



XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CB/GPL/33

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

## GRUPO – VII

### GRUPO DE ESTUDO DE PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GPL

#### ESTUDO DE DISPONIBILIDADE DE INJEÇÃO DE POTÊNCIA PARA ORIENTAÇÃO AOS ACESSANTES QUANTO AO PONTO DE CONEXÃO

**Bárbara Silva Moreira**  
CEMIG D

**Blunio Elias da Silva**  
CEMIG D

**Denise Meireles**  
CEMIG D

**Paulo Sérgio Silva Mendes**  
CEMIG D

## RESUMO

Este trabalho apresenta um mapeamento de disponibilidade de injeção do sistema elétrico da Cemig D em média tensão (MT) e em alta tensão (AT) para orientar o acessante quanto ao ponto mais adequado para a conexão. Foram descritas algumas premissas para a realização das análises via software de fluxo de potência. As análises de média tensão foram simuladas no CYNDIST, da Cyme e as de alta tensão no Anarede, do Cepel. Os resultados das simulações foram utilizados para definir as regiões mais adequadas para a instalação de sistemas de injeção de potência. Os mesmos foram aplicados em mapas e em arquivos padrão Google (kmz), e disponibilizados aos acessantes. Apesar de não servir como uma informação de acesso acredita-se que haverá uma redução no número das consultas de acesso e das dúvidas por parte do acessante, desta forma evitando constrangimentos com a inviabilidade econômica dos pontos de conexão.

## PALAVRAS-CHAVE

Geração Distribuída, Compensação de Energia, Autoconsumo remoto, Planejamento da Expansão, Disponibilidade.

## 1.0 - INTRODUÇÃO

O potencial de geração de energia por meio de fontes renováveis tem aumentado no setor elétrico brasileiro. De acordo com a **Resenha Energética Brasileira** (1), publicada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em maio de 2016, 75,5 % da oferta interna de energia elétrica no Brasil é proveniente de fontes renováveis. Deste valor, 15,5% são provenientes de energia solar, eólica e biomassa, um índice 3% maior ao verificado no ano de 2014 (2). Podem-se citar alguns fatores que contribuíram para o aumento da geração fotovoltaica no Brasil como: os incentivos e subsídios fornecidos pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA); a redução dos custos da tecnologia fotovoltaica; a realização de leilões de reserva voltado para as fontes alternativas e mudanças na regulação favorecendo a geração de energia em regime de compensação (3).

O aumento da inserção da geração distribuída no sistema vem impondo as concessionárias uma nova filosofia de trabalho, tanto na área operacional quanto nas áreas de engenharia, planejamento e projeto. Um dos impactos causados na Área de Estudos de Acesso da CEMIG foi o aumento das consultas de acesso e da necessidade de elaborar relatórios, com o intuito de justificar e detalhar as obras de conexão a serem executadas pelo acessante. Segundo dados da empresa, no período de janeiro a setembro de 2016, o número de consultas aumentou 75,4% em relação ao mesmo período de 2014. Acredita-se que o principal fator que pode ter contribuído para este aumento foi o aumento de consultas de acesso de caráter especulativo, nas quais um acessante solicita o estudo de um mesmo possível empreendimento em diferentes pontos de conexão no sistema elétrico.

(\*) Bárbara Silva Moreira

Endereço: Av. Barbacena, 1200/ 8ºB1, Santo Agostinho, Belo Horizonte- MG - Brasil  
Telefone: (+55 31) 35063302 - Email: barbara.moreira@cemig.com.br

Com o intuito de orientar a conexão de acessantes, a CEMIG elaborou um documento para indicar algumas diretrizes a serem observadas pelos empreendedores na concepção inicial do empreendimento, principalmente, no que diz respeito à escolha de áreas que possuam conexões inviáveis no sistema elétrico.

Esta iniciativa da CEMIG irá beneficiar os acessantes no que tange a escolha do melhor ponto para estudo. Além de evitar futuros problemas como a inviabilidade econômica do ponto de conexão após a execução dos projetos e aquisição de áreas. Na distribuidora espera-se a redução das consultas de acesso de caráter especulativo, contribuindo para que a equipe de planejamento possa melhor atender os empreendimentos que irão integrar o sistema elétrico da distribuição.

