão em energia mecânica (motor), e em seguida em energia elétrica (gerador).	Utilizado para conversão de biogás em energia elétrica.
	<b>Sistema supervisorio</b>	Proporciona informações precisas do sistema de geração em tempo real com ferramentas de supervisão e monitoramento.	Utilizado quando há necessidade de aquisição de dados elétricos, térmicos e mecânicos do sistema de geração a biogás.
Controle e Proteção elétrica	<b>Painel de comando e proteção do gerador</b>	Realiza o controle de potência gerada, nível de tensão e frequência do gerador, proteções internas e comandos.	Acompanha todo e qualquer motogerador, pois é essencial para a operação adequada do sistema quanto à estabilidade e atendimento às solicitações de potência.
	<b>Painel de Proteção e Seccionamento (PPS)</b>	Possui a função de agrupar todos os dispositivos para proteção da unidade de geração quando conectada à rede de distribuição local. Contém o relé de proteção, disjuntores e seccionadores, além de se comunicar com o painel de comando e proteção do gerador.	É necessário em sistemas de geração de energia elétrica conectados ao sistema de distribuição, inclusive para projetos de GD a biogás
	<b>Painel de gerenciamento de barra (paralelismo)</b>	Realiza o gerenciamento da energia gerada e faz a sincronização entre os geradores e sincronismo com a rede de distribuição local.	É necessário em projetos que contêm dois ou mais geradores em paralelo.
Entrada de energia elétrica	<b>Transformador de potência</b>	Faz a transferência de potência, transformando a tensão do sistema de distribuição para a tensão do sistema de geração.	Utilizado em condições que a tensão de saída (consumidor) é diferente do que a tensão de entrada (gerador ou concessionária).

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

	<b>Transformador de acoplamento</b>	Apresenta relação de transformação 1:1. Faz o isolamento do sistema de geração com o sistema de distribuição.	Utilizado quando o sistema da distribuidora é conectado em estrela (Y) e é exigido uma conexão em triângulo (delta) para conectar o sistema de geração.
	<b>Cabine de entrada</b>	É a entrada de energia elétrica ligada ao sistema de distribuição de média tensão.	Projetos de minigeração exigem que sejam especificadas cabines de proteção, medição e seccionamento em média tensão.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

A partir da compreensão sobre as tecnologias disponíveis para geração de energia elétrica a biogás, é possível avançar nas análises, verificando os fatores e aspectos que interferem no dimensionamento de tais sistemas. A ênfase nas próximas seções e as análises serão voltadas para os grupos motogeradores a ciclo Otto, devido ao seu amplo uso à nível nacional.

### 3.1. Sistema de geração de energia elétrica a biogás

Após a análise das alternativas para conversão da energia química contida no biogás em energia elétrica, e verificado que os grupos motogeradores a ciclo Otto são os mais utilizados, podemos avançar nas etapas relacionadas ao dimensionamento. Assim, para darmos sequência, nesta seção serão repassados conceitos sobre as características do biogás, regime de operação, entre outros aspectos que influenciam na determinação da potência a ser instalada no empreendimento.

#### 3.1.1. Características do biogás

As características que o biogás possui em sua composição influenciam principalmente na capacidade energética para liberação de calor durante a combustão, aspecto que está diretamente relacionado à eficiência da conversão de energia. Os contaminantes que podem estar presentes no gás, afetam a eficiência de conversão e podem ser também prejudiciais aos equipamentos. Sobre esses, têm-se:

##### ❖ Poder calorífico do biogás

O poder calorífico, também designado por calor específico de combustão, consiste na relação entre a quantidade de calor liberada durante a combustão de determinado volume de uma substância, medida normalmente em kcal/m<sup>3</sup> ou kWh/m<sup>3</sup>. O poder calorífico de um combustível representa a **quantidade de energia** contida nele independentemente de ser ou não realizada a combustão.

A principal característica que determina o poder calorífico do biogás é a concentração de metano (CH<sub>4</sub>), contudo, a presença de outros gases como o oxigênio (O<sub>2</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e umidade ou ponto de

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

orvalho (%H<sub>2</sub>O ou °C), podem alterar seu poder calorífico e, conseqüentemente o funcionamento dos motogeradores para geração de energia elétrica.

Uma especificação importante é o **poder calorífico inferior (PCI)**, que representa a quantidade de energia liberada na **combustão completa** de uma quantidade definida de gás com ar, à pressão constante e com todos os produtos de combustão retornando à temperatura e pressão iniciais da reagente, onde toda a água formada pela reação se encontra na forma gasosa.



### Atenção!

Em caso de desconhecer as características do biogás produzido, é possível adotar o valor de base que indica o poder calorífico inferior (PCI) do biogás (considerando 60% de metano na composição) na faixa de 4.800 a 5.100 kcal/m<sup>3</sup>, equivalente à uma faixa de 5,58 a 5,93 kWh/m<sup>3</sup>.

### ❖ Composição química do biogás

Para o funcionamento adequado dos grupos motogeradores existentes no mercado é comum os fornecedores exigirem um percentual mínimo de metano. Usualmente, é requisitado que o biogás possua no mínimo **55% de metano (CH<sub>4</sub>)** em sua composição, sendo que a performance do GMG com concentrações menores pode resultar em perdas de potência e eficiência do equipamento.



### Saiba Mais!

O grupo motogerador a biogás é ajustado para trabalhar com determinado percentual de metano. Caso o **poder calorífico seja menor do que o mínimo especificado**, a câmara de combustão, os ajustes de vazão e mistura ar-combustível se tornam **inadequados** para o combustível.

Quanto ao **oxigênio (O<sub>2</sub>)**, este normalmente compõe **menos de 1%** do volume do biogás. Os motogeradores identificam, de forma usual, a variação da mistura ar-combustível pela sonda *Lambda* instalada no sistema de escape,

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

contudo há uma amplitude operacional ou banda de operação possível, que depende de cada grupo motogerador e de seus fabricantes.

Para o funcionamento do GMG a biogás é recomendado manter o percentual de oxigênio abaixo de 1% na entrada do motogerador, pois em concentrações maiores há risco dos gases de escape apresentarem características fora da banda de ajuste ou da leitura da sonda *Lambda*, ocasionando perda de eficiência ou mau funcionamento do grupo motogerador. O aumento da concentração de oxigênio no biogás, geralmente, indica problemas de estanqueidade na linha de transporte de biogás ou mesmo no sistema de tratamento dos substratos.

Outra substância que compõe o biogás é o **sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H<sub>2</sub>S)** que é um gás com características ácidas e com efeitos corrosivos nocivos ao funcionamento das máquinas e demais periféricos do sistema de geração de energia elétrica. Para evitar danos ao motogerador, os fabricantes recomendam a remoção deste contaminante a uma concentração máxima de **200 partes por milhão (ppm)** para operação dos geradores de energia elétrica.

Além disso, o biogás é obtido naturalmente saturado em **umidade (%H<sub>2</sub>O)**, desta forma, com as diferenças de temperatura ou pressão entre o ponto de produção e o ponto de consumo, pode ocorrer a condensação de água em estado líquido nas tubulações, limitando ou variando a vazão e a capacidade de transporte das redes de biogás entre o ponto de produção e o uso. A umidade contida no biogás, além de influenciar no PCI, pode ocasionar corrosão e danos à equipamentos quando combinada ao H<sub>2</sub>S fora dos limites de operação.

Dentre os métodos para limitar a quantidade de água está a construção da tubulação sem flechas (barrigas), e com pontos para remoção da água condensada (purgas), que podem ser manuais ou automáticas, dependendo do empreendimento. Outra possibilidade é o uso de filtro ou refrigeração do gás (secador de biogás) para redução do ponto de orvalho e remoção controlada dos condensados.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### 3.1.2. Regime de operação

Ao dimensionar um sistema de geração de energia elétrica a biogás, é necessário se atentar ao regime de operação para que a escolha do motogerador seja assertiva.

#### Afinal, quais são os regimes de operação de motogeradores a biogás? Qual devo considerar para dimensionar um sistema de geração de energia elétrica?

Existem três regimes de operação usualmente descritos nos catálogos dos fabricantes de motogeradores nacionais (Figura 20), sendo:

- i) Regime Emergencial (*Stand-by*);
- ii) Regime Principal (*Prime*);
- iii) Regime Contínuo.

<b>Combustível</b>	Gás Natural / Biometano / Biogás
<b>Potência Nominal<sup>1</sup></b>	
<i>Emergência</i>	400 kVA (320 kW)
<i>Principal</i>	345 kVA (276 kW)
<i>Contínua</i>	312 kVA (250 kW)

Figura 20. Exemplificação de regimes de operação em catálogo de fornecedor de GMG a biogás.

Fonte: Fornecedor de GMG de biogás (2020).

#### ❖ **Modo Emergencial ou *Stand-by***

O regime de operação *stand-by* ou emergência é considerado quando o fornecimento de energia elétrica substitui o suprimento energético por meio da concessionária. Este regime é utilizado em situações de emergência, onde o grupo motogerador tem como função ser reserva da fonte principal de energia. De forma simplificada, para fixação, é possível vincular à geração isolada a este regime, relacionando com operações em curto período de tempo no dia.

#### ❖ **Modo Principal ou *Prime***

O regime de operação principal ou *prime* é considerado em instalações alimentadas por um sistema elétrico confiável de energia elétrica, onde o grupo

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

motogerador tem por função alimentar cargas variáveis em serviços programados, como horários de ponta.

### ❖ Modo Contínuo

No regime de operação contínuo o grupo motogerador produz a energia elétrica durante um número ilimitado de horas sob carga constante. É este o regime de operação considerado quando se trata de definição da **potência instalada em unidade de geração distribuída a biogás, conectada por meio do sistema de compensação de energia.**

### 3.1.3. Relação biogás *versus* eficiência elétrica

Para determinação da vazão necessária para atendimento do grupo motogerador, é necessário compreender como é realizada a definição da relação biogás *versus* eficiência elétrica do grupo motogerador.

Basicamente essa relação deve ser determinada, considerando:

$$FC = PCI \cdot \eta$$

Em que:

FC: Fator de conversão do biogás, em kWh/m<sup>3</sup>;

PCI: Poder calorífico inferior do biogás, em kWh/m<sup>3</sup>; e

$\eta$ : Eficiência elétrica do GMG, em %.

A eficiência elétrica do grupo motogerador possui variação de acordo com a faixa de potência requisitada. De modo geral, motogeradores de maior porte (250 kW de potência instalada, por exemplo) possuem eficiência elétrica mais elevada do que motogeradores de menor porte (< 35 kW de potência instalada, por exemplo).

Desta forma, para facilitar a compreensão destas informações, a Figura 21 apresenta os dados de eficiência elétrica, obtidos por meio de informações requisitadas aos fornecedores nacionais.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

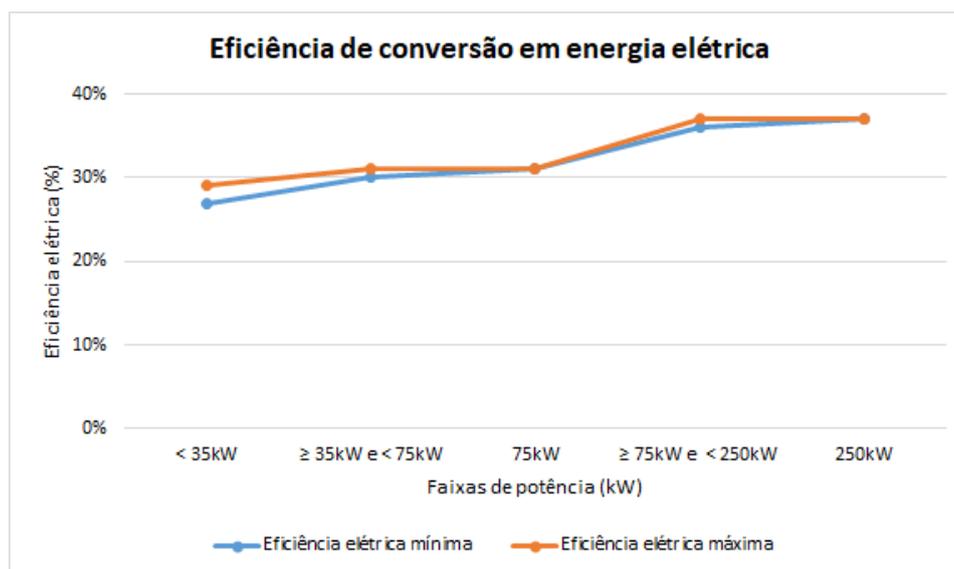


Figura 21. Eficiência de conversão em energia elétrica, para faixas de potência diferentes (modo contínuo).

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

Vale destacar, que os dados de eficiência elétrica contidas na Figura 21, estão vinculadas ao valor médio obtido a partir de informações compiladas com fornecedores da cadeia, sendo apresentados os valores mínimos e máximos indicados para potência ativa do GMG, em modo contínuo.

A Tabela 1, apresenta a descrição das potências englobadas em cada faixa de potência, detalhando as informações apresentadas na Figura 21.

Tabela 1. Descrição das faixas de potência e potências incluídas na análise.

Faixa de potência (kW)	Potências disponibilizadas <sup>21</sup> (kW)
até 35 kW	10 kW a 30 kW
≥ 35 kW e < 75 kW	45 kW a 65 kW
75 kW	75 kW
≥ 75 kW e < 250 kW	95 kW a 230 kW
250 kW	250 kW

A partir dos dados de eficiência elétrica, é possível determinar o fator de conversão (FC) para faixas de potência do GMG. Para isso, é necessário

<sup>21</sup> Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020, referente à disponibilidade de grupo motogeradores, com potência ativa em modo contínuo.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

conhecer as propriedades do biogás e conseqüentemente o PCI. Caso não se tenha esse valor de PCI, é possível determinar o FC, com base em um valor de referência, devendo ser levado em conta que o percentual de metano deve ser maior que 55% de metano (valor mínimo requerido pelos fornecedores) e a faixa de PCI para essa composição.

