

Estudos Prospectivos da Transmissão: A Importância do Barramento de Conexão de Novos Projetos de Geração

Objetivo

Este informe objetiva sensibilizar os agentes de geração, sob a ótica do planejamento setorial, sobre a importância da escolha adequada do ponto de conexão dos novos empreendimentos de geração para o desempenho elétrico da rede. Com base nos resultados de estudos de planejamento realizados pela EPE, em especial aqueles associados à integração de fontes renováveis, são dados alguns exemplos qualitativos dos impactos sistêmicos que podem advir de uma escolha não otimizada do ponto de conexão.

Neste informe são abordados de modo particular os impactos associados à não utilização adequada da rede elétrica, sob a ótica da avaliação dos fluxos de potência em regime permanente, que podem implicar em uma redução das margens de escoamento nos seus diversos pontos, diminuindo a possibilidade de uma maior concorrência de novas fontes nos leilões de energia. Observa-se que há outras situações em determinadas regiões do sistema em que a inadequada seleção dos pontos de conexão também leva a uma redução das margens de escoamento por razões diferentes, como por exemplo, as limitações de capacidade de corrente de curto-circuito dos componentes. Essas situações serão objeto de um Informe subsequente.

Contextualização

O Brasil vem experimentando nos últimos anos um expressivo crescimento da potência instalada de energias renováveis, com destaque para a fonte eólica nas regiões Nordeste e Sul e, mais recentemente, a fonte solar fotovoltaica, que tem grande potencial localizado na região Nordeste, além da porção norte e Triângulo Mineiro do estado de Minas Gerais, na região noroeste de São Paulo e no estado do Tocantins.

Tamanho potencial enseja, naturalmente, a necessidade de expansão da rede de transmissão para integração e escoamento da energia desses projetos. Nesse sentido, a Superintendência de Transmissão de Energia (STE), em parceria com a Superintendência de Meio Ambiente (SMA), vêm elaborando, nos últimos anos, os chamados estudos prospectivos de expansão da transmissão, que objetivam propiciar margem de escoamento no sistema elétrico para novos projetos de geração, aumentando a competitividade e a atratividade dos leilões de energia.

Esse tipo de estudo de expansão se inicia por uma ampla análise dos potenciais de geração cadastrados em leilões de energia nova, levantando informações como a localização de projetos e a sua potência instalada. Por meio do tratamento desses dados é possível identificar agrupamentos de projetos de uma mesma região, definir o seu potencial de geração, bem como mapear tendências de expansão.

Essas informações, em conjunto com as diretrizes e projeções do Plano Decenal de Energia (PDE) vigente, são utilizadas nos estudos de expansão da rede.

A elaboração de estudos prospectivos da geração se iniciou em 2013 com a avaliação do potencial eólico e térmico do estado do Rio Grande do Sul. Desde então, uma série de estudos prospectivos tem sido publicados pela EPE e, dentre as emissões mais recentes, destacam-se os seguintes estudos:

- I. EPE-DEE-RE-031/2017 – “Estudo de Escoamento do Potencial Solar das Regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais” – reforços

recentemente leiloados através do leilão 002/2018 – Lote 20 ([Ver Link](#)).

- II. EPE-DEE-RE-054/2017 – “Estudo para Escoamento do Potencial de Geração e Suprimento da região de Dianópolis” ([Ver Link](#))
- III. EPE-DEE-RE-027/2018 - “Estudo Prospectivo para Escoamento do Potencial de Fotovoltaica/Biomassa na Região Noroeste do Estado de São Paulo” ([Ver Link](#))
- IV. EPE-DEE-RE-047/2018 – “Estudo de Atendimento ao Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba” ([Ver Link](#))
- V. EPE-DEE-RE-048/2018 – “Estudo de atendimento a região Nordeste de Goiás” ([Ver Link](#))



Figura 1 – Áreas contempladas nos estudos mencionados

Cada um desses estudos¹ adotou como premissa o agrupamento do potencial de projetos localizados geograficamente próximos, permitindo concentrar a geração de um *cluster* em um número otimizado de pontos de conexão da rede, que podem pertencer à Rede Básica, considerando os *clusters* de maior potencial, ou à rede de distribuição para os de menor potencial. Em muitos casos, foi verificado que os montantes potenciais agrupados em uma determinada

localidade justificaram a expansão da Rede Básica com novas linhas de transmissão e subestações coletoras.