## 2.0 - PREMISSAS GERAIS

O sistema elétrico da distribuição é dinâmico, portanto a disponibilidade de geração muda com frequência em função das consultas de acesso formalizadas e alterações na configuração do sistema elétrico. Dessa forma, foi necessário admitir algumas premissas para resguardar a distribuidora em relação à disponibilidade indicada.

As informações de disponibilidade foram avaliadas em um cenário do ano de 2017. Foram considerados os critérios e padrões técnicos adotados pela distribuidora através das Normas de Distribuição, ND - 5.31 e 5.32 da CEMIG. Ademais as conexões deverão atender os critérios de qualidade de energia previstos no Módulo 8 do Procedimento de Distribuição – Qualidade da Energia (PRODIST).

A disponibilidade indicada pelo documento pode ser alterada em função de quaisquer fatores relacionados:

- ✓ Realização de Leilões de Energia de Reserva pela ANEEL com contratações nos pontos analisados.
- ✓ Outro acessante efetive sua contratação em algum ponto do sistema elétrico que impacte a disponibilidade de total ou parcial do eixo/rede;
- ✓ Ocorram alterações da configuração do sistema elétrico por necessidade sistêmica;

As conexões dependem do valor pretendido para injeção, do nível de tensão disponível na região e da existência de outras gerações no ponto. Consideram-se:

- ✓ Para conexões na Média Tensão em 13,8 kV, admitem-se no máximo 3 geradores por alimentador desde que o montante de injeção não ultrapasse 7 MW.
- ✓ Para injeções acima de 7 MW será indicada a conexão no Sistema de Alta Tensão (AT) em 69kV ou 138 kV, conforme tensão disponível no local pretendido e capacidade do ponto de conexão.
- ✓ As formas de conexão apresentadas e os custos estimados não consideram complicações de ordem ambiental, rodovias, planejamento urbano e etc...

## 3.0 - DISPONIBILIDADE DE INJEÇÃO EM ALTA TENSÃO

Este item diz respeito às formas de conexão, premissas e metodologia de análise para as conexões no sistema em 69 e 138 kV.

### 3.1 Formas de conexão em AT

Existem três maneiras de se conectar no sistema de distribuição de alta tensão da Cemig: Conexão na Barra da subestação, quando há espaço disponível para a construção de nova seção (bay) , conforme apresenta a Figura 1.

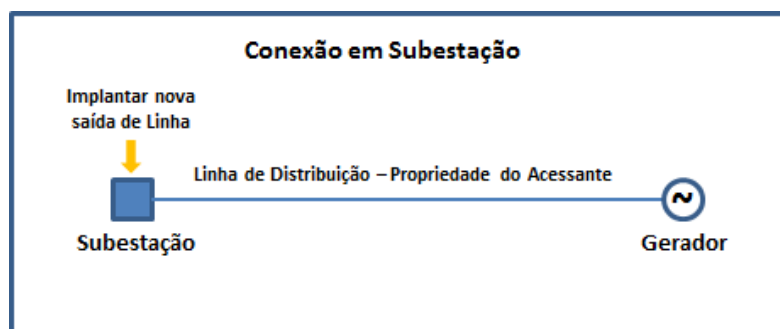


Figura 1 - Conexão em Subestação (SE)

Seccionando a Linha de Distribuição (LD) através de subestação (SE) de integração conforme é apresentado na Figura 2.