Como mencionado, é possível utilizar o valor na faixa de 4.800 a 5.100 kcal/m<sup>3</sup> (para biogás com 60% de metano). Para exemplificar, será utilizado para determinação do FC o valor de 4.800 kcal/m<sup>3</sup>, equivalente a 5,58 kWh/m<sup>3</sup>. A partir dos dados destacados na Figura 21, é verificado que a eficiência elétrica para motogeradores de maior porte se encontra em torno de 37% de eficiência elétrica. Desta forma, o FC pode ser determinado, sendo:

$$FC = (5,58) \cdot (37\%)$$

$$FC = 2,06 \text{ kWh/m}^3$$

Como este dado de FC é variável e determinado a partir do PCI e eficiência elétrica do GMG, a Figura 22, apresenta os dados variando de acordo com esses aspectos, relacionados ao fator de conversão do biogás em energia elétrica para diferentes faixas de potência. Para a Figura 22, foram considerados os percentuais informados na Figura 21 e o PCI de 4.800 kcal/m<sup>3</sup>.

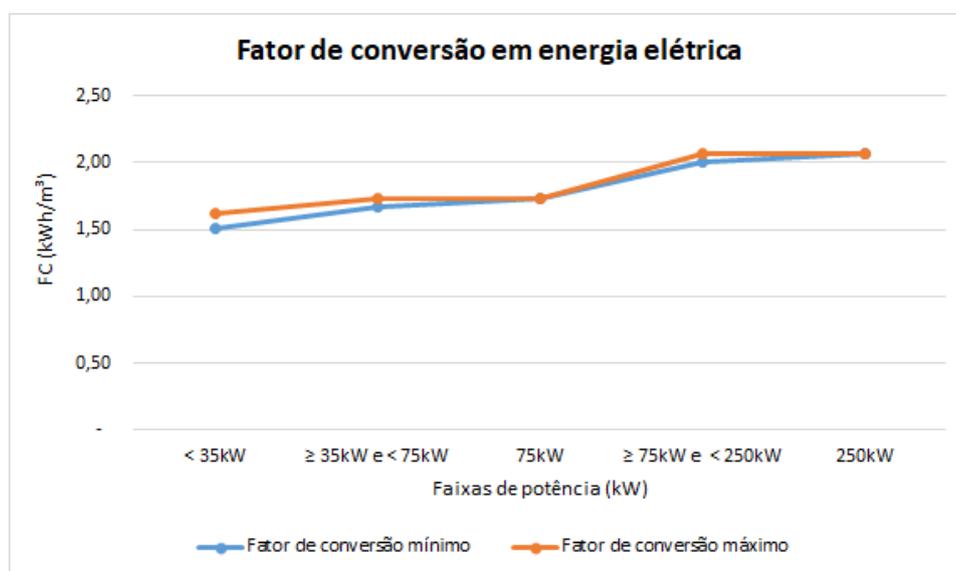


Figura 22. Fator de conversão em energia elétrica em kWh/m<sup>3</sup>, para faixas de potência diferentes (modo contínuo).

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### 3.1.4. Valores de investimento para implantação e custos de operação do sistema de geração de energia elétrica a biogás

A partir da compreensão sobre os fatores que devem ser considerados para o dimensionamento do grupo motogerador, podemos progredir, indicando valores que irão nortear a implementação de projetos de energia elétrica a biogás, para isso, iniciamos com uma pergunta:

#### Qual o valor de investimento para implantação de um projeto de biogás para geração de energia elétrica?

Antes de responder a esta pergunta de forma concreta, é necessário lembrar quais equipamentos farão parte de um projeto de biogás para geração de energia elétrica.

De forma geral, em qualquer unidade geradora, independente da potência instalada, o sistema será composto pelo grupo motogerador, painel de comando e proteção do gerador, e painel de proteção e seccionamento (PPS)<sup>22</sup>. Sobre os valores de investimento relacionados a estes, a Figura 23 apresenta os dados sobre faixas de valores por potência a ser instalada no sistema, analisando motogerador, PPS e painel de controle e proteção do gerador (os dois últimos, vinculados à Figura 23 como periféricos).

É importante ressaltar que os dados expostos na Figura 23 compreendem a faixas de valores disponibilizados para tecnologias nacionais. Como é possível notar, as tecnologias disponíveis possuem a limitação de potência de até 250 kW<sup>23</sup> em modo contínuo. Assim, para sistemas de geração de energia elétrica a biogás com potência instalada acima desse valor, é necessário agregar mais de 01 (um) grupo motogerador, e para isso, englobar um painel de gerenciamento de barra (paralelismo)<sup>24</sup> ao arranjo.

---

<sup>22</sup> Os dispositivos de proteção incluídos no painel de proteção e seccionamento irão variar de acordo com a potência instalada.

<sup>23</sup> A potência máxima indicada pela maior parte dos fornecedores para grupo motogerador em modo contínuo é de 250 kW.

<sup>24</sup> Em projetos de geração de energia elétrica a biogás, quando há dois ou mais GMGs no arranjo operando em paralelo é necessário acrescentar aos periféricos um painel de gerenciamento de barra.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

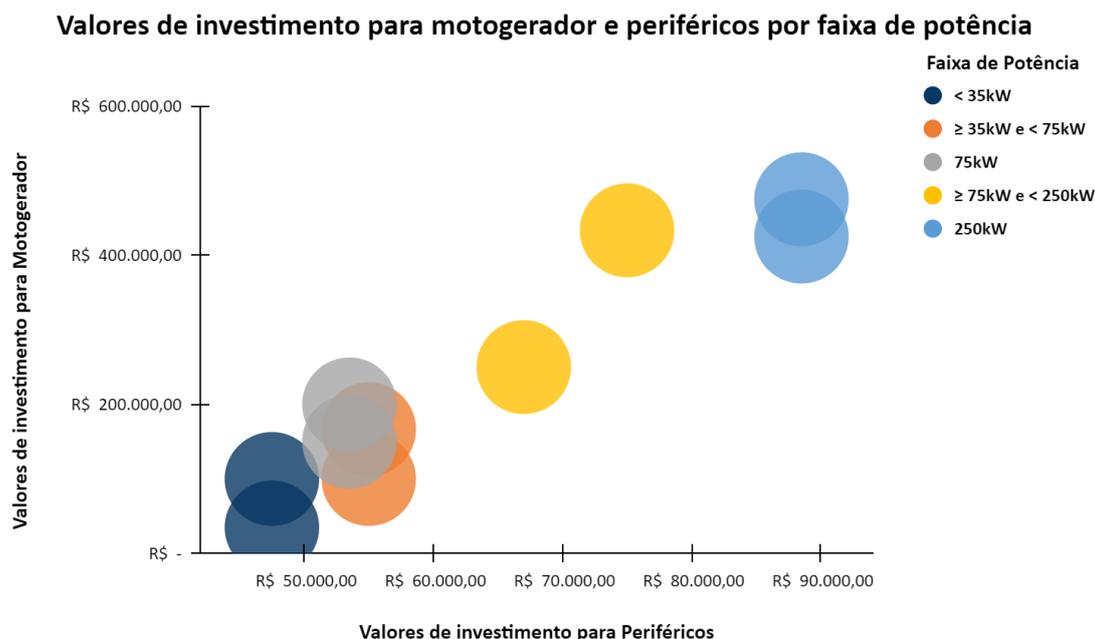


Figura 23. Valores de investimento para implantação do sistema de geração de energia elétrica, para tecnologias nacionais.

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

Sobre os valores relacionados ao painel de gerenciamento de barra, esse periférico possui uma **variação de valor entre R\$25.000,00 a R\$50.000,00<sup>25</sup>, estando atrelado o valor a faixa de potência em aquisição.**

Em relação à instalação e comissionamento do sistema de geração de energia elétrica, este serviço possui um custo adicional, de R\$8.250,00 a 18.500,00, variando de acordo com a potência a ser instalada. A Tabela 2 apresenta informações sobre esse custo, vinculado a faixa de potência requisitada.

Tabela 2. Custos relacionados ao serviço de instalação e comissionamento do sistema de geração de energia elétrica.

Faixa de potência (kW)	Média de custo por kW instalado (R\$/kW)
até 35 kW	R\$ 355,00
≥ 35 kW e < 75 kW	R\$ 228,58
75 kW	R\$ 176,67
≥ 75 kW e < 250 kW	R\$ 89,06

<sup>25</sup> Valores obtidos por meio da pesquisa realizada com fornecedores nacionais em 2020.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

250 kW	R\$ 49,60
>250 kW e ≤500 kW	R\$ 46,76

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

É importante destacar que o grupo motogerador possibilita o uso para geração de energia elétrica e o aproveitamento de calor, ou seja, permite a cogeração. O trocador de calor, equipamento responsável por esse aproveitamento térmico, é opcional para GMGs, sendo necessário requisitar ao fornecedor essa opção, sendo possível utilizar o gás de escape ou o calor do bloco do motor.

A Tabela 3 apresenta os dados relativos aos valores atrelados ao trocador de calor para gás de escape, vinculados a faixa de potência do motogerador. Já, a Tabela 4, apresenta os valores referentes ao trocador de calor no bloco motor.

Tabela 3. Valores de investimento relacionados a aquisição do trocador de calor (gás de escape).

Faixa de potência (kW)	Média de valores de investimento por kW instalado (R\$/kW)
até 35 kW	R\$ 625,00
≥ 35 kW e < 75 kW	R\$ 743,00
75 kW	R\$ 693,33
≥ 75 kW e < 250 kW	R\$ 446,33
250 kW	R\$ 250,00
>250 kW e ≤500 kW	R\$ 253,00

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

Tabela 4. Custos relacionados a aquisição do trocador de calor (bloco do motor).

Faixa de potência (kW)	Média de custo por kW instalado (R\$/kW)
≥ 35kW e < 75kW	R\$ 1.034,54
75kW	R\$ 1.066,67
≥ 75kW e < 250kW	R\$ 554,57
250kW	R\$ 430,00
>250 kW e ≤500 kW	R\$ 163,70

Obs.: Dados obtidos a partir de pesquisa realizada com fornecedores nacionais no ano de 2020.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Por fim, em relação aos dados de OPEX (custos referentes à manutenção), pode-se atrelar o custo à energia gerada na unidade geradora, sendo indicado pelos fornecedores nacionais o valor de R\$0,05/kWh a R\$0,07/kWh, podendo ser observadas as variações ao ano<sup>26</sup> por faixa de potência a partir da Figura 24.

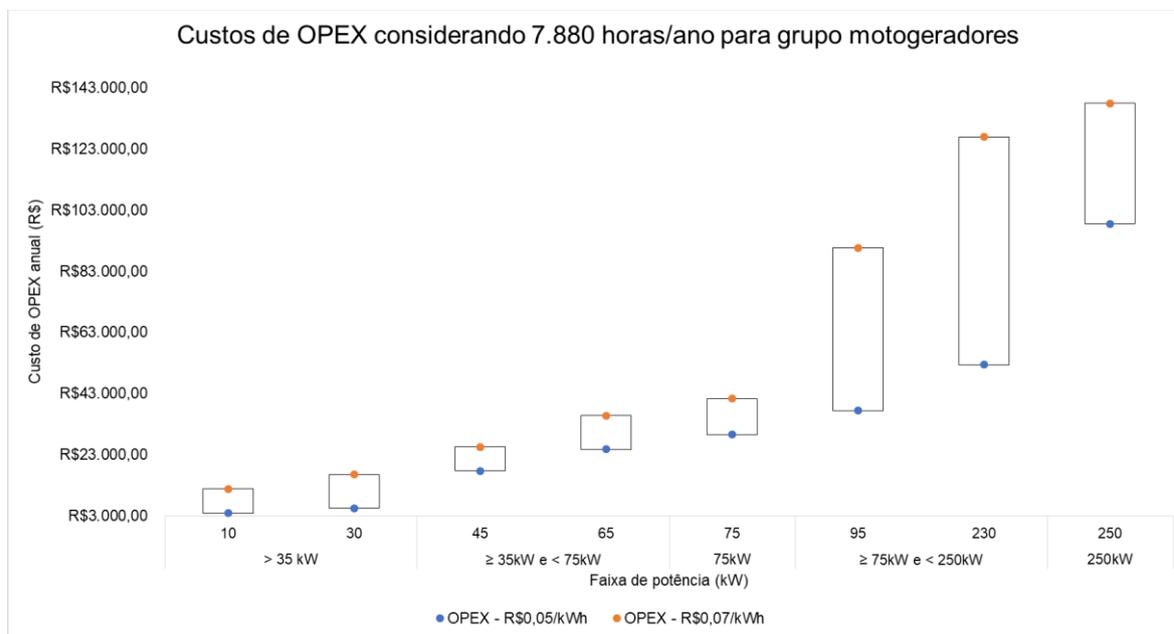


Figura 24. Dados relativos ao OPEX ao ano por faixas de potência.

### 3.2. Procedimento para conexão em geração distribuída a partir do sistema de compensação<sup>27</sup>

Verificadas as oportunidades da aplicação energética do biogás para produção de energia elétrica em geração distribuída, as principais características técnicas deste sistema e os custos atrelados a implantação, pode surgir a seguinte dúvida:

#### Como conectar a unidade de geração a biogás no sistema elétrico de distribuição?

<sup>26</sup> Considerou-se o regime de operação em todas as faixas de potência em 24 horas/dia, 365 dias/ano, com 10% de parada para manutenções.

<sup>27</sup> Entende-se por geração distribuída nesta seção, todos os procedimentos relacionados a geração descentralizada por meio do sistema de compensação de energia elétrica, regido pela Resolução Normativa nº 482/2012.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Também denominado “**procedimento de acesso**”, o processo para conectar um sistema de GD e permitir a compensação de energia na rede de distribuição da concessionária local envolve uma série de etapas que devem ser realizadas pela equipe técnica responsável pelo projeto.

Estas etapas são estabelecidas de acordo com o **Módulo 3 – Acesso ao sistema de distribuição** dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST da ANEEL (ANEEL, 2017) e são apresentadas pelas normativas de acesso das concessionárias de energia levando em conta as particularidades de cada região.

Basicamente, estas normativas têm por objetivo estabelecer as condições de acesso, quanto à conexão e ao uso dos sistemas de distribuição, além de definir critérios técnicos e operacionais, prazos e demais requisitos de projeto aplicáveis tanto para novos quanto para empreendimentos de geração já existentes.