No Brasil, é característico que cada projeto de geração renovável tenha um valor de potência instalada da ordem de 30 MW a 50 MW, com forte diversidade de agentes no mercado. Essa forte granularidade, que traz como vantagem o aumento da competitividade dos leilões de energia, pode levar à perda da visão sistêmica de expansão da rede para a análise técnico-econômica da conexão dos projetos. Dessa forma, nem sempre a melhor alternativa de conexão para um projeto específico equivale à alternativa de menor custo global quando são consideradas as conexões dos demais projetos da mesma região.

Como exemplo dessa situação, podem-se destacar os casos em que há uma grande concentração de solicitações de acesso de diferentes empreendedores num mesmo ponto da rede de distribuição ou barramento de fronteira com a Rede Básica. Nessas situações, a capacidade de escoamento pode ser, em princípio, adequada para a potência instalada de cada projeto, mas ao se considerar o conjunto de empreendimentos localizados na mesma região, a solução de conexão mais apropriada poderia considerar a integração dos projetos em um nível de tensão mais elevado. Em casos como esse, a desotimização das conexões dos empreendimentos pode levar à ocorrência de sobrecargas não previstas na rede, ao aumento de perdas elétricas dos sistemas distribuidores e à redução acentuada das margens de escoamento originalmente previstas nos estudos prospectivos de planejamento.

A concretização da expansão do parque gerador, tanto no ambiente de contratação regulada quanto no livre, tem sido acompanhada com atenção pela EPE, em especial no tocante às solicitações de acesso dos empreendedores de geração. Tendo em vista que a escolha do ponto de conexão pode afetar de forma significativa o desempenho elétrico da rede, torna-se importante discutir a questão da escolha adequada dos pontos de conexão.

¹ Exceto, estudo número IV, o qual teve margens de escoamento ampliadas como consequência das recomendações para atendimento à carga

Por meio de exemplos qualitativos, espera-se que os agentes do mercado de geração levem em conta essa característica durante a avaliação dos pontos de conexão de seus projetos, tanto no ambiente de contratação livre quanto para os projetos que participam dos leilões de energia.

Casos exemplo do impacto na seleção de pontos de conexão

Regiões Norte e Noroeste de Minas Gerais

Ilustra-se nesse exemplo o caso da SE Pirapora 2, para a qual foram recomendados os reforços definidos no Estudo I. A Figura 2 a seguir mostra o impacto da escolha do ponto de conexão de novos empreendimentos de geração nos barramentos de 345kV ou 138kV dessa subestação.