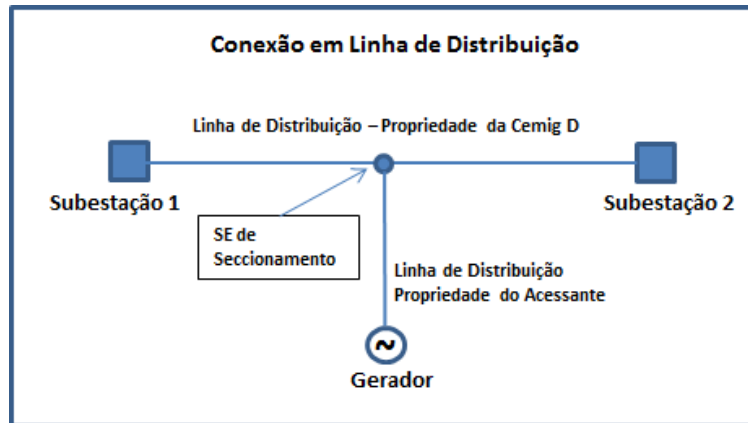


Figura 2 - Conexão através de seccionamento de Linha (LD)

Seccionando a LD através de SE de integração compartilhada com o cliente. Esta alternativa só é possível quando a distância entre a LD e o acessante for inferior a 3 km. A Figura 3 apresenta o esquema da conexão.

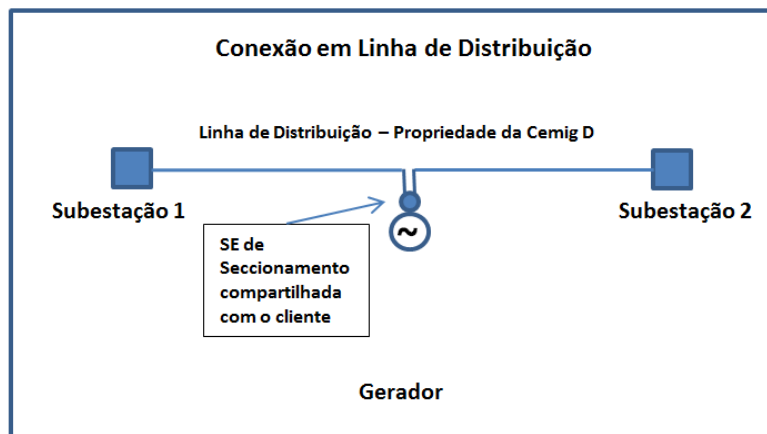


Figura 3 - Conexão através de seccionamento de LD com subestação compartilhada com o cliente.

### 3.2 Premissas para conexão em AT

O estudo foi voltado para a região Norte de Minas Gerais, visto que é uma região propícia a geração fotovoltaica devido ao seu alto potencial solarimétrico. Para a análise do estudo em AT, foram levantadas as premissas relacionadas a seguir:

- ✓ As disponibilidades indicadas não consideram obras de reforço por parte da Cemig D;
- ✓ As análises foram feitas de maneira independente, portanto não se considerou que a injeção de potência em um ponto pode diminuir a disponibilidade em outro;
- ✓ A disponibilidade nos pontos também poderá ser reduzida caso algum acessante assine um contrato com a distribuidora ou possua uma informação de acesso válida;
- ✓ Conforme a ND 5.32 CEMIG, o sistema de controle de tensão do gerador deverá permitir o controle da tensão ajustada constante ou de fator de potência constante. Em condição normal o fator de potência na conexão poderá variar na faixa de 0,90 e 0,95.
- ✓ A indicação de disponibilidade de bay apenas informa que há espaço na subestação (SE) para a conexão e não garante que a implantação da linha esteja isenta de dificuldades na definição do traçado para chegada até a SE, em função de urbanização do município ou de interferências com outros obstáculos.

### 3.3 Análise da disponibilidade em AT

As disponibilidades foram levantadas a partir de simulações utilizando o Software ANAREDE, e indicadas em um mapa. O mapa de disponibilidade em AT é apresentado na Figura 4.



Figura 4- Disponibilidade de Geração em AT no Sistema Norte de Minas.

Para orientar os acessantes que pretendem conectar uma geração no sistema de 138 kV, foi disponibilizado um arquivo .kmz contendo o sistema elétrico de distribuição de AT e um procedimento para avaliação do ponto de conexão. Ao executar o procedimento, o acessante poderá estimar o melhor ponto de conexão bem como os seus custos associados. A Figura 5 apresenta uma planilha esquemática na qual o acessante poderá estimar o custo de conexão a partir das distâncias da LD mais próxima e da SE mais próximas.