### Saiba Mais!

Em sistemas de geração de energia elétrica a partir de **motogeradores à biogás** a fonte primária que compõe a GD é o **alternador síncrono**, sendo conectados **diretamente ao sistema**. Por este motivo, alguns critérios técnicos do Procedimento de Acesso para GD a biogás são diferentes dos critérios para sistemas que utilizam inversores de frequência para conexão com a rede, como por exemplo a fonte solar fotovoltaica.

### Afinal de contas, qual normativa deve ser seguida para atender a todos os requisitos e etapas do Procedimento de Acesso?

Para obter a aprovação do projeto de conexão da unidade de GD pela concessionária local, o procedimento de acesso deve ser respeitado levando em consideração todos os aspectos técnicos e documentais exigidos pela concessionária que atende o sistema de distribuição onde se pretende instalar a GD.

Com o intuito de estabelecer os critérios com base nas recomendações da ANEEL, as concessionárias apresentam um portfólio de documentações e

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

normativas específicas para os **acessantes de geração** quanto ao Procedimento de Acesso.



### Atenção!

#### Quem são os acessantes de geração?

São todos os consumidores de energia que desejam se conectar ao sistema elétrico de distribuição para importar ou exportar energia de maneira individual ou coletiva.

No site da [ANEEL](http://www.aneel.gov.br) é possível encontrar as áreas de concessão das concessionárias por região do país. A partir desta consulta o acessante pode identificar qual é a concessionária que atende o local de instalação do empreendimento da GD, para então encontrar a normativa para o Procedimento de Acesso da concessionária em questão.

Na Tabela 5 estão apresentadas as normas técnicas de algumas concessionárias brasileiras para o procedimento de acesso de micro e minigeração distribuída.

Tabela 5. Normativas das concessionárias para o Procedimento de Acesso<sup>28</sup>.

Concessionária	Estado	Norma
CEMIG	Minas Gerais	- Manual de Distribuição <b>ND.5.30</b> : “Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig - Conexão em Baixa Tensão” - Manual de Distribuição <b>ND.5.31</b> : “Requisitos para a Conexão de Acessantes Produtores de Energia Elétrica ao Sistema de Distribuição Cemig - Conexão em Média Tensão”
RGE SUL	Rio Grande do Sul	- <b>GED 15303</b> : “Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica”
CPFL -Paulista	São Paulo	
COPEL	Paraná	- <b>NTC 905200</b> : “Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da COPEL (com compensação de energia)”
Energisa	Mato Grosso do Sul	- Norma de Distribuição Unificada <b>NDU - 013</b> : Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição”

<sup>28</sup> Nota: As normativas apresentadas nesta tabela referem-se às quinze concessionárias distribuidoras de energia elétrica brasileiras com maior número de unidades consumidoras que contém geração distribuída.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

		- Norma de Distribuição Unificada <b>NDU - 015</b> : “Critérios para a Conexão em Média Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição”
ELEKTRO (Neoenergia)	São Paulo	- Norma <b>ND.64</b> : “Conexão entre Microgeração Distribuída em baixa tensão e a Rede de distribuição da ELEKTRO” - Norma <b>ND.65</b> : “Conexão de geradores em paralelo com o sistema de distribuição de média tensão da ELEKTRO”
Enel-GO (CELG)	Goiás	- Especificação técnica <b>Nº 122</b> : “Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Goiás”
CELESC	Santa Catarina	- Manual de procedimentos <b>I-432-0003</b> : “Requisitos gerais para conexão de autoprodutor e produtor independente de energia à rede da CELESC”
COELBA (Neoenergia)	Bahia	- Norma <b>DIS-NOR-031</b> : “Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição” - Norma <b>NOR.DSTRIBU-ENGE-0111</b> : “Conexão de Minigeradores ao Sistema de Distribuição”
ENEL RJ	Rio de Janeiro	- Especificação técnica <b>Nº 122</b> : “Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Rio”
ENEL CE	Ceará	- Especificação técnica <b>Nº 122</b> : “Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Ceará”
Light	Rio de Janeiro	- Norma Técnica: “Procedimentos para conexão de Microgeração e Minigeração ao Sistema de Distribuição da Light SESA BT e MT - até classe 36,2 kV”
Equatorial PI	Piauí	- Norma Técnica <b>NT.020.EQTL</b> : “Conexão de Microgeração Distribuída ao sistema de distribuição” - Norma Técnica <b>NT.021.EQTL</b> : “Conexão de Minigeração Distribuída ao sistema de distribuição”
CELPE (Neoenergia)	Pernambuco	- Norma <b>NOR.DSTRIBU-ENGE-0002</b> : “Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição” - Norma <b>NOR.DSTRIBU-ENGE-0111</b> : “Conexão de Minigeradores ao Sistema de Distribuição”
CEEE	Rio Grande do Sul	- Instrução técnica <b>IT-11.01.081</b> : “Acesso de Microgeração e Minigeração ao sistema de Distribuição CEEE-D”

Em fevereiro de 2014 a Companhia Paranaense de Energia (COPEL) emitiu a primeira versão da Norma Técnica para Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao sistema de distribuição, a **NTC 905200**. Esta NTC regulamenta as condições de acesso de sistemas em GD a serem conectados na área de concessão da COPEL no Estado do Paraná.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

A última atualização da NTC 905200 ocorreu em abril de 2021 (COPEL, 2021) sendo esta versão da norma utilizada como base para as próximas seções deste capítulo, as quais descrevem as etapas do procedimento de acesso de micro e minigeração distribuída voltadas para empreendimentos de GD a biogás.

### 3.2.1. Etapas do procedimento de acesso

No fluxograma apresentado na Figura 25 estão destacadas as principais etapas e documentos emitidos e elaborados durante o **procedimento de acesso para projetos de micro e minigeração distribuída a biogás**.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

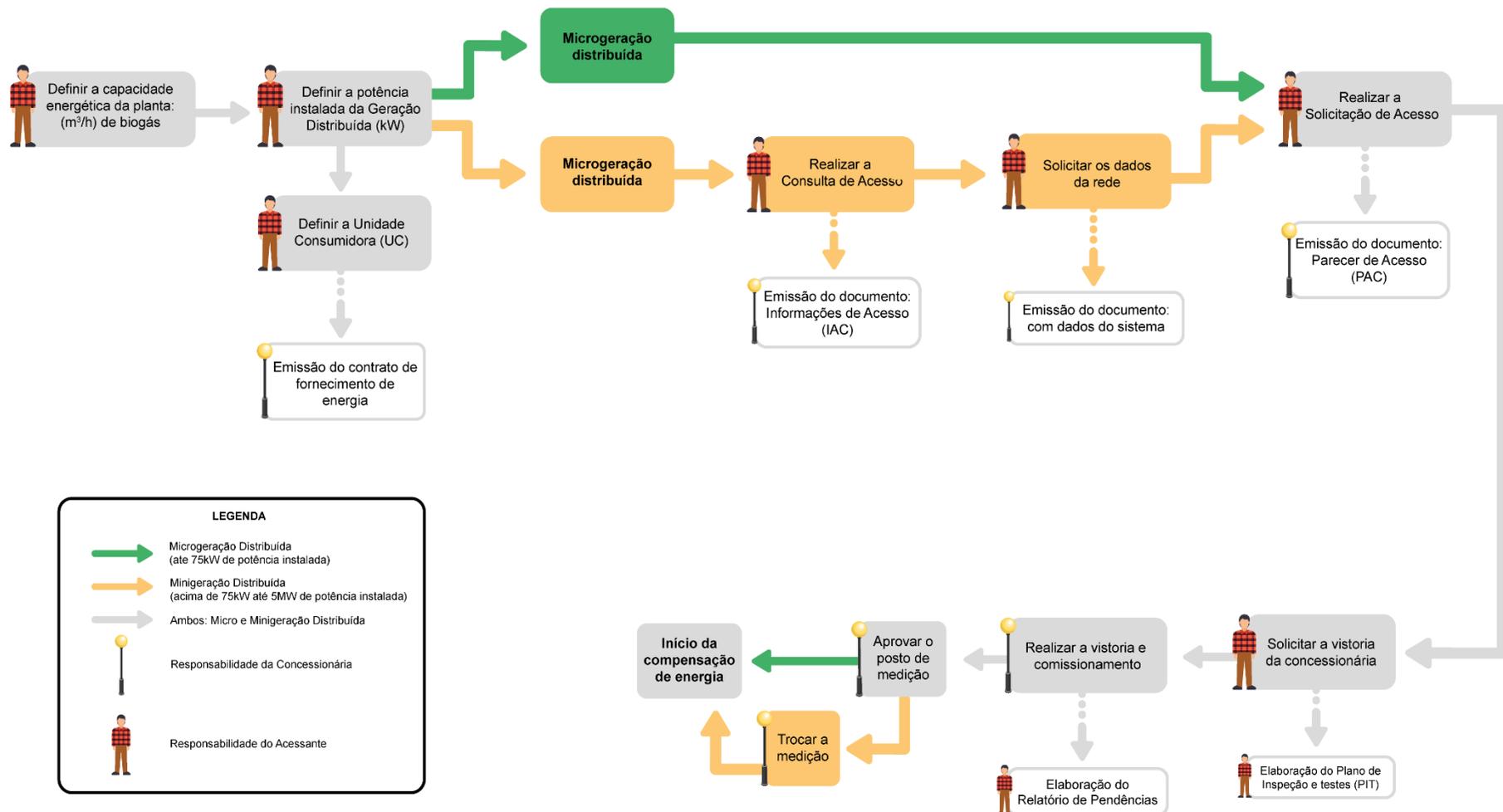


Figura 25. Etapas do procedimento de acesso para micro e minigeração distribuída a partir do biogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Note que no fluxograma da Figura 25 estão destacadas as responsabilidades do acessante e da concessionária em todas as etapas do Procedimento de Acesso. Os prazos que envolvem algumas das etapas do fluxograma serão apresentados nas próximas subseções.

Verifique também que o início do procedimento de acesso se dá ao definir a capacidade energética da planta de produção de biogás em m<sup>3</sup>/h e a potência instalada da geração distribuída em kW, por meio da escolha da quantidade e potência dos motogeradores que serão instalados. Esta etapa compreende os aspectos técnicos definidos anteriormente, sendo parâmetros essenciais para implementação e continuidade do processo.



### Saiba Mais!

De posse das informações básicas, como **produção de biogás**, **potência instalada da planta** e **número de grupo motogeradores**, é possível dar encaminhamento às próximas etapas do procedimento de acesso.

### 3.2.2. Definição da unidade consumidora (UC)

Uma das informações necessárias para iniciar o Procedimento de Acesso é a identificação da **unidade consumidora** na qual pretende-se conectar a unidade de GD. A UC caracteriza o ponto de entrega de energia pela concessionária ao consumidor e é constituída por um conjunto de instalações que incluem o ramal de entrada, equipamentos de medição da concessionária, condutores e demais acessórios.



### Saiba Mais!

A **unidade consumidora** representa o ponto de entrega do fornecimento de energia, com **medição individualizada**, correspondente a um **único consumidor** e localizado em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas (ANEEL, 2017).

Para novos empreendimentos é necessária a criação de uma UC por meio de um **pedido de ligação**. A partir disso será possível obter as informações

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

necessárias sobre a UC na qual a unidade de GD a biogás será conectada e utilizá-las nas próximas etapas do procedimento de acesso. Uma dúvida muito recorrente nos projetos de novos empreendimentos para geração de energia elétrica a partir do biogás é:

### Como fazer o pedido de ligação para a UC de geração de energia elétrica a biogás?

Para realizar o pedido de ligação, inicialmente deve-se atentar ao nível de tensão em que a UC será enquadrada. Segundo o Módulo 3 do PRODIST, para empreendimentos de **microgeração** distribuída, por exemplo, a unidade de geração a biogás deve ser conectada em baixa tensão. Já, para empreendimentos de **minigeração** distribuída, a conexão pode acontecer na baixa, média ou alta tensão, a depender da potência instalada do empreendimento.

Na Tabela 6 estão apresentados os níveis de tensão para a conexão de micro e minigeração distribuída de acordo com as recomendações do Módulo 3 do PRODIST.

Tabela 6. Níveis de tensão para conexão de Micro e Minigeração Distribuída<sup>29</sup>.

Potência instalada <sup>30</sup>	Nível de tensão	Tensão
75 kW	Baixa tensão	(220 V; 380 V; 440 V)
76 kW a 500 kW	Baixa tensão/média tensão	(220 V; 380 V; 440 V) / (13,8 kV; 34,5 kV)
501 kW a 5 MW	Média tensão/alta tensão	(13,8 kV; 34,5 kV) / (69 kV; 138 kV)

Fonte: Adaptado de PRODIST Módulo 3 - ANEEL (2017).

Além da determinação do nível de tensão na qual se enquadra a UC, para seguir com o pedido de ligação é necessário que as instalações do **Padrão de Entrada de Energia** sejam dimensionadas e executadas previamente de acordo com a potência instalada da planta. A potência disponibilizada pela

<sup>29</sup> O nível de tensão permissível para conexão de micro ou mini GD podem variar de acordo com a concessionária.

<sup>30</sup> Potência instalada para GD a biogás: potência em regime contínuo total da planta.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

concessionária deverá ser igual ou superior à capacidade instalada da unidade de geração.

Para a execução do serviço de instalação do padrão de entrada, recomenda-se a contratação de equipe técnica especializada, visto que a ligação depende da vistoria e aprovação do serviço pela concessionária.



### Saiba Mais!

Para solicitar uma nova ligação para a concessionária é necessário que a estrutura física do **Padrão de Entrada de Energia** esteja pronta. Essa estrutura consiste em poste, caixa de medidor, eletrodutos, cabos e disjuntores e devem atender às normas técnicas e de segurança estabelecidas pela concessionária.

Com o padrão de entrada instalado, pode ser realizado o pedido de ligação junto a concessionária. Na COPEL, por exemplo, o pedido de nova ligação pode ser realizado por meio do [site](#). Neste sistema a COPEL solicita documentos da pessoa física ou jurídica referente ao titular da UC, além da documentação do imóvel, licença ambiental e outras informações.

A partir do pedido de ligação, a concessionária realiza estudos quanto à disponibilidade do sistema e/ou à necessidade de obras na rede para atendimento da UC e, posteriormente, emite o **Contrato de fornecimento de energia** no qual consta as informações orçamentárias acerca das obras (quando necessárias), responsabilidades de ambas as partes e informações sobre o projeto de ligação da UC.