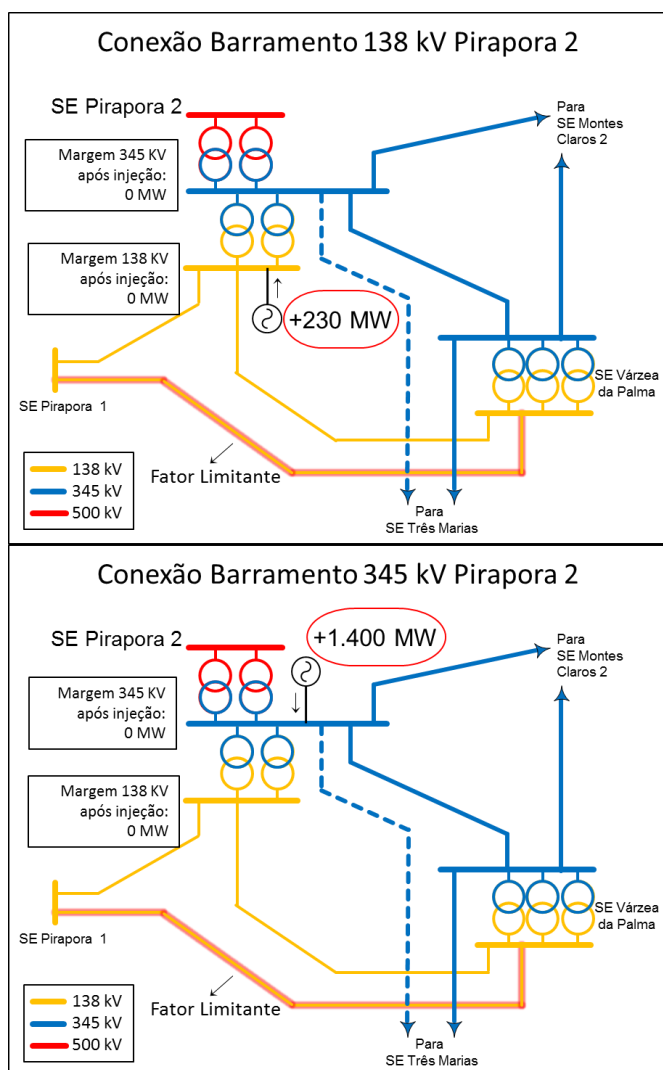


Figura 2 – Caso SE Pirapora 2

Pelos resultados apresentados, percebe-se que com a conexão de novos empreendimentos no barramento 138 kV, a inclusão de apenas 230 MW adicionais já é suficiente para zerar simultaneamente a margem de escoamento nos barramentos de 138 kV e

de 345kV, uma vez que o fator restritivo é o carregamento de uma linha de distribuição.

Por outro lado, ao se considerar a conexão dos projetos no barramento de 345 kV, seria possível obter adição de potência de até 1.400 MW antes de se verificar qualquer restrição na rede local. Nesse caso específico, o barramento de 345kV dessa subestação se configura como o ponto de conexão preferencial para a geração localizada na região.

Ainda neste estudo, cita-se o caso da SE Jaíba. A Figura 3 mostra que são obtidas margens maiores no barramento 230 kV em relação ao 138 kV. No caso do barramento 138 kV, a limitação ocorre em função da transformação 230/138 kV, ao passo que no caso do barramento 230 kV a limitação é em função da perda de um dos circuitos da LT 230 kV Jaíba – Janaúba 3. Isso mostra que a conexão dos projetos no barramento de tensão mais alta garante maior margem para a região de Jaíba, possibilitando que um maior número de projetos possa se viabilizar na região.

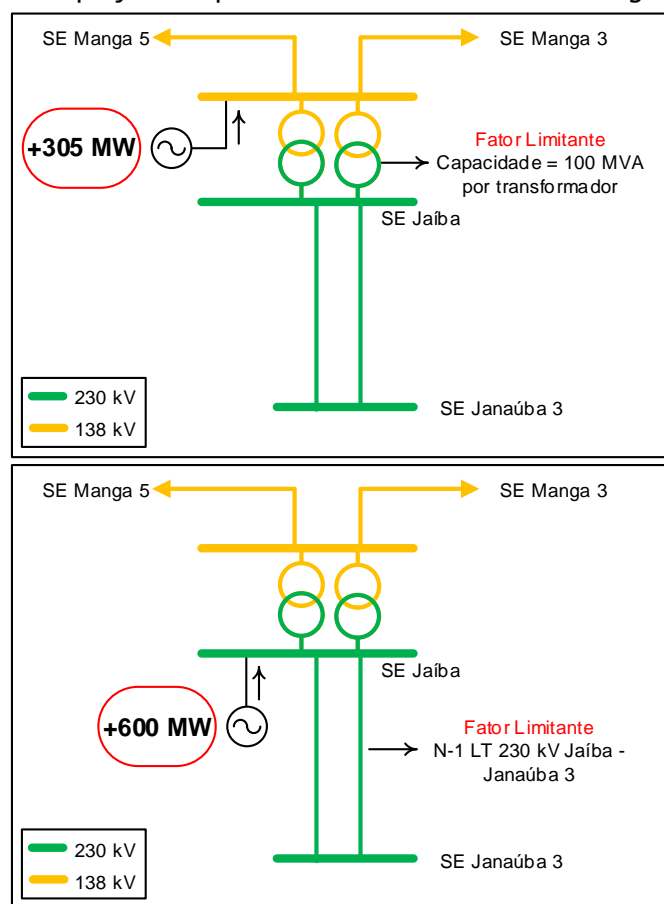


Figura 3 - Diferença de margem de escoamento a depender do ponto de conexão

Região de Dianópolis - Tocantins

O Estudo II levou em conta a necessidade de expansão da rede para atendimento ao mercado local assim como os potenciais associados à vocação

regional, que engloba a geração de duas fontes renováveis: pequenas centrais hidrelétricas e usinas solares fotovoltaicas. Dada a sua capacidade instalada e sua granularidade espacial, o potencial de geração associado às PCHs (122 MW) foi considerado com conexão preferencial no sistema de 138kV, que impacta diretamente o barramento de 138 kV da nova SE Dianópolis II.

