

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Mariana de Jesus Correa

**ESTUDO DE RECONDUTORAMENTO COM CONDUTOR DE
ALUMÍNIO COM NÚCLEO DE FIBRAS DE CARBONO EM LINHAS
DE TRANSMISSÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Santa Maria, RS
2021

Mariana de Jesus Correa

**ESTUDO DE RECONDUTORAMENTO COM CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM
NÚCLEO DE FIBRAS DE CARBONO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO NA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheira Eletricista**. Defesa realizada por videoconferência.

ORIENTADOR: Prof. Mauricio Sperandio

Santa Maria, RS
2021

©2021

Todos os direitos autorais reservados a Mariana de Jesus Correa. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço: Rua Professor Braga, n. 45

Fone (0xx) 55 98108 7628; End. Eletr.: mariana.dejcorrea@gmail.com

Mariana de Jesus Correa

**ESTUDO DE RECONDUTORAMENTO COM CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM
NÚCLEO DE FIBRAS DE CARBONO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO NA REGIÃO
SUL DO BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,
RS), como requisito parcial para obtenção do
grau de **Engenheira Eletricista**.

Aprovado em 11 de fevereiro de 2021:

Mauricio Sperandio, Dr.Eng. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Criciele Castro Martins, Me.Eng. (UFSM)

Marcelo Azevedo Benetti, Me.Eng. (UFSM)

Santa Maria, RS
2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Antonia Luiza de Jesus e Márcio Paixão Correa, que sempre me incentivaram nos estudos e trabalharam arduamente para garantir minha educação, sempre me apoiando nas minhas escolhas e dispostos a encarar qualquer problema por mim. Gostaria de fazer uma dedicação em especial a minha mãe que já não está comigo neste plano, mas sei que onde quer que ela esteja, ela torce e me ampara sempre e com certeza deve estar muito orgulhosa da sua filha que sempre quis ver se formar. Dedico ainda ao Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência-CEESP, pois sem este grupo o trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, principalmente meus pais, por me ajudarem em todos os momentos desde os mais difíceis e os alegres e por confiarem em mim desde a minha escolha de curso em Engenharia Elétrica. Ao meu namorado, por sempre me incentivar a ser uma pessoa melhor e me motivar nos dias e momentos difíceis.

Aos meus professores, do ensino básico à graduação, que foram fundamentais para a minha formação pessoal e profissional. E faço um agradecimento especial ao meu professor e orientador Maurício Sperandio pela excelência no trabalho que ele exerce e no trabalho desenvolvido comigo, pela paciência na transmissão de ensinamentos, não só acadêmicos como os de vida, por toda atenção dada e por sempre se mostrar disposto a contribuir para minha pesquisa e no meu crescimento profissional e pessoal. E por fim agradeço às equipes do Centro de Excelência em Energia e Sistemas de Potência, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Ser forte não significa exercitar os músculos. Significa encontrar seu próprio brilho sem fugir; vivendo ativamente com a natureza selvagem de uma maneira própria. Significa ser capaz de aprender; ser capaz de defender o que sabemos. Significa se manter e viver.

(Clarissa Pinkola Estés, Mulheres que correm com os lobos.)

RESUMO

ESTUDO DE RECONDUTORAMENTO COM CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM NÚCLEO DE FIBRAS DE CARBONO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

AUTORA: Mariana de Jesus Correa

ORIENTADOR: Mauricio Sperandio

A crescente demanda por energia elétrica, o crescente desenvolvimento das regiões brasileiras e a vida útil das linhas de transmissão acarreta uma crescente demanda na capacidade de transmissão. Para aumentar a capacidade de transmissão de uma linha são apresentadas duas alternativas: projeto e construção de novas linhas, ou projeto de recondutoramento. A primeira implica em criar novas faixas de passagem, entretanto, muitas vezes as linhas necessitam cruzar áreas de preservação ambiental permanente, o que torna-se difícil devido aos rigores da legislação ambiental. Já a segunda alternativa, constitui em pesquisar a possibilidade de recondutorar as linhas já existentes, tornando o aumento da capacidade de transmissão da linha mais viável. Diante deste contexto, este trabalho propõe a avaliação de condutores especiais como o condutor de alumínio com núcleo de fibras de carbono em linhas sobrecarregadas, procurando apresentar vantagens ao se utilizar este tipo de condutor e assim propor a solução para o problema de sobrecarga e também o aumento na capacidade de transmissão de uma linha. Além de avaliar o uso desta nova tecnologia de condutor, também foi proposto um sistema teste, baseado em um sistema real a fim de trazer um contexto mais efetivo. Por fim, evidencia-se a utilização de condutores com novas tecnologias como alternativa ao uso de condutores convencionais, validada pelos estudos de caso.