Nos casos em que for necessária a execução de obras para o atendimento da UC, o prazo de vistoria começa a ser contado a partir do primeiro dia útil subsequente ao dia de conclusão da obra, conforme cronograma informado pela concessionária, ou do recebimento pela concessionária, da obra executada pelo interessado.

A título de exemplificação deste processo, na Figura 25 e na Figura 26 estão os fluxogramas para pedido de ligação disponibilizados pela COPEL, para UCs atendidas em baixa tensão e em alta tensão. Note que, para atendimento em média e alta tensão, o procedimento se torna mais complexo e pode levar mais tempo para ser finalizado.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

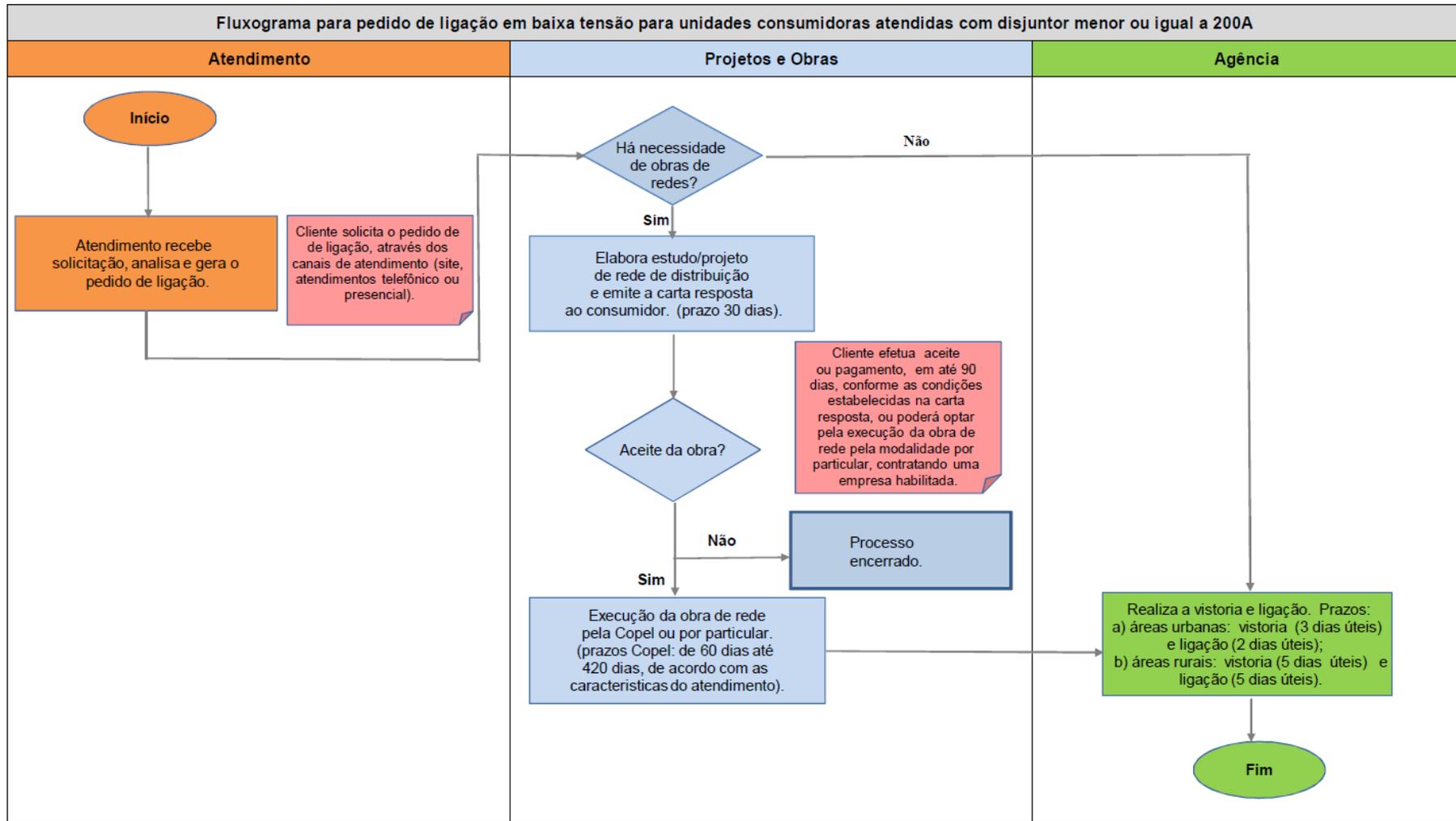


Figura 26. Fluxograma para pedido de nova ligação de UC em baixa tensão.

Fonte: <https://www.copel.com/paveweb/servicosCopel.jsf>

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

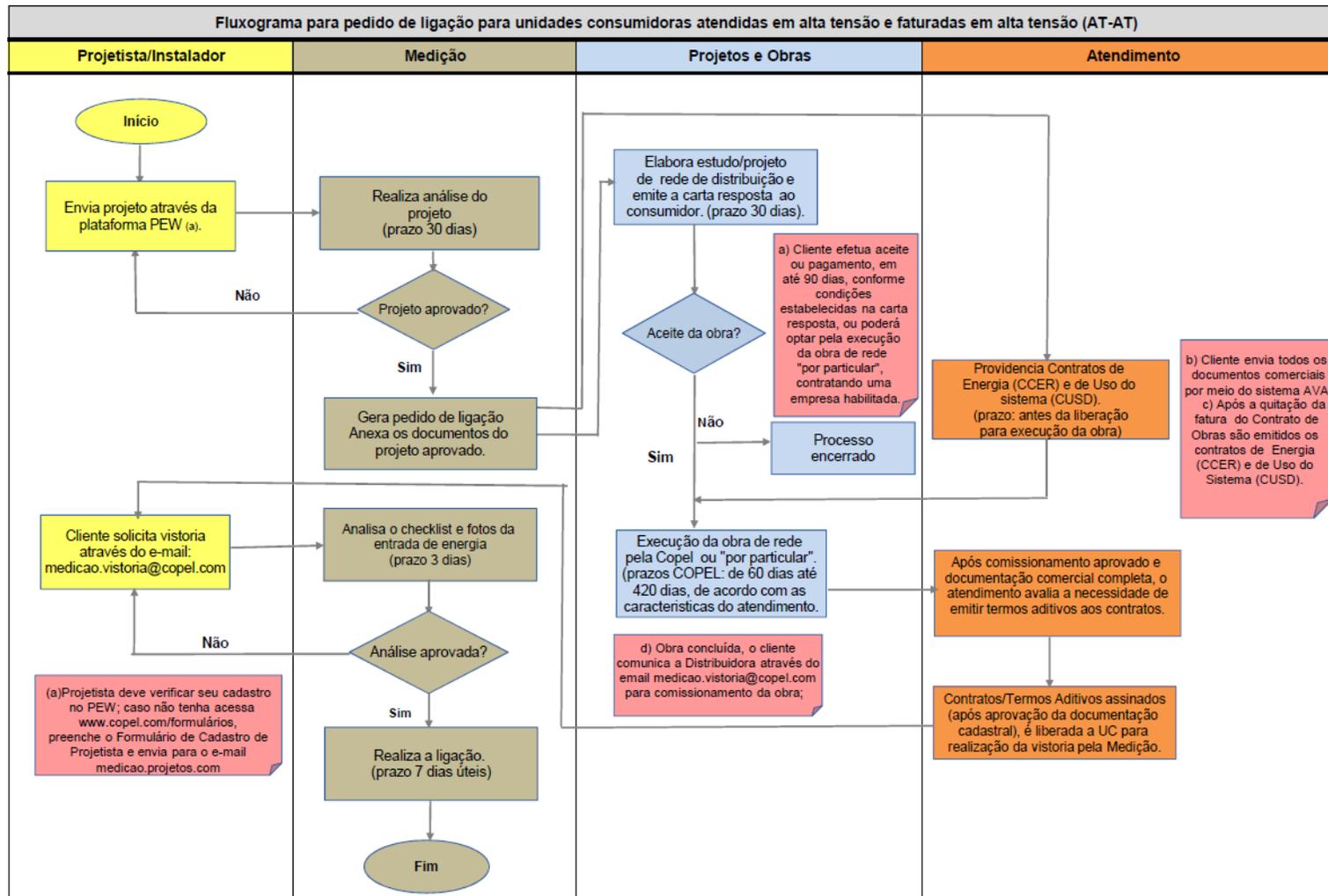


Figura 27. Fluxograma para pedido de nova ligação de UC em alta tensão.

Fonte: <https://www.copel.com/paveweb/servicosCopel.jsf>

### E se existir uma UC no local onde será instalada a unidade geradora, qual procedimento devo seguir?

Para casos em que já existe uma UC registrada na concessionária referente ao local onde pretende-se instalar uma unidade de GD a biogás deve ser utilizada a identificação da UC existente para seguir com o Procedimento de Acesso. Entretanto, a depender da potência a ser instalada da GD, há necessidade de **alteração no tipo ligação** de fornecimento de energia da concessionária.

Em outras palavras, o dimensionamento da entrada de energia e a demanda contratada, se for o caso, devem ser revisados nos casos em que a potência disponibilizada atualmente pela concessionária seja inferior à capacidade instalada da unidade de geração (COPEL, 2021).

Neste caso, antes da apresentação da Solicitação de Acesso, o consumidor deve solicitar **aumento de carga** para que a potência disponibilizada se torne igual ou superior à capacidade instalada da unidade de geração (COPEL, 2021).



#### Saiba Mais!

Caso haja necessidade de adequação do sistema de distribuição para atendimento ao aumento de potência disponibilizada, os prazos e as responsabilidades pelo custeio das obras necessárias serão estabelecidos de acordo com a legislação vigente (REN n° 482, 2012).

As informações referentes às adequações necessárias na rede serão indicadas pela concessionária por meio dos documentos emitidos após a realização da **Solicitação de Acesso**, no caso de **microgeração**, ou após a realização da **Consulta de Acesso**, para **minigeração**.

### 3.2.3. Realização da consulta de acesso

Após a definição da UC na qual será conectada a unidade de GD a biogás juntamente com a definição da potência instalada do empreendimento, o

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

procedimento de acesso (Figura 25) segue por duas alternativas: microgeração distribuída ou minigeração distribuída.

Para empreendimentos de **microgeração** a etapa de consulta de acesso não é obrigatória e não é exigida em algumas concessionárias, como por exemplo na COPEL, sendo obrigatória apenas a etapa de Solicitação de Acesso para estes projetos.

No caso de projetos de **minigeração** a maioria das concessionárias recomenda ou exige obrigatoriamente a elaboração da Consulta de Acesso. A Consulta de Acesso nada mais é que uma etapa que tem por objetivo a obtenção de informações técnicas para subsidiar a elaboração dos estudos elétricos enviados juntamente com a documentação na etapa de Solicitação de Acesso.



### Saiba Mais!

A **Consulta de Acesso**, como o próprio nome já diz, é uma etapa de consulta à concessionária local sobre a **disponibilidade e capacidade de atendimento da rede de distribuição** para o empreendimento de geração distribuída.

A Consulta de Acesso, etapa de responsabilidade do acessante, pode ser realizada de diferentes formas a depender das exigências da concessionária. Na COPEL, por exemplo, é necessário o preenchimento dos seguintes documentos disponibilizados no site:

- i. Carta de formalização da Consulta de Acesso; e
- ii. Ficha de dados cadastrais.

Outras concessionárias podem exigir outros documentos mais detalhados do projeto em questão, como croquis e diagramas unifilares das instalações, podendo até ser enviados via plataforma *online* da concessionária.

No caso da COPEL, estes documentos originais devem ser assinados e enviados via correios ou entregues presencialmente nas agências da empresa, e uma cópia digitalizada da documentação pode ser enviada antecipadamente via e-mail para dar celeridade ao processo. O retorno é realizado via e-mail a partir da emissão do documento de Informações de Acesso (IAC).

### ❖ Emissão do documento Informações de Acesso (IAC)

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

De acordo com o Módulo 3 do PRODIST, após a Consulta de Acesso, elaborada pelo acessante, [...] “à distribuidora acessada deve:

- i. Realizar os estudos necessários para definir a alternativa de conexão da central geradora ao sistema elétrico de acordo com o critério de mínimo custo global;
- ii. Verificar a necessidade de solicitar ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) ou a outras concessionárias parecer técnico acerca de impactos do acesso sobre o sistema de transmissão ou de distribuição;
- iii. Disponibilizar à central geradora, quando solicitada, os estudos que servirão de base para a definição da alternativa de conexão da central geradora; e
- iv. Reunir as demais informações a serem apresentadas ao acessante na **Informação de Acesso.**”

A depender do nível de potência instalada da unidade de GD a concessionária local poderá avaliar a necessidade de obras de reforço na rede elétrica de distribuição sendo estas informações indicadas no documento de Informações de Acesso (IAC).



### Saiba Mais!

A IAC é o documento por meio do qual a concessionária acessada apresenta a **alternativa de conexão** do empreendimento de geração distribuída. Esta alternativa é selecionada de acordo com o **critério de mínimo custo global**, e esclarece os procedimentos a serem seguidos pelo acessante para posterior formalização da **Solicitação de Acesso**.

A título de ilustração, na Figura 28 está apresentada uma IAC emitida pela COPEL para um empreendimento de geração distribuída (unidade termelétrica a biogás). Verifique que o escopo do documento contém as alternativas analisadas, o dimensionamento do sistema de proteção, além de responsabilidades e recomendações ao acessante.



## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

- ii. Dados de impedância da rede da concessionária;
- iii. Valores de curto-circuito da rede;
- iv. Valores de ajustes dos equipamentos de proteção da concessionária;
- v. Entre outros que o acessante julgar necessários.



### Saiba Mais!

De acordo com o Módulo 3 do PRODIST a concessionária deve disponibilizar as informações e dados atualizados de seu sistema elétrico, necessários para a elaboração de projeto ou estudo pelo acessante, **sempre que necessário e sem qualquer ônus para o interessado no acesso.**

A título de ilustração, na Figura 29 está apresentado um documento denominado “Impedância Equivalente para Acessantes de Geração” emitido pela COPEL para um empreendimento de geração distribuída (unidade termelétrica a biogás). Note que o documento tem por objetivo informar os valores de curto-circuito, impedâncias equivalentes e os ajustes dos equipamentos de proteção da COPEL a fim de nortear o projeto de proteção realizado pelo acessante e, posteriormente, submetido na Solicitação de Acesso.