Do ponto de vista da geração solar fotovoltaica, que possui um histórico de cadastramentos da ordem de 265 MW nos leilões de energia, foi considerado como ponto de conexão preferencial o barramento de 230 kV da SE Dianópolis II.

A Figura 4 ilustra tal premissa utilizada no estudo a qual define o dimensionamento ótimo da modulação da transformação 230/138 kV da SE Dianópolis II.

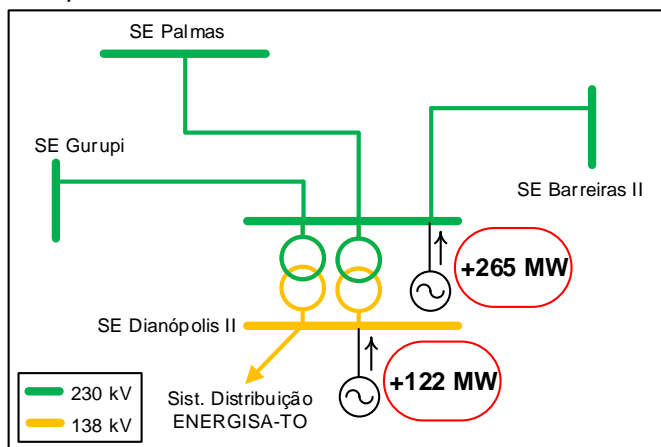


Figura 4 - Potencial de escoamento considerado no Estudo II.

Nesse exemplo, caso o potencial de geração solar fotovoltaica se concretize com conexão no barramento de 138 kV da SE Dianópolis II, conforme mostra a Figura 5, o escoamento conjunto das duas fontes renováveis diminuirá de 387 MW (265 MW de solar e 122 MW de PCHs) para apenas 164 MW dado o esgotamento da transformação recomendada no estudo. Tal fato obrigaria a expansão da transformação 230/138 kV da SE Dianópolis II para permitir a conexão do potencial solar fotovoltaico em 138 kV naquela região.

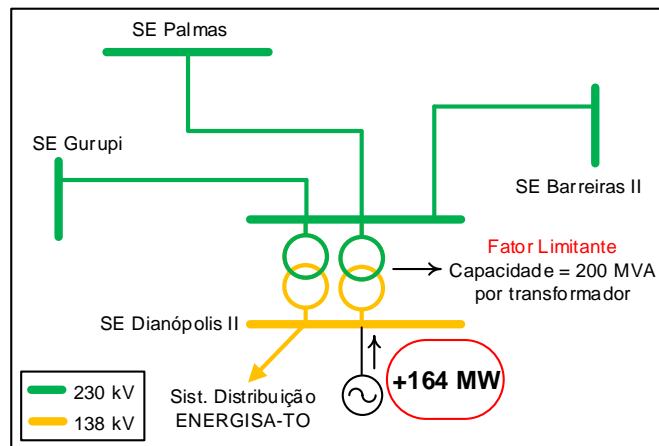


Figura 5 - Potencial de escoamento apenas no 138 kV da SE Dianópolis II.

Região Noroeste do estado de São Paulo

O Estudo III teve por objetivo identificar e recomendar obras para permitir o escoamento do potencial de usinas fotovoltaicas e de térmicas a biomassa, assim como solucionar problemas elétricos para o atendimento da demanda da região noroeste do estado de São Paulo.

Na região de análise desse estudo, os pontos de conexão normalmente cadastrados nos leilões de energia pelos empreendedores de geração não estão, em sua maioria, concentrados nos barramentos de fronteira, mas sim em seccionamentos de linhas de 138 kV classificadas como Demais Instalações de Transmissão (DIT) como pode ser visto na Figura 6. Com isso, observam-se valores de margem de escoamento muito inferiores ao potencial cadastrado, basicamente em razão da baixa capacidade da rede de 138 kV. Apesar dessa característica, o ritmo lento do crescimento da contratação de geração solar nessa região não permitiria justificar a implantação de grandes reforços imediatos na rede de 138kV.