Planilha de Custo Estimativo em 138 kV	
Distância da SE (km)	5
Distância da LD (km)	3
Custo da conexão na SE	R\$ 5.281.223,00
Custo da conexão na LD	R\$ 9.002.906,00

Custos Estimados de Conexão em SE e LD

Inserir distância medida no Google Earth até a SE

Inserir distância medida no Google Earth até a LD

Figura 5 – Planilha de custo estimativo em AT

#### 4.0 - DISPONIBILIDADE DE INJEÇÃO EM MÉDIA TENSÃO

Este item diz respeito às formas de conexão, premissas e metodologia de análise para as conexões no sistema em 13,8 KV.

#### 4.1 Formas de conexão em MT

A conexão de acessantes geradores no sistema de distribuição em média tensão pode ser feita diretamente na SE, quando há disponibilidade de seção, ou no alimentador existente, desde que no ponto de conexão não exista mais de 1 regulador de tensão em série no circuito. A Figura 6 a seguir apresenta a configuração esquemática de conexão no sistema de MT (rede), conforme previsto na ND 5.31.

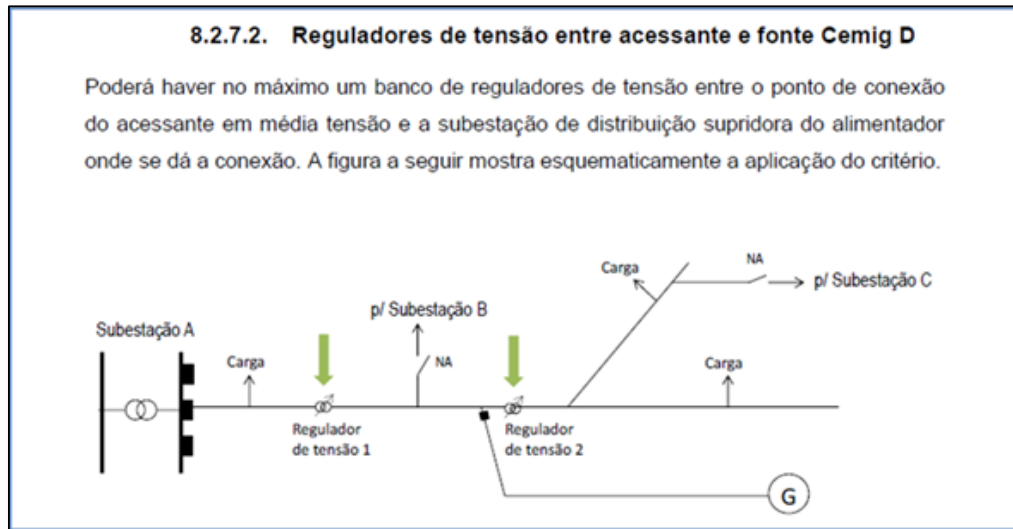


Figura 6 – Conexão em rede de distribuição

#### 4.2 Premissas para conexão em MT

Para a análise de estudo em MT, foram consideradas as seguintes premissas:

- ✓ Limite de 3 (três) geradores por alimentador, limitado pelo montante de 7 MW;
- ✓ Limite de apenas um Banco Regulador de Tensão antes do ponto de conexão do gerador.
- ✓ As injeções maiores que 5 MW deverão ser estimadas considerando a sua conexão direto à barra da subestação.
- ✓ A disponibilidade indicada no arquivo .kmz não considera quaisquer extensões de rede.
- ✓ Para troncos com bitolas inferiores a 1/0 CA a restrição de injeção é total.