O prazo de emissão destes documentos com as informações técnicas da rede de distribuição está relacionado com as características do sistema informado no documento de IAC, potência instalada da GD, entre outros aspectos. Porém, de acordo com a experiência em projetos com a COPEL, o prazo de envio destes documentos pode variar entre **30 e 40 dias.**

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

 SEI DOPD VPED SPRMTD Superintendência de Engenharia de Operação e Manutenção Departamento de Operação da Distribuição Divisão de Proteção e Estudos Elétricos de Operação da DIS Setor de Proteção de Média Tensão da Distribuição	
<b>IMPEDÂNCIA EQUIVALENTE PARA ACESSANTES DE GERAÇÃO</b>	
Descrição: GD UTE Biogás Nome do Empreendimento 14,5KV	
Solicitante: Nome do Acessante	TIPO: <b>PRT-02</b>
Área solicitante: VCGD	NUMERO: PRT-02_059-20 R1
Responsável Proteção MT:	
3	
2	
1	17/09/20 Adicionado RAs de trecho APD nº 643857 – IAC -2020
0	26/06/20 Emissão inicial APD nº 605869 – IAC -2020
Rev	Data Situação Observações

1. OBJETIVO

Este estudo tem a função de informar os valores de curto-circuito, as impedâncias equivalentes e os ajustes dos equipamentos de proteção da Copel a fim de nortear o projeto do esquema de proteção que será empregado para o acessante de geração **GD UTE Biogás** Nome do Empreendimento – 34,5 kV, que será conectada através de derivação do Alimentador **BÁLSAMO** 34,5 kV até a SE 138 kV.

Figura 29. Documento de Impedância Equivalente para acessantes de geração emitido<sup>32</sup> pela COPEL.

### 3.2.5. Realização da Solicitação de Acesso

Para viabilizar o acesso, ou a conexão propriamente dita, do empreendimento de micro ou minigeração distribuída é necessária a formalização da **Solicitação de Acesso**. A partir desta formalização, a concessionária poderá emitir o documento de Parecer de Acesso, o qual consolida a avaliação sobre a viabilidade técnica da conexão solicitada.

A Solicitação de Acesso, etapa de responsabilidade do acessante, compreende o envio de uma série de documentos para avaliação da concessionária. No caso da COPEL, por exemplo, estes documentos devem ser submetidos por meio do sistema [PEW - Projeto Elétrico Web](#). Nesta plataforma a concessionária apresenta todas as instruções necessárias para submeter os documentos.

Nos tópicos abaixo estão listados brevemente os documentos necessários para submeter a Solicitação de Acesso para empreendimentos de micro e minigeração distribuída a partir do biogás.

<sup>32</sup> Este documento exemplifica as informações de impedância equivalente emitidas pela concessionária, sendo coletado por meio de projetos internos desenvolvidos pelo CIBiogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

### ❖ Formulário de Solicitação de Acesso

De acordo com o Módulo 3 do PRODIST a solicitação de acesso deve contemplar o Formulário de Solicitação de Acesso para micro ou minigeração distribuída que deverá ser **preenchido pelo acessante** de acordo com potência instalada da geração, acompanhado dos documentos pertinentes a cada caso, não cabendo à concessionária solicitar documentos adicionais àqueles indicados nos formulários.

Existem três formulários básicos disponibilizados nos anexos do Módulo 3 do PRODIST, os quais são utilizados como modelo nas normativas das concessionárias:

- i. Formulário para microgeração distribuída com potência igual ou inferior a 10 kW;
- ii. Formulário para microgeração distribuída com potência superior a 10 kW;
- iii. Formulário para Minigeração Distribuída.

A título de ilustração, na Figura 30 está apresentado o modelo de formulário para Minigeração Distribuída.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Código da UC:	Grupo B <input type="checkbox"/>	Grupo A <input type="checkbox"/> Classe:
Titular da UC :		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ( )	Celular: ( )	
CNPJ/CPF:		
2 - Dados da Unidade Consumidora		
Localização em coordenadas: Latitude:		Longitude:
Potência instalada (kW):		Tensão de atendimento (V):
Tipo de conexão: monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica <input type="checkbox"/>		
Transformador particular (kVA): 75 <input type="checkbox"/> 112.5 <input type="checkbox"/> 225 <input type="checkbox"/> outro: <input type="checkbox"/>		
Tipo de instalação: Posto de transformação <input type="checkbox"/> cabine <input type="checkbox"/> subestação <input type="checkbox"/>		
Tipo de ligação do transformador:		
Impedância percentual do transformador:		
Tipo de ramal: aéreo <input type="checkbox"/> subterrâneo <input type="checkbox"/>		
3 - Dados da Geração		
Potência instalada de geração (kW):		
Tipo da Fonte de Geração:		
Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>		
Outra (especificar):		
4 - Documentação a Ser Anexada		
1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração	<input type="checkbox"/>	
2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo	<input type="checkbox"/>	
3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão	<input type="checkbox"/>	
4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção	<input type="checkbox"/>	
5. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) Inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.	<input type="checkbox"/>	
6. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scq">www.aneel.gov.br/scq</a>	<input type="checkbox"/>	
7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme Incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012	<input type="checkbox"/>	
8. Cópia de Instrumento Jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)	<input type="checkbox"/>	
9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)	<input type="checkbox"/>	
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone:		
E-mail:		
_____	____/____/____	_____
Local	Data	Assinatura do Responsável

Figura 30. Formulário de Solicitação de Acesso para Minigeração Distribuída.

Fonte: PRODIST Módulo 3 (2017).

Note que para o preenchimento do formulário no campo “**1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC**” são necessárias as informações sobre UC como código ou nº da UC, grupo de fornecimento, endereço e informações sobre o titular.

No campo “**2 - Dados da Unidade Consumidora**” precisam ser preenchidas informações técnicas sobre a ligação da UC, já considerando as características técnicas necessárias para a ligação da unidade de GD. Note que, neste campo, o item “Potência instalada (kW)” se refere à potência total das cargas instaladas no empreendimento, as quais serão alimentadas pela unidade de geração.



### Não confunda!

A **potência instalada da unidade consumidora** se refere a soma da potência instalada dos equipamentos que consomem energia elétrica e estão/serão conectados na UC. A **potência instalada de geração** se refere à soma da potência instalada (regime contínuo) dos motogeradores a biogás que serão instalados na UC.

Ainda neste campo do relatório são necessários dados gerais sobre o tipo de conexão da UC, inclusive sobre os equipamentos para conexão (transformador, cabine, ramal de ligação) e nível de tensão.

### Mas como especificar no formulário o tipo de geração para empreendimentos de GD a biogás?

No campo “**3 - Dados da Geração**”, além de inserir a potência instalada dos motogeradores, o acessante deverá selecionar no campo “Tipo da fonte de geração” a opção “Biomassa” e preencher no campo “Outra” a especificação do biogás de acordo com o tipo de substrato tratado, como por exemplo: “**Biogás proveniente do tratamento anaeróbico de dejetos suínos**”.

A partir daí, no campo “**4 - Documentação a ser anexada**” estão listados todos os documentos que precisam ser enviados em anexo na Solicitação de Acesso para análise da concessionária. Para empreendimentos de GD a biogás são necessários os seguintes itens:

- i. ART do responsável técnico pelo projeto elétrico;
- ii. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo;
- iii. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração carga e proteção;
- iv. Certificado de conformidade dos inversores<sup>33</sup>;
- v. Dados necessários ao registro da central geradora na ANEEL;
- vi. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (quando houver).

Após selecionar estes documentos a serem anexados, é necessário assinar o formulário no campo “**6 - Solicitante**”, com os dados do responsável

<sup>33</sup> Para GD a biogás este documento deve ser substituído por uma carta de dispensa de utilização de inversores visto que esta fonte renovável utiliza alternador síncrono para geração de energia elétrica.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

pelo projeto. O detalhamento dos documentos a serem anexados está apresentado nos tópicos a seguir.

### ❖ Anotação de Responsabilidade Técnica – ART do responsável

A ART é um instrumento legal, necessário para a fiscalização das atividades técnico-profissionais, nos diversos empreendimentos sociais. Instituída pela Lei Federal nº 6496/1977, a ART caracteriza legalmente os direitos e obrigações entre profissionais e usuários de seus serviços técnicos, além de determinar a responsabilidade profissional por eventuais defeitos ou erros técnicos.

Cabe ao responsável técnico pela Solicitação de Acesso e pela elaboração do projeto elétrico de GD emitir e assinar a **ART de Obra ou Serviço** com as vinculações e informações necessárias no órgão que compete o seu exercício. Em geral, nos empreendimentos de GD, o responsável técnico pelo projeto de GD não é o dono do empreendimento, ou contratante. Nestes casos, é necessária a assinatura de ambos para envio da ART à concessionária.

A Figura 31 expressa um modelo de ART emitida pelo CREA-PR de um projeto. Note que no campo “**Atividade Técnica**” deve estar especificado o tipo de serviço declarado na ART, no caso “[**Especificação, Estudo, Planejamento, Projeto**] de minigeração distribuída.”

Algumas concessionárias podem exigir ainda a **Certidão de Registro Profissional** em que é verificado o nome do representante técnico e a atribuição do profissional conforme artigo 8 da Resolução 218/73 (CONFEA).

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Página 1/1

**Anotação de Responsabilidade Técnica - ART**  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

**CREA-PR**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

**ART de Obra ou Serviço**  
Nº da ART emitida

---

**1. Responsável Técnico**  
**Nome do Responsável**  
Título profissional: **ENGENHEIRO ELETRICISTA - ELETROTECNICA** RNP: XXXXX  
Carteira: XXXXX

---

**2. Dados do Contrato**  
Contratante: **Nome do Contratante** CNPJ: **CNPJ do contratante**  
**Endereço do contratante**  
Contrato: ORDENS COMPRA Celebrado em: **xx/xx/xxxx**  
Valor: **R\$ xx.xxx.xx** Tipo de contratante: Pessoa Jurídica (Direito Privado) brasileira

---

**3. Dados da Obra/Serviço**  
**Endereço da obra**  
Data de Início: **xx/xx/xxxx** Previsão de término: **xx/xx/xxxx** Coordenadas Geográficas: **xxxxxxx**  
Finalidade: Outro CNPJ: **CNPJ do propriet.**  
Proprietário: **Nome do Proprietário**

---

**4. Atividade Técnica**  
Elaboração Quantidade Unidade  
[Especificação, Estudo, Planejamento, Projeto] de **minigeração distribuída** 240.000,00 WATT  
Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa desta ART

---

**7. Assinaturas**  
Declaro serem verdadeiras as informações acima  
Local \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
data  
**Assinatura do responsável técnico**  
**Assinatura do contratante**

---

**8. Informações**  
- A ART é válida somente quando quitada, conforme informações no rodapé deste formulário ou conferência no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br).  
- A autenticidade deste documento pode ser verificada no site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br) ou [www.confea.org.br](http://www.confea.org.br).  
- A guarda da via assinada da ART será de responsabilidade do profissional e do contratante com o objetivo de documentar o vínculo contratual.

Acesso nosso site [www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br)  
Central de atendimento: 0800 041 0067

**CREA-PR**  
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná

Registrada em **xx/xx/xxxx** ART Isenta

Figura 31. Modelo de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) para projeto de geração distribuída.

### ❖ Projetos elétricos das instalações

Independentemente do tipo de empreendimento, micro ou minigeração distribuída, é necessário enviar em anexo ao formulário de Solicitação de Acesso, o projeto elétrico das instalações. Porém, a depender da potência instalada do empreendimento, se faz necessário submeter algumas informações e estudos adicionais.

**Vocês lembram da etapa de “Solicitar os dados da rede”?**

**Vamos aos detalhes sobre ela!**

Para empreendimentos de minigeração, são necessários os estudos de proteção que dependem dos dados de carregamento e impedância do sistema de distribuição obtidos anteriormente pela concessionária. Por isso é importante solicitar esses dados com antecedência.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Para exemplificar, na Tabela 7 está apresentada uma relação de documentos e estudos exigidos pela COPEL de acordo com as faixas de potência instalada para máquinas girantes, aplicados para empreendimentos de GD a biogás.

Tabela 7. Relação de documentos que compõem o projeto elétrico das instalações para submissão da Solicitação de Acesso.

Até 10 kW	Acima de 10 kW até 75 kW	Acima de 75 kW até 300 kW	Acima de 300 kW até 5 MW
Memorial descritivo de medição e proteção	Memorial descritivo de medição e proteção	Memorial descritivo de medição e proteção	
Esquema Unifilar	Esquema Unifilar e Trifilar	Esquema Unifilar e Trifilar	
Planta de situação	Planta de situação	Planta de situação	
Detalhes da carga instalada (DCI)	Detalhes da carga instalada (DCI)	Detalhes da carga instalada (DCI)	
	Esquemas funcionais e lógicos	Esquemas funcionais e lógicos	
	Estudo de curto circuito	Estudo de curto circuito	
	Estudo de seletividade e coordenação	Estudo de seletividade e coordenação	
	Estudo de ilhamento	Estudo de ilhamento	
	Demais estudos necessários para viabilizar os ajustes exigidos para a faixa de potência da unidade de geração	Demais estudos necessários para viabilizar os ajustes exigidos para a faixa de potência da unidade de geração	
	Tabela com resumo dos ajustes exigidos	Tabela com resumo dos ajustes (de proteção) exigidos	
-	-	Número de registro do inversor no Inmetro ou modelo com certificado COPEL (se aplicável) <sup>34</sup>	

Fonte: Adaptado de NTC 905200 (2014).

A NTC 905200 exige ainda que sejam apresentados documentos que contenham as especificações técnicas de equipamentos como cabos elétricos,

<sup>34</sup> Religadores na derivação do sistema de distribuição são exigidos somente para empreendimentos de potência maior que 500 kW.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

transformadores, disjuntores, alternadores, equipamentos de proteção, entre outros.

Com relação aos estudos de curto-circuito, coordenação, seletividade e ilhamento estes devem ser elaborados por um engenheiro electricista especialista, visto que exige conhecimentos técnicos bastante específicos. É importante ressaltar, que as concessionárias podem exigir diferentes estudos a depender do nível de tensão da conexão da GD.