Nesse estudo, merece destaque o caso da região atendida pela subestação 440/138 kV Três Irmãos, cujo barramento de 138 kV apresenta potencial cadastrado de aproximadamente 500 MW, podendo ultrapassar 1000 MW caso sejam considerados os potenciais de localidades vizinhas.

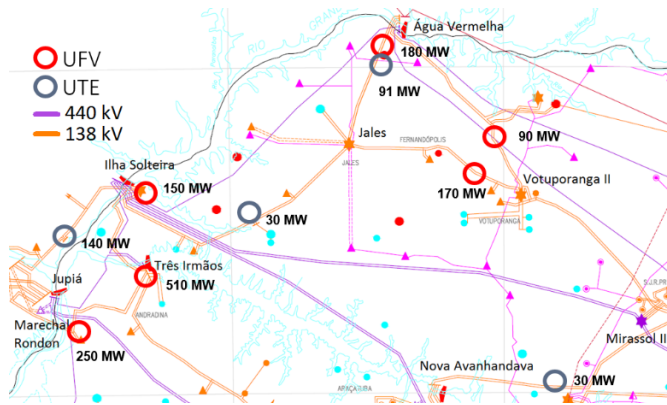


Figura 6 – Regiões com Potencial de Energia Renovável – Estudo III

Em cenários de alta disponibilidade energética da região já se verificam exportações de excedentes de potência da malha de 138kV para a Rede Básica.

Com a consideração dessas injeções de potência no sistema de 138 kV, são verificadas superações das capacidades transformadoras 440/138 kV em três diferentes subestações: Três Irmãos, Jupuí e Marechal Rondon.

Devido a essas restrições de capacidade transformadora, o valor máximo de injeção de potência no barramento de 138kV da subestação Três Irmãos estaria limitado a 540 MW (ver Figura 7). Uma possibilidade para aumentar essa margem, seria a implantação de um novo transformador 440/138kV, o que permitiria a conexão de cerca de 780MW. Mesmo assim, essa capacidade estaria aquém do potencial existente. Para aumentar ainda mais essa margem de escoamento, seria necessário implantar ainda mais reforços na região.

Por outro lado, caso a conexão dos projetos fosse realizada diretamente barramento de 440 kV, a capacidade máxima de escoamento seria ampliada para 1.160MW e não seria necessário realizar nenhuma expansão adicional. Dessa forma, o barramento preferencial para conexão dos novos empreendimentos de geração dessa região é o barramento de 440kV da SE Três Irmãos.