Palavras-chave: Recondutoramento. Linha de Transmissão. Condutor de Alumínio com Núcleo de Fibras de Carbono.

ABSTRACT

STUDY OF RECONDUCTORING WITH ALUMINUM CONDUCTOR WITH CARBON FIBER CORE CONDUCTOR IN TRANSMISSION LINES IN THE SOUTH OF BRAZIL

AUTHOR: Mariana de Jesus Correa

ADVISOR: Mauricio Sperandio

The growing demand for electricity, the growing development of the Brazilian regions and the useful life of the transmission lines leads to an increasing demand on the transmission capacity. To increase the transmission capacity of a line, two alternatives are presented: design and construction of new lines, or reconducting project. The first involves creating new passageways, however, the lines often need to cross areas of permanent environmental preservation, which is difficult due to the rigors of environmental legislation. The second alternative, on the other hand, consists of researching the possibility of re-conducting the existing lines, making the increase in the transmission capacity of the line more viable. In this context, this work proposes the evaluation of special conductors such as the aluminum conductor with a carbon fiber core in overloaded lines, seeking to present advantages when using this type of conductor and thus proposing the solution to the overload problem and also the increase in the transmission capacity of a line. In addition to evaluating the use of this new driver technology, a test system was also proposed, based on a real system in order to bring a more effective context. Finally, there is evidence of the use of drivers with new technologies as an alternative to the use of conventional drivers, validated by the case studies.