Estes estudos são exigidos devido a necessidade de especificar as funções de proteção contidas no relé de proteção da unidade geradora. É por meio destes estudos que são obtidos os níveis de curto-circuito e estabilidade do sistema, para então serem definidos os ajustes de acordo com os requisitos de proteção exigidos.

### Mas afinal, quais são os requisitos de proteção normalizados para GD?

O Módulo 3 do PRODIST traz uma tabela com os requisitos mínimos em função da potência instalada, para empreendimentos de micro e minigeração, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Requisitos mínimos de proteção em função da potência instalada.

Equipamentos	Potência Instalada		
	Menor ou igual a 75 kW	Maior que 75 kW até 500 kW	Maior que 500 kW até 5 MW
Elemento de desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão (27/59)	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência (81U/81O)	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente (46)	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão (47)	Não	Não	Sim

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

<b>Sobrecorrente direcional (67/67N)</b>	Não	Sim	Sim
<b>Sobrecorrente com restrição de tensão (51V)</b>	Não	Não	Sim
<b>Relé de sincronismo (25)</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Anti-ilhamento (78 e 81df/dt)</b>	Sim	Sim	Sim
<b>Medição</b>	Bidirecional	Medidor 4 quadrantes	Medidor 4 quadrantes

Fonte: Adaptado do PRODIST Módulo 3 ANEEL (2017).

Além dos requisitos mínimos previstos pela ANEEL que as concessionárias devem exigir dos projetos para acessantes de geração, cada concessionária tem suas particularidades no que diz respeito às funções de proteção. Com relação a isso, na Tabela 9, na Tabela 10 e na Tabela 11

Tabela 11 estão listadas as proteções exigidas por algumas concessionárias do Sul do país para projetos de micro e minigeração distribuída, respectivamente.

Tabela 9. Funções de proteção exigidas para Microgeração até 75 kW.

Funções de Proteção ANSI		Microgeração Distribuída									
		27	59	25	32	59N	81U	81O	78 81df/dt	50/51	50/51N
PRODIST		✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗
Paraná	COPEL	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓ <sup>1</sup>	✗
Santa Catarina	CELESC	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
Rio Grande do Sul	CEEE	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓ <sup>1</sup>	✓	✓

<sup>1</sup> Ambas não obrigatórias mas recomendáveis.

Tabela 10. Funções de proteção exigidas para Minigeração de 75 kW até 500 kW.

Funções de Proteção ANSI		Minigeração Distribuída até 500 kW															
		27	59	25	32	67	67N	50BF	59N	81U	81O	78	81 df/dt	50/ 51	50N/ 51N	50G/ 51G	LV/ BM
PRODIST		✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Paraná	COPEL	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Santa Catarina	CELESC	✓	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>1</sup>	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>1</sup>	✗	✗
Rio Grande do Sul	CEEE	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>2</sup>	✓ <sup>2</sup>	✓	✓	✗

<sup>1</sup> Ambas só devem ser utilizadas para conexões em 69 kV e 138 kV.

<sup>2</sup> Ambas não obrigatórias mas recomendáveis.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Tabela 11. Funções de proteção exigidas para Microgeração de 500 até 5 MW.

Funções de Proteção ANSI	Minigeração Distribuída cima de 500 kW até 5MW																			
	37	27	59	25	32	46	47	67	67N	51V	50BF	59N	81U	81O	78	81 df/dt	50/51	50N/51N	50G/51G	LV/B M
PRODIST	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Paraná	COPEL	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Santa Catarina	CELESC	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓ <sup>1</sup>	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>1</sup>	✗	✗
Rio Grande do Sul	CEEE	✗	✓	✓	✓	✗	✓ <sup>2</sup>	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓ <sup>2</sup>	✓ <sup>2</sup>	✓	✗	✗

<sup>1</sup>Ambas só devem ser utilizadas para conexões em 69 kV e 138 kV.

<sup>2</sup> Ambas não obrigatórias mas recomendáveis.



### Fique tranquilo!

Você pôde verificar que cada concessionária tem sua particularidade, inclusive quanto às funções de proteção exigidas.

Mas, fique tranquilo! As normativas de cada concessionária descrevem todas as exigências e requisitos de acordo com as especificidades de cada empreendimento.

### ❖ Carta de dispensa do uso de inversores

Como já mencionado, a geração de energia elétrica a biogás ocorre diretamente através do alternador síncrono, não sendo necessário o uso de inversores de frequência para sua conexão com a rede. Por este motivo, para substituir o documento exigido chamado “Certificado de conformidade dos inversores” recomenda-se o envio de uma carta de dispensa do uso dos inversores como documento em anexo na Solicitação de Acesso.

Na Figura 32 está apresentado um modelo de carta de dispensa do uso dos inversores utilizado em projetos do CIBiogás.

**CIBIOGAS**  
ENERGIAS RENOVÁVEIS

### DISPENSA DE UTILIZAÇÃO DE INVERSORES

O projeto da UTE a biogás do projeto (*Nome do empreendimento*) utiliza alternadores síncronos para realizar a geração de energia elétrica e relé de proteção para monitoramento e proteção do ponto de conexão, dessa forma, tecnicamente não há necessidade de uso de inversores de frequência homologados pelo Inmetro ou outra instituição.

*Assinatura do responsável pelo projeto de GD*

---

*Nome do Responsável*  
CREA XXXXX-X

*Local* \_\_\_\_\_ *data* \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Figura 32. Modelo de carta de dispensa do uso de inversores para projeto de geração distribuída a biogás.

Com este documento, assinado pelo responsável técnico do projeto, declare-se à concessionária que o projeto do acessante não necessita de certificado de conformidade dos inversores visto que a unidade de geração do projeto é baseada em alternador síncrono.

#### ❖ Licenciamento Ambiental

Um documento adicionalmente necessário para submissão de projetos de GD a biogás é aquele que comprove uma manifestação favorável do órgão ambiental que regulamenta o local de instalação da planta de biogás com geração de energia elétrica.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Particularmente, para comprovar que o local de instalação da GD está de acordo com as exigências ambientais, o documento enviado necessariamente precisa conter informações referentes ao projeto de **instalação da unidade de geração distribuída a biogás** para que seja enviado à concessionária. Este documento pode ser uma **Autorização Ambiental, Licença de Instalação ou Operação**, a depender das exigências da concessionária.

Na Figura 33 está apresentada uma autorização ambiental de um projeto de minigeração distribuída à biogás emitido pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

Note, que neste documento de autorização ambiental a atividade descrita é “Instalação Termelétrica em Minigeração Distribuída a biogás” e que o ramo da atividade do local de implantação é a suinocultura.

Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos		IAP INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ Instituto Ambiental do Paraná Diretoria de Controle de Recursos Ambientais		Autorização Ambiental Nº Validade 21/02/2023 Protocolo	
<b>01 CONTROLE</b>					
Autorização nº 50465		Validade 48 Meses		Protocolo SPI de origem	
Autorização Ambiental para Atividade de: <b>INSTALAÇÃO DE TERMELETRICA EM MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA À BIOGÁS</b>					
O Instituto Ambiental do Paraná - IAP, com base na legislação ambiental e demais normas pertinentes, e tendo em vista contido no expediente protocolado sob o número anteriormente citado, expede a presente Autorização a:					
<b>02 IDENTIFICAÇÃO DO AUTORIZADO</b>					
Razão Social - Pessoa Jurídica / Nome - Pessoa Física					
C.G.C. - Pessoa Jurídica / C.P.F. - Pessoa Física			Inscrição Estadual - Pessoa Jurídica / R.G. - Pessoa Física ISENTO		
Ramo de Atividade - P. J. / Profissão - P. F. SUINOCULTURA					
Endereço				Bairro	
Município		UF PR	Cep	Telefone	
<b>03 IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDIMENTO</b>					
Empreendimento					
Endereço				Bairro	
Município		UF	Cep		
<b>04 DETALHAMENTO DA AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL</b>					
Corpo Hídrico do Entorno			Bacia Hidrográfica Paraná III		
Destino do Esgoto Sanitário *****			Destino do Efluente Líquido *****		
Detalhar o teor da autorização, premissas e condicionantes de sua concessão A presente Autorização Ambiental foi emitida de acordo com o que estabelece o Artigo 8º, Inciso I da Resolução Nº237/97 - CONAMA, e Artigo 72º, inciso II, da Resolução Nº65/ 2008 - CEMA, concedida para a finalidade de instalar biodigestor, devendo atender os seguintes condicionantes: a) Todos os resíduos gerados na construção do biodigestor deverão ser coletados, se possível reciclados, e/ou então, destinados de forma ambientalmente correta. b) No caso de necessidade de retirada de árvores para execução das obras de construção do biodigestor deverá ser requerida a devida autorização florestal em procedimento administrativo próprio junto ao IAP; c) Este empreendimento deverá a qualquer tempo atender a Resolução Normativa Nº 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Norma Técnica NTC 901100 da Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL). d) Deverá ser providenciado o devido laudo de vistoria do Corpo de Bombeiros atestando o atendimento das condições de gerenciamento de situações emergenciais e de risco, para implantação e funcionamento do sistema de biodigestão na propriedade.  Observação Importante:  De acordo com o previsto no Artigo 3º, Parágrafo 3º da Resolução Nº65/2008 - CEMA, esta Autorização Ambiental será passível de renovação desde que seja requerida com no mínimo 120 (cento e vinte) dias da expiração do seu prazo de validade.					

Figura 33. Modelo de Autorização Ambiental para projeto de geração distribuída a biogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Além de todos os documentos detalhados nas seções anteriores, outros documentos a serem submetidos para a concessionária no ato da Solicitação de Acesso dizem respeito aos **dados para registro na ANEEL** e à **lista de unidades consumidoras compensadas**, para empreendimentos e que a compensação de energia não ocorrerá somente na UC da unidade de geração, mas também em outras UCs.

### ❖ Protocolo de Solicitação de Acesso e Aprovação do Projeto

Após o acessante submeter a documentação da Solicitação de Acesso, a concessionária deve entregar ao acessante um recibo de formalização ou uma espécie de **protocolo de solicitação de acesso**, para acompanhamento do projeto pelo acessante até que a concessionária execute as análises dos estudos e documentos enviados e aprove (ou não) o projeto enviado.

### Como e quando saber se o projeto de GD foi aprovado ou precisa de revisão?

De acordo com o Módulo 3 do Prodist (ANEEL, 2017) caso a documentação enviada na Solicitação de Acesso esteja **incompleta**, a concessionária deve, **imediatamente**, recusar o projeto e notificar o acessante sobre todas informações pendentes, devendo o acessante realizar uma nova Solicitação de Acesso após a regularização das pendências identificadas.

Por outro lado, caso alguma informação de responsabilidade do acessante esteja **ausente ou em desacordo** com as exigências da regulamentação da concessionária, esta deve notificar o acessante, formalmente, sobre todas as pendências a serem solucionadas. O prazo para envio da notificação ao acessante é de **até 30 dias**, sendo que o acessante deve garantir a revisão e envio das informações pendentes **em até 15 dias**, contados a partir da data de recebimento da notificação formal (ANEEL, 2017).

Não existindo pendências impeditivas por parte dos documentos enviados pelo acessante, a concessionária acessada deve emitir o **Parecer de Acesso** e encaminhá-lo por escrito ao acessante, sendo permitido o envio por meio eletrônico. Para exemplificar, a COPEL apesar de exigir que a Solicitação de Acesso seja elaborada via sistema PEW, informa via e-mail que o pedido de

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

revisão do projeto ou a notificação de aprovação foi emitida, anexando também o Parecer de Acesso.

**Isso significa que... se o Parecer de Acesso do projeto foi emitido, o projeto de GD foi aprovado, podendo ser dada continuidade às demais etapas do Procedimento de Acesso!!**

### ❖ Emissão do Parecer de Acesso (PAC)

O documento de **Parecer de Acesso (PAC)**, obrigatoriamente emitido pela concessionária diante da aprovação do projeto de GD, é o documento que consolida a avaliação sobre a viabilidade técnica do empreendimento de acordo com as informações descritas na IAC.

Os prazos para emissão do PAC, contados a partir do recebimento da Solicitação de Acesso são:

- i. **Até 15 dias** para empreendimentos de **microgeração** distribuída, **quando não houver** necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado;
- ii. **Até 30 dias** para empreendimentos de **microgeração** distribuída, quando **houver** necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição;
- iii. **Até 30 dias** para empreendimentos de **minigeração** distribuída, **quando não houver** necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado; e
- iv. **Até 60 dias** para empreendimentos de **minigeração** distribuída, quando **houver** necessidade de execução de obras de melhoria ou reforço no sistema de distribuição.

A título de ilustração, na Figura 34 está apresentado um documento denominado “Parecer de Acesso” emitido pela COPEL para um empreendimento de geração distribuída (unidade termelétrica a biogás).



**COPEL**  
Distribuição



**PARANÁ**  
GOVERNO DO ESTADO

**SRF** Superintendência de Regulação, Finanças e Planejamento da Expansão da Distribuição  
**DGNT** Departamento de Gestão de Acessantes e Normalização Técnica  
**VCGD** Divisão de Acessantes de Carga e Geração Distribuída da Distribuição

### PARECER DE ACESSO

<b>ACESSANTE DE GERAÇÃO</b>	Nome do Empreendimento		
<b>SOLICITANTE</b>	Nome do Acessante		<b>TIPO</b>
<b>RESPONSÁVEIS</b>	[ ]	<b>NÚMERO</b>	<b>PAC</b>
3			
2			
1			
0	17/10/2019	Emissão Inicial	-
Rev.	Data	Situação	Observações

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO ..... 3
2. DADOS ..... 3
3. ALTERNATIVA ANALISADA ..... 4
4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA 20197950227036A DE PROTEÇÃO ..... 4
5. OBSERVAÇÕES ..... 5
6. RESPONSABILIDADE PELOS ATIVOS DE CONEXÃO ..... 6
7. RECOMENDAÇÕES ..... 6
8. CONCLUSÃO ..... 6

SRF/DGNT/VCGD
IAC 368-2019
2 / 7

Figura 34. Documento de Parecer de Acesso emitido<sup>35</sup> pela COPEL.