#### 4.3 Análise da disponibilidade em MT

Como existem diversos alimentadores na área de concessão da Cemig e com diferentes características, a simulação ponto a ponto por alimentador é inviável. Assim, alguns alimentadores com características específicas foram escolhidos para a análise por meio de simulação, para que os resultados fossem aplicados posteriormente em todo o sistema. As simulações foram executadas no programa de fluxo de potência Cyme, considerando apenas 20 % da carga apresentada no patamar de carga leve. A disponibilidade de injeção foi relacionada com a capacidade de transporte do cabo condutor, a distância elétrica até a SE e o limite de um regulador de tensão antes do ponto de conexão. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos após as simulações

Tabela 1 – Resultados quanto à disponibilidade de injeção em MT

Potência	Rede tronco	Distância da SE até o ponto (km)
5,0 MW	336	12
	4/0	5
4,0 MW	336	14
	4/0	6
3,0 MW	336	15
	4/0	8
2,0 MW	336	19
	4/0	11
	1/0	2
1,0 MW	336	22
	4/0	17
	1/0	7
750kW	336	Sem restrição
	4/0	Sem restrição
	1/0	12
500kW	336	Sem restrição
	4/0	Sem restrição
	1/0	15

Pela tabela interpreta-se que a injeção de 5 MW em condutor 336 CA é possível se a distância entre o ponto de conexão e a SE for menor ou igual a 12 km. A injeção de 750 kW nos condutores 336 e 4/0 CA é possível independentemente da distância até a SE. Ressalta-se que para cabos com bitolas inferiores aos cabos 1/0 CA a restrição de injeção é total.

Os resultados foram aplicados no software Geomedia, utilizando a base de dados GIS de MT da Cemig. Por meio deste Software foi possível aplicar filtros com base nas premissas e nos resultados apresentados na tabela 1. Após a aplicação destes filtros foi criado um arquivo .kmz que foi disponibilizado aos acessantes. Neste arquivo é possível identificar as áreas mais adequadas para a conexão de geradores, conforme é apresentado na figura 7.