Keywords: Reconducting. Transmission Line. Aluminum Conductor with Carbon Fiber Core.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Mapa do Sistema de Transmissão - Horizonte 2025. | 17 |
| Figura 2.2 – Condutor ACSR. | 18 |
| Figura 2.3 – Condutor ACCC. | 19 |
| Figura 2.4 – Amostra do núcleo do ACCC ®após exposição de 52 semanas numa temperatura de 220°C. | 21 |
| Figura 3.1 – Fluxograma do trabalho | 26 |
| Figura 4.1 – Diagrama unifilar do subsistema Sul 30 barras proposto | 30 |
| Figura 4.2 – Região Sul do Brasil mapa SINDAT | 31 |
| Figura 4.3 – Dados da linha Areia-Salto Osório, presente no sistema construído | 31 |
| Figura 4.4 – Print da tela do ANAREDE demonstrando o passo a passo da etapa 2 descrita acima. | 38 |
| Figura 4.5 – Print janela análise contingência automática | 38 |
| Figura 4.6 – Print janela análise contingência mostrando a inserção do tipo de análise a ser realizado | 39 |
| Figura 4.7 – Relatório com resultados da análise de contingência automática | 39 |
| Figura 4.8 – Contingências de fluxo | 40 |
| Figura 4.9 – Usina térmica de carvão J.Lacerda B | 40 |
| Figura 4.10 – VPL em R\$ numa linha com o condutor base(ACSR) e os condutores ACCC ® | 47 |
| Figura 4.11 – Dados da linha: Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) com os valores já alterados | 51 |
| Figura 4.12 – Novas contingências de fluxo | 51 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Extensão da rede básica de transmissão | 17 |
| Tabela 4.1 – Densidade Demográfica por região | 28 |
| Tabela 4.2 – Produto Interno Bruto de cada estado brasileiro em bilhões de reais | 29 |
| Tabela 4.3 – Número de elementos do sistema teste | 32 |
| Tabela 4.4 – Capacidade do Sistema Teste | 32 |
| Tabela 4.5 – Dados das barras do sistema | 33 |
| Tabela 4.6 – Legenda tabela Dados de linha | 34 |
| Tabela 4.7 – Dados de linha | 35 |
| Tabela 4.8 – Legenda tabela Dados transformadores | 36 |
| Tabela 4.9 – Dados dos transformadores | 36 |
| Tabela 4.10 – Legenda tabela Dados bancos shunt | 37 |
| Tabela 4.11 – Dados bancos shunt | 37 |
| Tabela 4.12 – Dados da linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) | 40 |
| Tabela 4.13 – Dados condutor ACSR Grosbeak - Condutor referência | 41 |
| Tabela 4.14 – Dados condutor ACCC ®Grosbeak - Condutor com mesmo diâmetro que o condutor base | 41 |
| Tabela 4.15 – Dados condutor ACCC ®Lubbock - Condutor com mesmo peso que o condutor base | 42 |
| Tabela 4.16 – Dados condutor ACCC ®Lisbon - Condutor com mesma área de alumínio que o condutor base | 42 |
| Tabela 4.17 – Projetos propostos | 42 |
| Tabela 4.18 – Resultados obtidos nos cálculos para os 4 casos | 46 |
| Tabela 4.19 – Análise econômica obtida no relatório do CCP | 48 |
| Tabela 4.20 – Dados sobre economia na geração obtidos no relatório do CCP | 48 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|--|
| <i>ACCC</i> | <i>Aluminium Conductor Composite Core</i> |
| <i>ACFR</i> | <i>Aluminium Conductor Fiber Reinforced</i> |
| <i>ACSR</i> | <i>Aluminium Conductor Steel Reinforced</i> |
| <i>ACSS</i> | <i>Aluminium Conductor Steel Supported</i> |
| <i>ANAREDE</i> | Análise de Redes Eléctricas |
| <i>ANEEL</i> | Agência Nacional de Energia Elétrica |
| <i>CAA</i> | Condutor de Alumínio com Alma de Aço |
| <i>CCP</i> | <i>Conductor Comparisson Program</i> |
| <i>CCV</i> | Custo do Ciclo de Vida |
| <i>CEPEL</i> | Centro de Pesquisa de Energia Elétrica |
| <i>CME</i> | Custo Marginal de Energia |
| <i>EPE</i> | Empresa de Pesquisa Energética |
| <i>FC</i> | Fluxo de Caixa |
| <i>HTLS</i> | <i>High Temperature Low Sag Conductor</i> |
| <i>IBGE</i> | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| <i>IEEE</i> | Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos |
| <i>LT</i> | Linha de Transmissão |
| <i>LTs</i> | Linhas de Transmissão |
| <i>MME</i> | Ministério de Minas e Energia |
| <i>ONS</i> | Operador Nacional do Sistema |
| <i>PAR/PEL</i> | Plano de Ampliações e Reforços/ Plano da Operação Elétrica |
| <i>PET</i> | Programa de Expansão da Transmissão |
| <i>PIB</i> | Produto Interno Bruto |
| <i>SEP</i> | Sistema Elétrico de Potência |
| <i>SIN</i> | Sistema Interligado Nacional |
| <i>SINDAT</i> | Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN |
| <i>TMA</i> | Taxa mínima de atratividade |
| <i>VPL</i> | Valor Presente Líquido |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO | 13 |
| 1.2 | MOTIVAÇÃO | 13 |
| 1.3 | OBJETIVOS | 15 |
| 1.3.1 | Principal | 15 |
| 1.3.2 | Específicos | 15 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 2.1 | SISTEMA DE POTÊNCIA BRASILEIRO | 16 |
| 2.1.1 | Histórico | 16 |
| 2.1.2 | Transmissão | 16 |
| 2.2 | CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE - AMPACIDADE..... | 18 |
| 2.3 | CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO | 18 |
| 2.3.1 | Características gerais | 18 |
| 2.4 | CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM NÚCLEO COMPÓSITO..... | 19 |
| 2.4.1 | Características gerais | 19 |
| 2.4.2 | Propriedades do condutor | 20 |
| 2.5 | FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS | 21 |
| 2.5.1 | ANAREDE | 21 |
| 2.5.2 | CCP | 21 |
| 2.6 | ASPECTOS ECONÔMICOS NUM PROJETO DE RECONDUTORAMENTO .. | 22 |
| 2.6.1 | Escolha do condutor | 22 |
| 2.6.2 | Custo de capital investido | 23 |
| 2.6.3 | Custo do ciclo de vida | 23 |
| 2.6.3.1 | <i>Custo de perda anual</i> | 23 |
| 2.6.3.2 | <i>Valor presente líquido</i> | 24 |
| 3 | METODOLOGIA | 26 |
| 3.1 | CONSIDERAÇÕES GERAIS | 26 |
| 3.2 | PROCEDIMENTO DE PROJETO | 26 |
| 4 | RESULTADOS DE APLICAÇÃO | 28 |
| 4.1 | ELABORAÇÃO DO SISTEMA-TESTE | 28 |
| 4.1.1 | Motivação - Escolha região Sul | 28 |
| 4.1.2 | Sistema | 29 |
| 4.1.3 | Dados do sistema-teste | 31 |
| 4.2 | ESTUDO DO SISTEMA-TESTE | 37 |
| 4.3 | DEFINIÇÃO DOS CONDUTORES | 41 |
| 4.4 | CÁLCULOS DE PERDAS E VALOR PRESENTE LÍQUIDO | 42 |
| 4.4.1 | Caso 1 - Referência - Condutor ACSR 636 GROSBEAK | 43 |
| 4.4.2 | Caso 2 - Condutor com mesmo diâmetro que condutor referência - Condutor ACCC ®821 GROSBEAK | 44 |
| 4.4.3 | Caso 3- Caso com mesma área de alumínio ACCC ®623 Lisbon | 45 |
| 4.4.4 | Caso 4- Caso com mesmo peso ACCC ®904 Lubbock | 45 |
| 4.5 | ANÁLISE DE FATORES ELÉTRICOS E MECÂNICOS | 47 |
| 4.5.1 | Resultados do relatório do CCP | 47 |
| 4.6 | ANÁLISE DOS RESULTADOS | 49 |
| 4.7 | PROJETO DE RECONDUTORAMENTO COM O CONDUTOR ESCOLHIDO . | 50 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS | 53 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 54 |
| | APÊNDICE A – RELATÓRIO ANÁLISE DE CONTINGÊNCIAS AUTO- MÁTICA..... | 56 |
| | APÊNDICE B – RELATÓRIO PRINCIPAL DE COMPARAÇÃO CCP..... | 60 |
| | APÊNDICE C – RELATÓRIO ANÁLISE DE CONTINGÊNCIAS AUTO- MÁTICA - APÓS TROCA DO CONDUTOR | 62 |
| | ANEXO A – CATÁLOGO ALUBAR - TABELA CONDUTORES ACSR..... | 66 |
| | ANEXO B – CATÁLOGO CTC GLOBAL - TABELA CONDUTORES ACCC ® | 67 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A energia elétrica é um elemento fundamental para o desenvolvimento da humanidade, cada vez mais se depende dela e sem ela não se teria como executar a maioria das atividades desempenhadas pelo ser humano, desde processos de sobrevivência até processos que envolvam tecnologias avançadas. Assim, para que a energia chegue aos consumidores, o Sistema Elétrico de Potência (SEP) é constituído pela geração de energia, que transforma uma fonte de energia como eólica, hídrica, nuclear, solar, térmica, etc. em energia elétrica, o transporte da mesma feito pelas linhas de transmissão seguida pela distribuição responsável por levar a energia transmitida para o consumidor final.