Note que no PAC são informadas as condições de acesso, compreendendo a conexão e o uso da rede, além dos requisitos técnicos que permitam a conexão das instalações do acessante com os respectivos prazos. Informações sobre obras na rede, se necessárias, e as responsabilidades da concessionária e do acessante também são descritas neste documento.



### Fique atento!

**O PAC possui prazo de validade!**

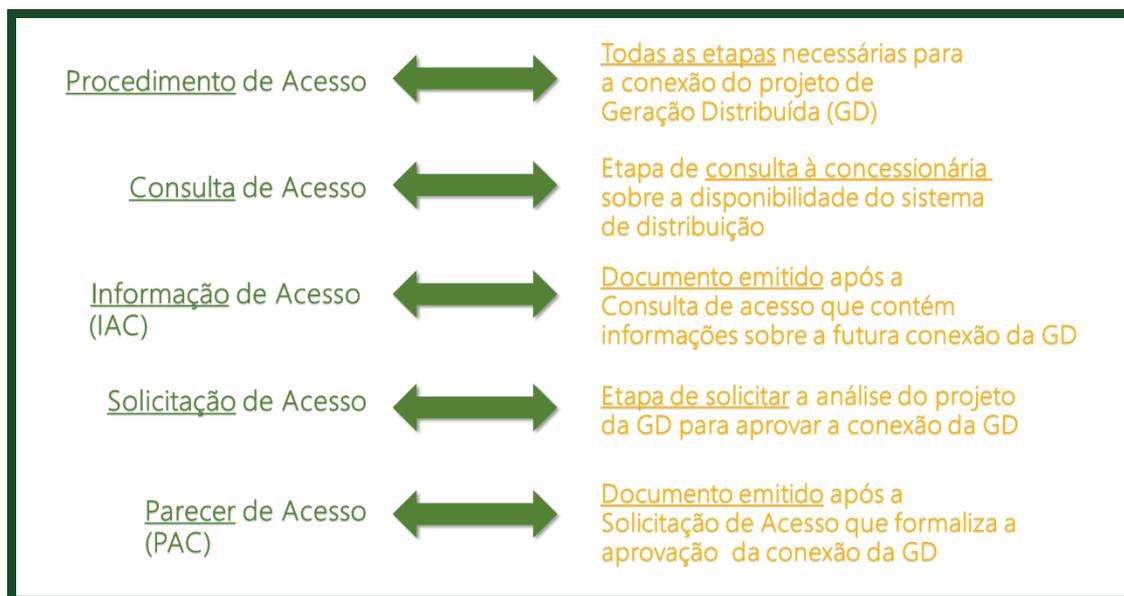
Segundo o Módulo 3 do PRODIST o acessante deve solicitar a vistoria da concessionária (próxima etapa do Procedimento de Acesso) em até **120 dias** após a emissão do Parecer de Acesso.

A inobservância deste prazo implica na perda do PAC, exceto se um novo prazo for acordado entre as partes.

<sup>35</sup> Este documento foi emitido pela COPEL para um projeto interno do CIBlogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Neste momento, você pode estar confuso quanto à **nomenclatura de todos estes processos**. Fique tranquilo! A seguir, é apresentada uma maneira simples e rápida para memorizá-los.



### 3.2.6. Solicitação da Vistoria da Concessionária

A próxima etapa após a emissão do PAC é a **Solicitação da Vistoria da Concessionária** no sistema implementado. É importante ressaltar que para esta etapa todas as obras do sistema de geração de energia elétrica já devem ter sido **concluídas e comissionadas**.

Desta forma, como já mencionado anteriormente, depois de concluídas as obras necessárias no sistema, o acessante deve solicitar a vistoria à concessionária em até **120 dias** contados após a emissão do PAC. Esta vistoria pode ser agendada de diferentes formas a depender do sistema da concessionária. Na COPEL, por exemplo, a solicitação de vistoria deve ser realizada pelo acessante de via e-mail.

Além disso, para solicitar a vistoria, recomenda-se que previamente sejam realizados os **testes de comissionamento e operação** no sistema. Isso porque, as concessionárias exigem a execução dos testes específicos envolvendo o sistema de geração e proteção, e inclusive a elaboração e envio prévio de um documento com **Plano de Inspeção e Testes (PIT)**, no qual contém informações específicas sobre os testes programados para a vistoria. Assim, com o intuito de

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

garantir o sucesso da vistoria e aprovação para operação do empreendimento recomenda-se a execução destes testes prévios.

### 3.2.7. Realização da Vistoria

De acordo com o Módulo 3 do PRODIST, a concessionária deve realizar vistoria das instalações de conexão de micro ou minigeração distribuída, no prazo de até **7 dias** contados a partir da data de solicitação formal pelo acessante.

No momento da vistoria a equipe da distribuidora acessada poderá solicitar o acompanhamento dos testes e ensaios no sistema, os quais deverão ser executados pelos profissionais especializados contratados pelo acessante. Serão verificadas questões relacionadas à segurança, às condições operacionais da unidade de micro ou minigeração, ao atendimento dos requisitos mínimos de qualidade de uma instalação elétrica e à funcionalidade dos esquemas de proteção, controle, sinalização e sistema de aterramento.

Se forem detectadas **pendências nas instalações** durante a vistoria a concessionária deverá enviar um relatório, em **até 5 dias**, contendo os motivos das pendências e as ações a serem tomadas para realizar as correções.



#### Atenção!

Após sanadas as pendências detectadas no relatório de vistoria, o acessante deve formalizar nova solicitação de vistoria à distribuidora com o envio de um **Relatório de Pendências**.

### 3.2.8. Aprovação do Ponto de Medição e Início da Compensação

De acordo com o Módulo 3 do PRODIST a acessada deve emitir a aprovação do ponto de conexão, liberando-o para sua efetiva conexão, juntamente com a adequação do sistema de medição no prazo de até **7 dias** a partir da data de realização da vistoria, na qual se constate a adequação das instalações de conexão da microgeração ou minigeração distribuída.

O sistema de medição deve atender às mesmas especificações exigidas para UC conectadas no mesmo nível de tensão da micro ou minigeração

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

distribuída, acrescido da funcionalidade de **medição bidirecional** de energia elétrica ativa, visto que a partir da conexão da GD a UC poderá consumir ou injetar energia na rede elétrica de distribuição.

A distribuidora é responsável por adquirir e instalar o sistema de medição, sem custos para o acessante no caso de **microgeração distribuída**, assim como pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição.

No caso de conexão de **minigeração distribuída**, o acessante é responsável por ressarcir a distribuidora pelos custos de adequação do sistema de medição, nos termos da regulamentação específica.

A acessada deve adequar o sistema de medição e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica dentro do prazo para aprovação do ponto de conexão.

### ❖ Contratos para Geração Distribuída

Para celebrar essa operação do empreendimento de GD são necessários contratos específicos que variam de acordo com o enquadramento da GD, sendo **Contrato de Relacionamento Operacional** para os **Microgeradores** e **Contrato de Acordo Operativo** para **Minigeradores**.

Segundo o Módulo 3 do PRODIST, para a elaboração do Acordo Operativo ou do Relacionamento Operacional, deve-se fazer referência ao Contrato de Adesão (ou número da unidade consumidora), Contrato de Fornecimento ou Contrato de Compra de Energia Regulada para a unidade consumidora associada à central geradora classificada como micro ou minigeração distribuída e participante do sistema de compensação de energia elétrica da distribuidora local, nos termos da regulamentação específica.

O **Acordo Operativo** deverá ser assinado **até a data de aprovação do ponto de conexão**, enquanto o **Relacionamento Operacional** deverá ser encaminhado pela distribuidora ao acessante em anexo ao Parecer de Acesso.

### 3.2.9. Resumo e Prazos do Procedimento de Acesso

Ao planejar um empreendimento de Micro ou Minigeração Distribuída à biogás, **fique atento aos prazos!**

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Para compilar todas as etapas do Procedimento de Acesso e os respectivos prazos estabelecidos nas normativas, na Tabela 12 está apresentado um resumo breve e prático do processo.

Tabela 12. Resumo das etapas do Procedimento de Acesso.

Etapa	Responsável	Prazos		Observações
		Micro GD	Mini GD	
Realizar a Consulta de Acesso	Acessante	-	-	A consulta de acesso pode ser realizada a qualquer momento sem ônus ao acessante. Para microgeração a consulta de acesso não é obrigatória, porém recomendada por algumas concessionárias.
Emissão da Informação de Acesso (IAC)	Concessionária	Até 60 dias	Até 60 dias	O prazo para esta etapa pode variar de acordo com o tipo de empreendimento, localização e concessionária acessada.
Solicitar dados da Rede	Acessante	-	-	Recomenda-se solicitar os dados da rede imediatamente após o recebimento da IAC
Emissão do documento com dados do sistema	Concessionária	Até 30 dias	Até 40 dias	O prazo para esta etapa pode variar de acordo com o tipo de empreendimento, localização e concessionária acessada.
Realizar a Solicitação de Acesso	Acessante	Até 60 após IAC		O prazo para execução esta etapa deve levar em conta a validade do documento de IAC. Caso não seja respeitado este prazo, uma nova consulta de acesso deverá ser realizada. No caso da Microgeração poderá ser realizada diretamente a solicitação de acesso a qualquer momento.
Notificação de revisão do projeto	Concessionária	Até 30 dias	Até 30 dias	Após a primeira revisão enviada a concessionária poderá solicitar nova

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Reenvio do projeto revisado	Acessante	Até 15 dias	Até 15 dias	revisão em até 15 dias, e o novo prazo para revisão também será de 15 dias.
Emissão do Parecer de Acesso (PAC)	Concessionária	Até 15 dias	Até 30 dias	Quando não houver necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado.
		Até 30 dias	Até 60 dias	Quando houver necessidade de melhorias ou reforços no sistema de distribuição acessado.
Solicitar a vistoria da concessionária	Acessante	Até 120 dias após PAC		O prazo para execução esta etapa deve levar em conta a validade do documento de PAC. Caso não seja respeitado este prazo, uma nova solicitação de acesso deverá ser realizada.
Realizar a vistoria e comissionamento	Concessionária	Até 7 dias após solicitação		-
Solicitação de revisão de pendências	Concessionária	Até 5 dias após a vistoria		Se forem constatadas pendências na vistoria o acessante deverá solicitar nova vistoria após a correção do sistema.
Emissão do relatório de pendências	Acessante	-	-	Recomenda-se que o relatório de pendências seja enviado em até 5 dias após a solicitação de revisão.
Aprovar o ponto de medição	Concessionária	Até 7 dias		Se não forem constatadas pendências na vistoria, a concessionária deve formalizar a aprovação da conexão da GD.
Trocar a medição	Concessionária	Até 7 dias		-

### 3.3. Estudo de caso: planta de biogás para geração de energia elétrica

Após termos o embasamento regulatório e técnico, podemos avançar para outra etapa neste guia, exemplificando cases para o dimensionamento de uma

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

planta de biogás para geração de energia elétrica, fixando desta forma o conteúdo repassado até o momento.

Algumas premissas serão delimitadas, a fim de facilitar a compreensão e nortear o estudo de caso. Como partida para a primeira análise, serão considerados:

- Grupo motogerador de menor porte à nível nacional: 10 kW, em modo contínuo;
- Rendimento do grupo motogerador: 30%;
- Atividade a ser explorado o biogás: suinocultura;
- **Produção de biogás: 1 suíno terminação = 0,12 m<sup>3</sup>/dia de biogás<sup>36</sup>;**
- Efluente: 14 L/dia de efluente;
- Regime de operação: 300 dias/ano, 10 h/dia;
- Concentração de metano: 60%;
- **PCI: 4.800 kcal/m<sup>3</sup> ou 5,58 kWh/m<sup>3</sup>.**

**Você deve estar se perguntando, afinal, quantos m<sup>3</sup> de biogás ao dia será necessário para suprir o grupo motogerador durante o período de operação?**

Retornando as informações trazidas neste documento, para definição da vazão de biogás necessária, é necessário primeiramente, definir o fator de conversão de biogás para geração de energia elétrica neste GMG.

Sendo assim, têm-se:

$$FC = (5,58) \cdot (30\%)$$

$$FC = 1,67 \text{ kWh/m}^3$$

Com base neste FC, é analisado que:

$$1 \text{ m}^3_{\text{biogás}} = 1,67 \text{ kWh}$$

ou,

$$1 \text{ kWh} = 0,5988 \text{ m}^3_{\text{biogás}}$$

Desta forma, para 1 (uma) hora de operação são gerados 10 kWh, demandando:

$$10 \text{ kWh} = 5,988 \text{ m}^3_{\text{biogás}}$$

---

<sup>36</sup> Com base nos dados disponibilizados pelo CIBiogás.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Considerando o regime de operação de 10h diárias, em 300 dias ao ano, têm-se:

$$100 \text{ kWh} = 59,88 \text{ m}^3_{\text{biogás}} \text{ (Diário)}$$
$$30.000 \text{ kWh} = 17.964 \text{ m}^3_{\text{biogás}} \text{ (Anual)}$$

Sabendo o consumo de biogás diário é possível verificar quantos animais são necessários para suprir essa demanda.

### Para 10 kW de potência e regime de operação pré-definido, quantos suínos no mínimo são necessários na propriedade?

Para isso, é necessário considerar que:

$$1 \text{ suíno terminação} = 0,12 \text{ m}^3_{\text{biogás}} \text{ (Diário)}$$

Desta forma, para produção diária de cerca de 60 m<sup>3</sup> de biogás, têm-se:

$$\text{Produção de biogás diária} = 60 \text{ m}^3$$
$$\text{Número de animais} = \frac{60 \text{ m}^3_{\text{biogás}}}{0,12} = 500$$

Assim, para o regime de operação de 300 dias ao ano, 24h de ao dia, é necessário no mínimo um plantel de 500 suínos terminação. A Figura 35 apresenta o exemplo, englobando todos os aspectos englobados no arranjo.

Além disso, a fim de fixar os conceitos, a Figura 36 exemplifica um case para grupo motogerador de 250 kW (maior potência disponibilizada a nível nacional).