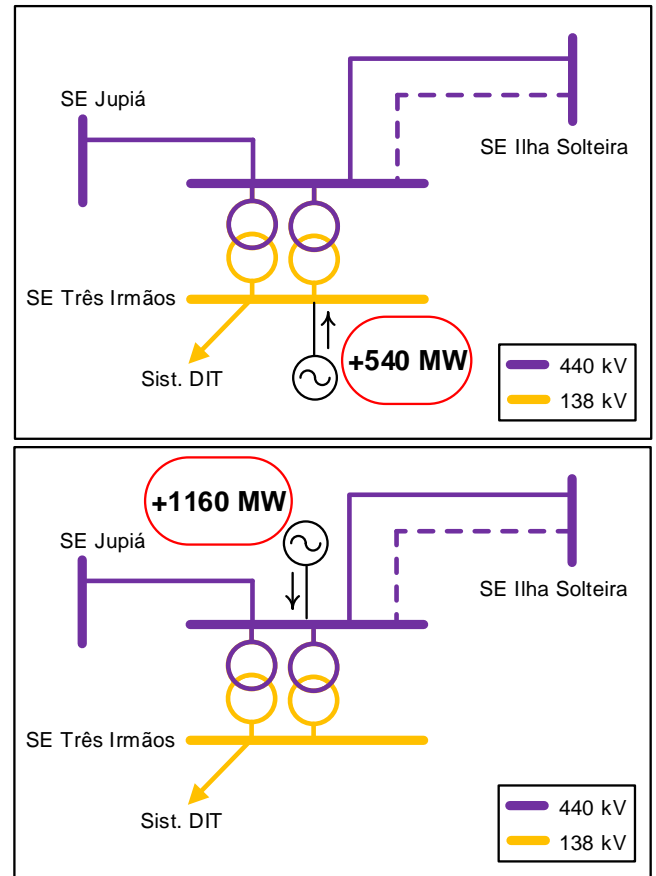


Figura 7 - Diferença de margem de escoamento a depender do ponto de conexão

Regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba

O Estudo IV, por sua vez, está relacionado às regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, que já apresentam um elevado parque gerador composto por usinas hidrelétricas, PCHs e termelétricas a biomassa, todas conectadas na malha de 138 kV local. Esse parque gerador está conectado de forma dispersa na malha de distribuição, bem distante das subestações de Rede Básica de Fronteira.

São verificados nessa região dois cenários distintos de estresse da rede elétrica. O primeiro ocorre quando se verificam valores altos de geração no parque gerador local, os quais causam restrições de carregamento e aumento de perdas elétricas no sistema distribuidor regional para conseguir escoar o excedente de potência para a Rede Básica.

O outro cenário ocorre numa situação oposta, quando se verifica estiagem e/ou baixa geração no parque gerador local. Nessa situação exige-se das transformações de fronteira um elevado fluxo em direção aos centros de carga, com conseqüente sobrecarga e subtensão na malha de distribuição regional, sendo observado um agravamento no decorrer dos anos, com o crescimento de carga.

Na região em questão, as subestações de fronteira de Cachoeira Dourada 230/138 kV e Jaguará 345/138 kV vêm sendo apontadas nos últimos leilões de geração como pontos de restrição de margem para conexão de novas usinas, em decorrência de sobrecargas em unidades transformadoras. Por não disporem de novos vãos para novos equipamentos, tornou-se imperativa a necessidade de recomendar novas subestações de fronteira.

Desta forma, após minuciosa análise técnico-econômica, recomendaram-se três novas subestações de Rede Básica de Fronteira: Monte Alegre de Minas 2 345/138 kV, Uberlândia 10 345/138 kV e Araxá 3 345/138 kV. Esses reforços liberarão capacidade de escoamento em toda a malha 138 kV regional e os seus barramentos servirão, também, como uma opção para conexão de potenciais concentrados de maior monta na região.

Em suma, apesar de o estudo não ter sido realizado visando a conexão de novas usinas nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, as recomendações resultam em considerável aumento da capacidade de escoamento das regiões supracitadas e consequente aumento das margens de conexão para novas usinas.

A Figura 8 apresenta um diagrama elétrico da Rede Básica e das novas subestações de fronteira.

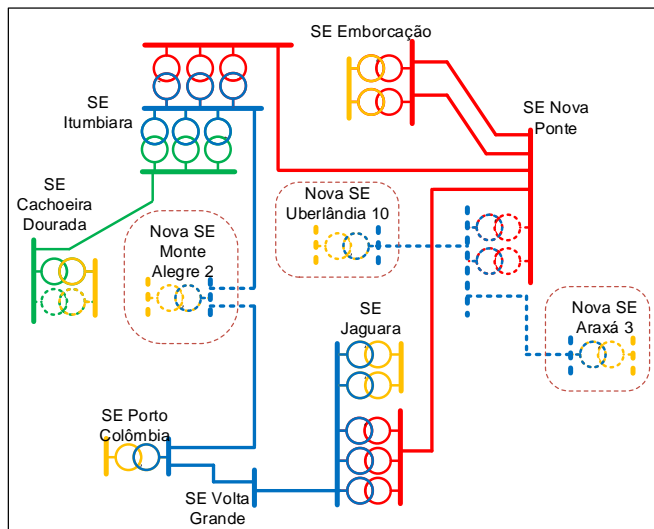


Figura 8 – Expansão no Triângulo Mineiro – Estudo IV

Região Nordeste de Goiás

Finalmente, o Estudo V teve como objetivo realizar um diagnóstico do sistema elétrico que atende a região nordeste do estado de Goiás e avaliar a necessidade de reforços estruturais de Rede Básica, Rede Básica de Fronteira e distribuição para atendimento tanto à carga regional quanto ao

escoamento do potencial de geração de PCHs com pedidos de estudos na ANEEL.