Dentro dos sistemas elétricos de potência há um equipamento fundamental para este processo, as Linhas de Transmissão (LTs). Elas que são responsáveis pelo transporte de energia elétrica. Com a alta dependência da energia elétrica conseqüentemente houve um crescimento exponencial do consumo da mesma, contudo, a produção dela não caminhou da mesma forma. Assim, as concessionárias de energia e órgãos governamentais se preocupam em suprir esta demanda buscando o menor impacto possível. Estes impactos podem ser ambientais, econômicos, empresariais, jurídicos, etc. O aumento deste setor do sistema elétrico implica na construção de novas LT's, ou aumento da capacidade de transmissão das linhas existentes.

1.2 MOTIVAÇÃO

Esta preocupação em suprir a demanda de energia ocorre em praticamente todos os países do mundo e não seria diferente no Brasil. As LT's brasileiras em suas diversas classes de tensão, em corrente alternada e contínua, percorrem mais de 145 mil km atravessando todas as regiões do país, incluindo locais como áreas de mata, rios e serras. Várias já se encontram desgastadas, visto que sua vida útil está se esgotando e/ou em sobrecarga. Além disso, com a modernização e a vinda de indústrias para o país faz com que se tenha um crescimento constante do consumo do SIN (Sistema Interligado Nacional), e com isso é necessário expandir a capacidade de transmissão de energia no Brasil.

Para aumentar a capacidade de transmissão de energia a alternativa mais comum é o projeto de uma nova linha, sendo que no Brasil, os planejamentos de projetos de uma nova linha e de expansão da capacidade de transmissão são realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), esta utiliza o Programa de Expansão da Transmissão (PET). Além dos estudos da EPE, o Ministério de Minas e Energia (MME) também realiza o Plano Decenal de

Expansão de Energia apresentando um planejamento de políticas estratégicas para administrar o setor elétrico nos próximos dez anos, apresentando investimentos, expansões e desafios que deverão ser enfrentados pelo MME para administração do setor elétrico em dez anos. E por fim há o ONS (Operador Nacional do Sistema) que realiza o Plano de Operação Elétrica de Médio Prazo - PAR/PEL (Plano de Ampliações e Reforços/ Plano da Operação Elétrica), que avalia o desempenho do SIN num horizonte de cinco anos, nele há indicações de obras necessárias para o adequado atendimento à demanda, a integração das novas usinas geradoras e o pleno funcionamento do mercado de energia elétrica no horizonte de médio prazo.