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

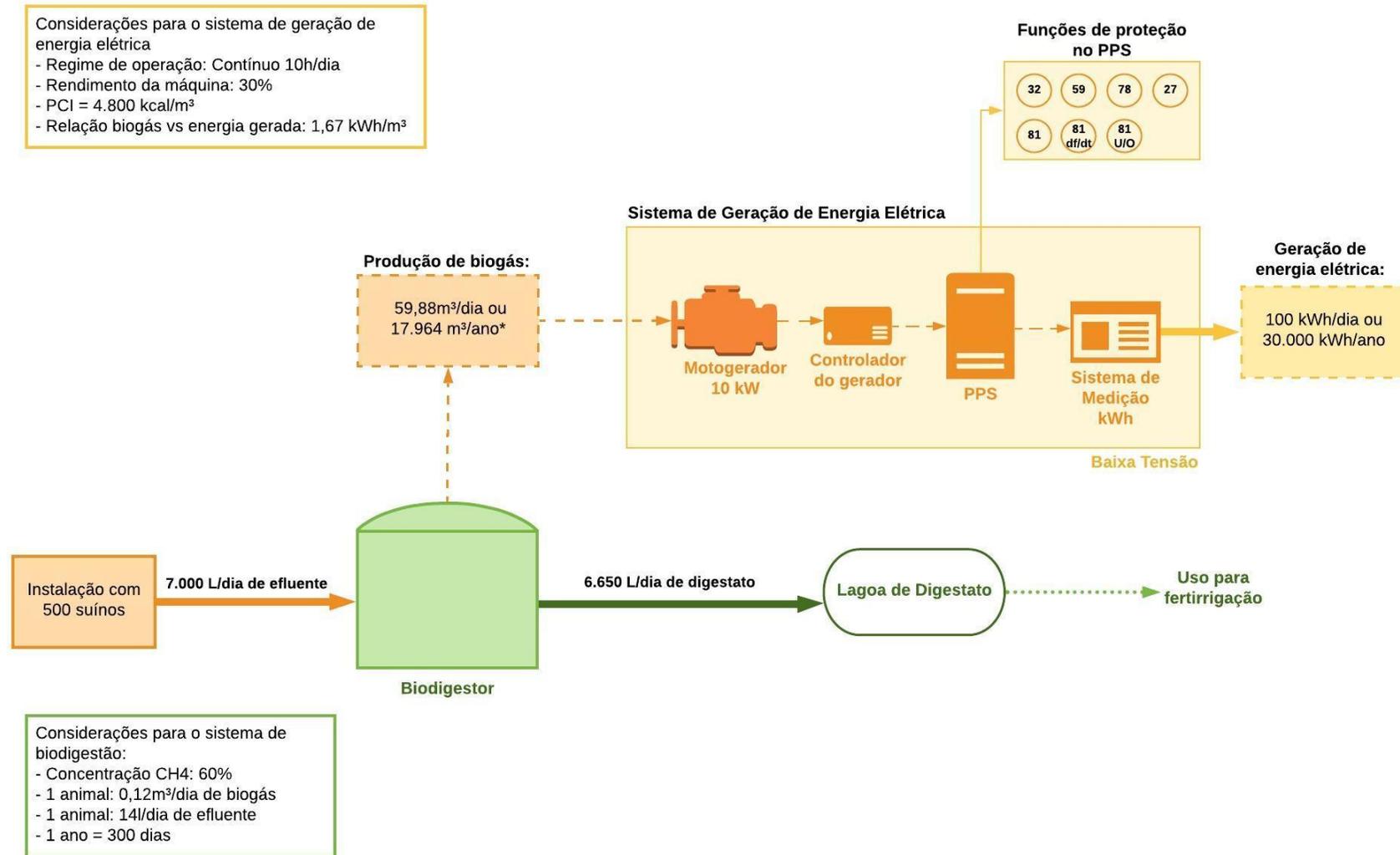


Figura 35. Exemplificação de case para grupo motogerador de 10 kW.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

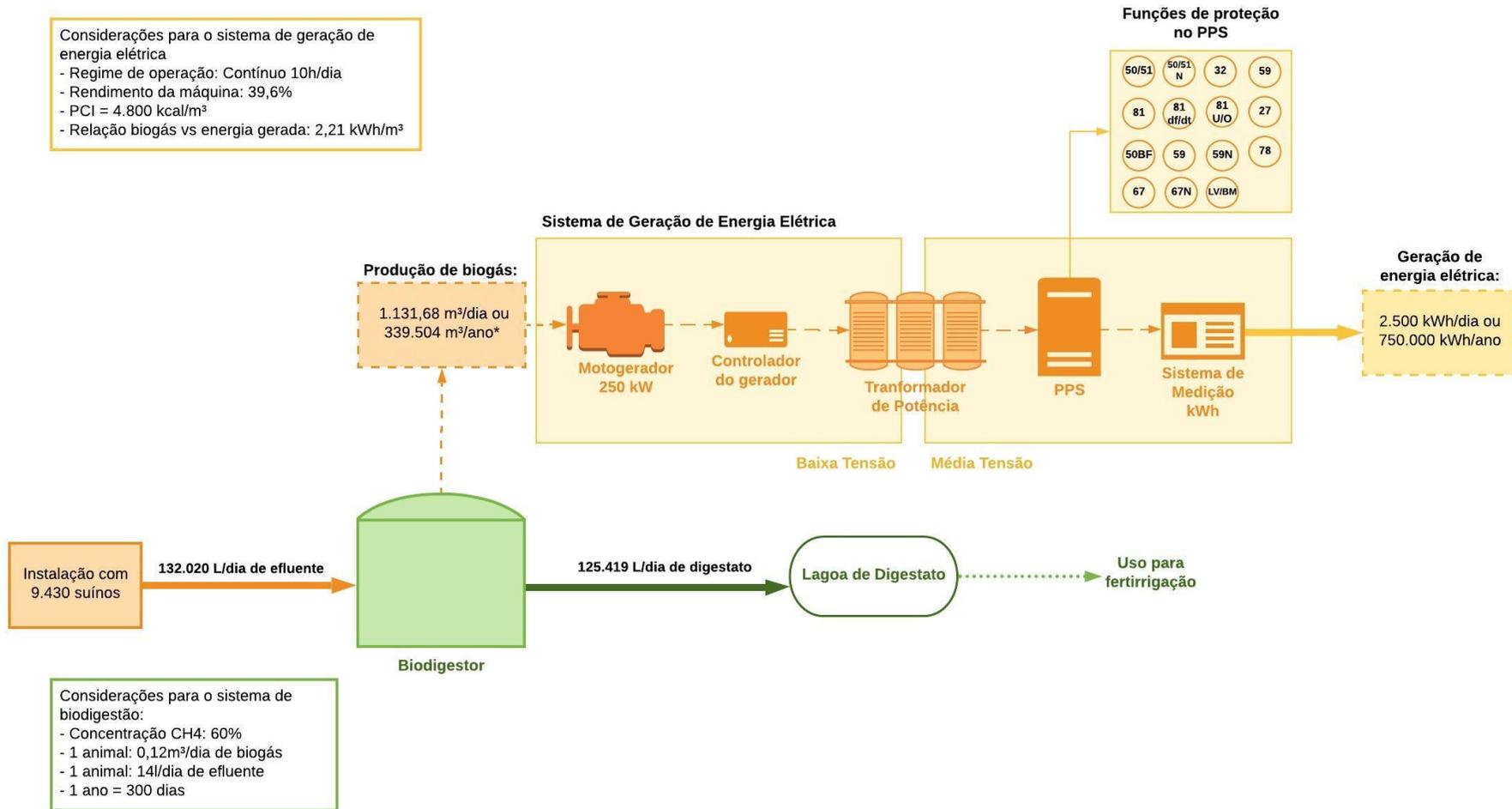


Figura 36. Exemplificação de case para grupo motogerador de 250 kW.

### Considerações Finais

Ao longo do conteúdo do “**Guia Prático: Aplicações do Biogás para Geração de Energia Elétrica**” foi possível esclarecer e informar a respeito dos aspectos regulatórios e técnicos envolvendo a aplicação do biogás para geração de energia elétrica, além de ter sido apresentado a vocês o grande potencial que este ativo energético possui no Brasil, devido ao volume vasto e diversidade de substratos disponíveis no país.

Em relação as oportunidades elencadas no campo regulatório, foram identificados os cenários que podem impulsionar este energético para geração de energia elétrica, sendo destacados os ambientes para negociação (ACR e ACL) no setor elétrico nacional e analisado que atualmente a geração distribuída por meio do sistema de compensação é uma das principais medidas facilitadoras a inserção de projetos de biogás.

Por conta das características do biogás, se pôde notar a relevância desta fonte aos projetos de geração de energia elétrica, já que permite a descentralização da geração de energia elétrica, sendo armazenável, despachável, podendo atender energeticamente em todos os períodos do dia.

Partindo para os aspectos técnicos, foi possível apresentar a vocês as tecnologias nacionais e as diferentes faixas de potência disponibilizadas, sendo os grupos motogeradores a ciclo Otto os mais utilizados, devido aos custos mais reduzidos à nível nacional, se comparado as microturbinas. Os custos atrelados a implantação e operação dos projetos foram elencados no material, a fim de nortear em relação a estes valores.

Para que não houvessem dúvidas em relação ao procedimento para adesão ao sistema de compensação, todas as etapas foram descritas em detalhes, envolvendo a consulta de acesso, a informação de acesso, a solicitação de acesso e o parecer. Vale destacar, que todos os aspectos específicos para projetos de biogás foram indicados ao longo deste procedimento, padronizando as informações para a inserção deste energético a partir da conexão direta ao sistema de compensação, por meio do sistema de compensação.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

Por fim, para concluir todos os aspectos informados ao longo deste documento, apresentamos a vocês um exemplo de dimensionamento de unidade geradora a biogás, a fim de fixar todos os conteúdos disponibilizados.

Esperamos que este guia tenha contribuído na disseminação de informações sobre as tecnologias e padronização de procedimentos para o aproveitamento elétrico do biogás, reduzindo a assimetria quanto a estes aspectos. A oferta destas informações, permitem que haja aceleração e impulsionamento na implantação dos projetos de biogás e, conseqüentemente atua auxiliando para que este energético se consolide na matriz energética nacional.

### Agradecimentos

Este documento foi construído por meio de parcerias estabelecidas com diversas instituições do setor de biogás, especificamente, geração de energia elétrica. Agradecemos o esforço empreendido no compartilhamento de informações e apoio na validação dos resultados pelas instituições CHP Brasil, Leão Energia, ER-BR Motores e Gruppo AB.

### Referências

ABIOGÁS. **Conheça o potencial brasileiro de biogás por fonte em 2018**. São Paulo, Brasil. Disponível em: <<https://abiogas.org.br/> >

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Banco de dados de geração distribuída. Brasília, DF. Disponível em:<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZjM4NjM0OWYtN2lwZS00YjVlLTlIMjltN2E5MzBkN2ZlMzVkliwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOjR9> >

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição**. Revisão 7 (após realização da AP 37/2015), 2017.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Informações sobre áreas de concessão das concessionárias. Brasília, DF. Disponível em:<<https://www.aneel.gov.br/distribuicao2>>

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Brasília, DF, abr./dez. 2012.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Brasília, DF, mar. 2016/dez. 2018.

BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017**. Brasília, DF, out. 2017.

BRASIL. **Convênio ICMS nº 16, de 22 de abril de 2015**. Diário Oficial, Brasília, DF, abr. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Diário Oficial, Brasília, DF, jul. 2004.

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005**. Diário Oficial, Brasília, DF, abr. 2005.

BRASIL. **Lei nº 6.404, de 15 de dezembro de 1976**. Diário Oficial, Brasília, DF, dez. 1976.

BRASIL. **Lei nº 13.169, de 06 de outubro de 2015**. Diário Oficial, Brasília, DF, out. 2015.

## Aplicações do Biogás para geração de energia elétrica

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. **Critérios para aderir ao mercado livre de energia elétrica.** São Paulo, Brasil. Disponível em: <[https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso\\_rapido\\_header\\_publico\\_nao\\_logado/faq/faq\\_detalhe?categoriaFaqlD=CCEE\\_383107&contentId=CCEE\\_386128&assuntoFaqlD=CCEE\\_383105&\\_adf.ctrl-state=js4kq5oy\\_31&\\_afrLoop=319381529529018#!%40%40%3FcategoriaFaqlD%3DCCEE\\_383107%26\\_afrLoop%3D319381529529018%26contentId%3DCCEE\\_386128%26assuntoFaqlD%3DCCEE\\_383105%26\\_adf.ctrl-state%3Djs4kq5oy\\_35](https://www.ccee.org.br/portal/faces/aceso_rapido_header_publico_nao_logado/faq/faq_detalhe?categoriaFaqlD=CCEE_383107&contentId=CCEE_386128&assuntoFaqlD=CCEE_383105&_adf.ctrl-state=js4kq5oy_31&_afrLoop=319381529529018#!%40%40%3FcategoriaFaqlD%3DCCEE_383107%26_afrLoop%3D319381529529018%26contentId%3DCCEE_386128%26assuntoFaqlD%3DCCEE_383105%26_adf.ctrl-state%3Djs4kq5oy_35)>

CIBIOGÁS – Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás. Nota Técnica: N° 002/2010 – **Panorama do Biogás no Brasil em 2019.** Foz do Iguaçu, abr. de 2020. Disponível em: <<https://biblioteca.cibiogas.org/biblioteca/notatecnica/pdf/panorama-do-biogas-no-brasil-em-2019.pdf>>.

CIBIOGÁS – Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás; Organização das Cooperativas Brasileiras – OCB; DGRV – *Deutscher Genossenschafts- und Raiffeisenverband e. V.* **As energias renováveis no cooperativismo – Oportunidades do biogás.** Brasil, fev. de 2020.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Superintendência de Regulação e Finanças da Distribuição. **Informações sobre solicitação de unidade consumidora.** Curitiba, PR. Disponível em: <<https://www.copel.com/paveweb/servicosCopel.jsf>>

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Superintendência de Regulação e Finanças da Distribuição. **NTC 903107 – Sistema de Geração própria – Operação Isolada.** Curitiba, PR, fev. 2019.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Superintendência de Regulação e Finanças da Distribuição. **NTC 905200 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema da COPEL.** Curitiba, PR, abr. 2021.



**ABiogás**  
Associação Brasileira do Biogás



**CIBIOGAS**  
ENERGIAS RENOVÁVEIS



MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE

MINISTÉRIO DE  
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA  
CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÕES



**Biogás**  
BRASIL