A solução mais vantajosa do ponto de vista técnico-econômico foi a implantação da Linha de Distribuição 138 kV Iaciara 1 - Flores de Goiás, C2, o que já permite escoar cerca de 110 MW de potência gerada pelos novos empreendimentos. Acima desse potencial haverá necessidade da implantação de obras de Rede Básica interligando a nova subestação 230/138 KV Iaciara 2 com a subestação 500/230 kV Rio das Éguas, conforme apresentado na Figura 9.

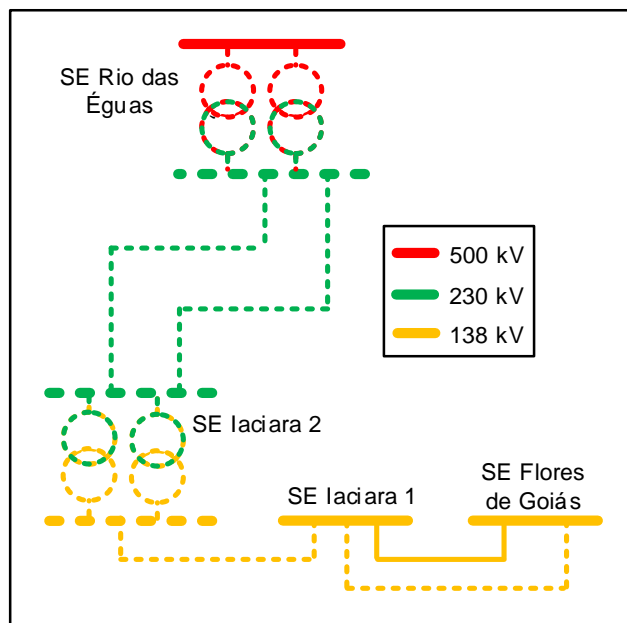


Figura 9 – Expansões relativas ao Estudo V

Ressalta-se que a implantação das obras de Rede Básica recomendadas nesse estudo está estritamente condicionada à confirmação da conexão dos novos empreendimentos de geração. Também é importante observar que após a implantação do conjunto de obras de Rede Básica, os empreendimentos deverão dar preferência à conexão no barramento de 230 kV, que possui maior margem de escoamento de energia.

Considerações Finais

A escolha do ponto de conexão de empreendimentos de geração pode afetar significativamente o desempenho elétrico da rede podendo, inclusive, afetar negativamente as margens de escoamento e a utilização ótima do sistema.

Os casos exemplos apresentados nesse informe visam fornecer insumos e direcionar os empreendedores de geração na escolha dos barramentos preferenciais para a conexão de algumas regiões avaliadas nos estudos da EPE. Essas informações podem ser consideradas tanto pelos empreendedores que pretendem cadastrar seus

projetos na EPE para fins de habilitação técnica nos leilões de energia quanto para os empreendedores que avaliam a comercialização da energia de seus projetos no ambiente de contratação livre.

Dentro desse contexto, a Tabela 1 a seguir apresenta um resumo das constatações dos estudos de planejamento acerca dos barramentos preferenciais para a conexão dos novos empreendimentos de geração.

Tabela 1 – Barramentos Preferenciais de Conexão

Estudo	Subestação	Níveis de Tensão Presentes (kV)	Barramento Preferencial (kV)
I	Pirapora 2	500 345 138	345
	Jaíba	230 138	230
II	Dianópolis II	230 138	230
III	Três Irmãos	440 138	440
IV	Monte Alegre 2	345 138	345
	Uberlândia 10	345 138	345
	Araxá 3	345 138	345
V	Iaciara 2*	230 138	230

* Após entrada em operação, que é condicionada ao desenvolvimento do potencial local de geração

É importante ressaltar que os barramentos destacados na tabela anterior representam indicações de pontos de conexão que permitem maximizar os valores das margens para empreendimentos futuros e, sob o ponto de vista sistêmico, apresentam o melhor desempenho para a rede.

Disclaimer: *os valores de margens de conexão ou de escoamento apresentados neste Informe são meramente ilustrativos e foram obtidos a partir de condições específicas utilizadas nos estudos de expansão da EPE. Esses valores não devem, portanto, ser considerados para fins de habilitação em leilões de energia com cálculo de margem, os quais possuem diretrizes e metodologias próprias em cada certame.*