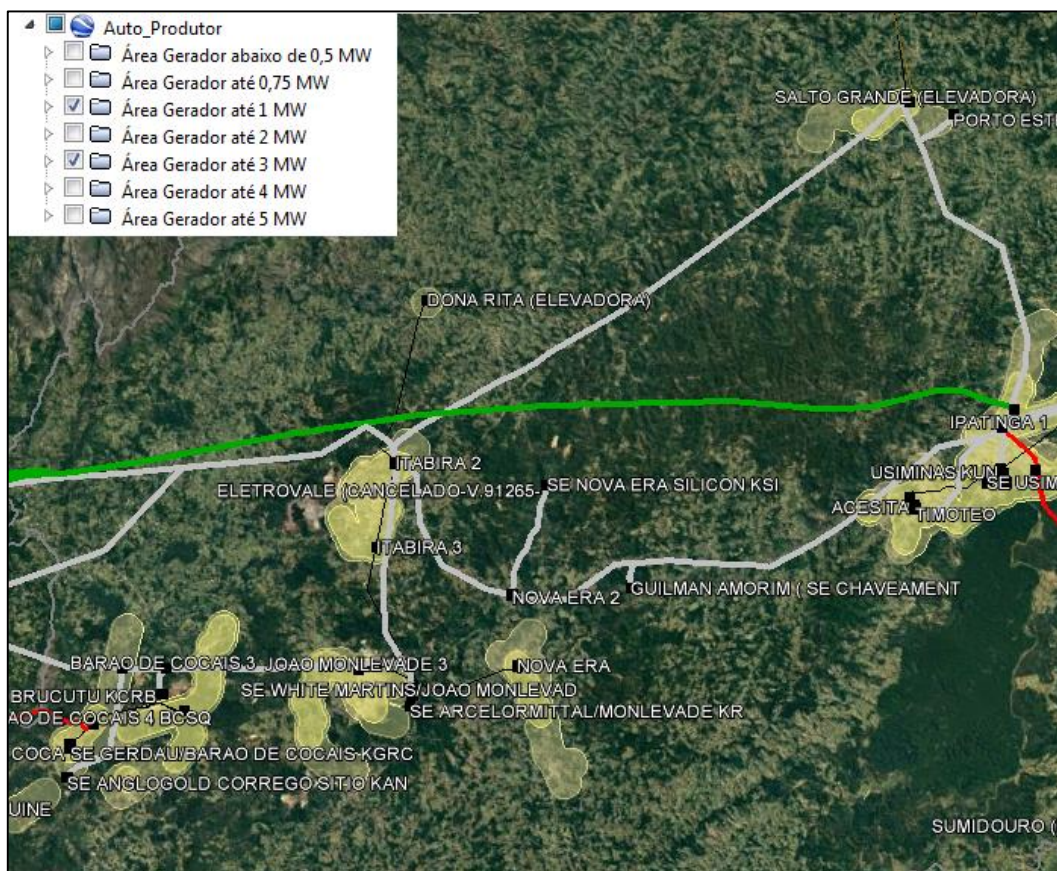


Figura 7 – Disponibilidade provável de Geração no sistema de Média tensão.

Para verificar a disponibilidade de injeção de potência o acessante deverá inserir as coordenadas geográficas do ponto, no Google Earth e filtrar o valor do montante a ser injetado. Caso o ponto fique dentro da mancha é um indicativo de que a conexão é viável naquele ponto, sem necessidade de obras de reforço no sistema existente. É importante ressaltar que este critério não considera quaisquer extensões de rede a partir de conexão, e caso esta seja necessária a disponibilidade de injeção poderá diminuir.

Após esta primeira análise o acessante poderá estimar os custos de conexão por meio de uma tabela de custo estimativo, caso seja necessária à extensão de rede. Conforme mostra a Figura 8.

Planilha de Custo Estimativo 13,8 kV		
Distância até o ponto de conexão em km	3	Inserir extensão de rede até o ponto de conexão
Tipo de Cabo	336 MCM	Escolher o tipo de cabo
Custo total da Conexão	R\$ 293.753,34	
	Custo total	

Figura 8 – Planilha de custo estimativo em MT

## 5.0 - CONCLUSÃO

A partir da metodologia executada neste trabalho foi possível mapear a disponibilidade de injeção de potência no sistema elétrico da Cemig D e indicar os custos mínimos necessários para a conexão. Vale ressaltar que mesmo que o acessante avalie o melhor ponto de conexão do ponto de vista técnico-financeiro, no processo de consulta de acesso será considerado o critério de mínimo custo global das obras. Desta forma, não é recomendado que o acessante trate do arrendamento e compra de imóveis, bem como aquisição de equipamentos na etapa preliminar.

Visto que o ponto de conexão é determinante no processo de implantação de uma usina, acredita-se que o trabalho apresentado trará satisfação para os acessantes. Pois o estudo além de prever de forma preliminar o ponto de conexão, também permite estimar o valor da obra necessária. Além disso, espera-se a redução do número de consultas de acesso e do tempo das análises, favorecendo o cumprimento dos prazos regulatórios.

## 6.0 - REFERÊNCIAS

- (1) RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA – Edição de Junho de 2016
- (2) RESENHA ENERGÉTICA BRASILEIRA – Edição de Junho de 2015
- (3) DISPONIBILIDADE PRELIMINAR PARA A CONEXÃO DE GERADORES

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Bárbara Silva Moreira;  
Belo Horizonte – MG - 1993;  
Graduação: Engenharia Elétrica – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2017;  
Área de atuação: Planejamento da Expansão de Sistemas de Distribuição



Blunio Elias da Silva;  
Ibiá – MG -1966;  
Graduação: Engenharia Elétrica – Faculdade Politécnica de Uberlândia, 2009;  
Área de atuação: Planejamento da Expansão de Sistemas de Distribuição



Denise Meireles;  
Belo Horizonte – MG -1967;  
Graduação: Engenharia Elétrica – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 1997;  
Pós Graduação: Mestrado em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010;  
Área de atuação: Planejamento da Expansão de Sistemas de Distribuição



Paulo Sérgio Silva Mendes;  
Rio de Janeiro – RJ -1969;  
Graduação: Engenharia Elétrica – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2001;  
Pós Graduação: MBA Executivo em Administração: Setor Elétrico – Fundação Getúlio Vargas  
Área de atuação: Planejamento da Expansão de Sistemas de Distribuição