Um projeto de linha de transmissão implica em criar novas faixas de passagem, que muitas vezes necessitam cruzar áreas de preservação ambiental permanente, o que é difícil devido aos rigores da legislação ambiental. Também demandam grandes obras e têm um custo bastante elevado. Uma alternativa que vem ganhando lugar dos novos projetos de linhas é a utilização de novas tecnologias em cabos condutores aéreos, que permite aumentar a capacidade da linha congestionada utilizando as estruturas existentes, o que diminui bastante o custo de expansão.

Uma dessas tecnologias é a do condutor de alumínio com núcleo de fibras de carbono, o mesmo possui grande desempenho quando comparado a outros condutores, tem o dobro da resistência mecânica dos condutores reforçados em aço convencionais, é mais leve, transporta até duas vezes mais corrente, e exibe uma perda na linha inferior sob qualquer condição de operação. A redução de perdas não só diminui o consumo de combustíveis e emissões associadas, como também libera a capacidade de geração que seria desperdiçada. Tanto a sigla HTLS quanto o nome condutor de alumínio com núcleo de fibras de carbono são os nomes genéricos dados para este cabo, podendo-se citar ACCC[®] da CTC Global e ACFR[®] da Tokyo Rope Internacional que são as marcas registradas que são designadas a este cabo.

No Brasil os condutores mais utilizados em LT's atualmente são os de alumínio com alma de aço, isso porque a geração de energia elétrica é constituída na maior parte por usinas hidrelétricas que se encontram afastadas dos consumidores (ANEEL, 2008). E a maioria das LT's que são extensas que utilizam condutores de alumínio que proporcionam grande economia na altura e na resistência das estruturas de sustentação. Neste sistema de grande porte, existe a solução de utilização de ligas de alumínio com propriedades mecânicas superiores ou a combinação do alumínio com o aço, para formar a alma dos cabos (ABAL, 2019). Um tipo de condutor de alumínio é o CAA (Condutor de Alumínio com Alma de Aço) em inglês é conhecido pela sigla ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*).

Tanto o condutor de alumínio quanto o de alumínio com núcleo de fibras de carbono apresentam diferentes características, diante das diferenças construtivas entre os dois tipos de condutores, este trabalho analisa a viabilidade técnico-econômica da implementação de condutores de alumínio com núcleo de fibras de carbono, mais precisamente o ACCC[®], em comparação aos do tipo ACSR.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Principal

Neste trabalho objetiva-se analisar linhas de transmissão na região Sul do Brasil que estão sofrendo problema de sobrecarga, e assim propor a solução de recondutoramento para este problema. Para identificar as LT's será proposto um sistema-teste. Nele serão feitas análises de contingência que auxiliarão na identificação das linhas em sobrecarga. A partir disso, serão feitas comparações entre o cabo a ser utilizado no recondutoramento, ACCC[®], e o cabo que está sendo utilizado na linha, ACSR, a fim de determinar qual é o mais vantajoso para os estudos de caso propostos.

1.3.2 Específicos

- Listar os benefícios do condutor ACCC[®] a fim de justificar a utilização do mesmo nas linhas que sofrem problema de sobrecarga;
- Realização de estudos comparativos entre o cabo atual da linha e o cabo ACCC[®], por meio de três casos de estudo: cabos de mesmo diâmetro, cabos de mesma área de alumínio e cabos de mesmo peso;
- Escolha do melhor caso para o projeto de recondutoramento, analisando tantos os benefícios energéticos e econômicos;
- Verificação do caso escolhido, se o mesmo resolveu o problema de sobrecarga na linha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMA DE POTÊNCIA BRASILEIRO

2.1.1 Histórico

O Brasil é um país com quase 213 milhões de habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e se destaca como a quinta nação mais populosa do mundo. Em 2008, cerca de 95% da população tinha acesso à rede elétrica. Segundo dados divulgados no mês de setembro de 2008 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), o país conta com mais de 61,5 milhões de unidades consumidoras em 99% dos municípios brasileiros. Destas, a grande maioria, cerca de 85%, é residencial (ANEEL, 2008).

De todos os segmentos da infra-estrutura, energia elétrica é o serviço mais universalizado. A incidência e as dimensões dos nichos não atendidos estão diretamente relacionadas à sua localização e às dificuldades físicas ou econômicas para extensão da rede elétrica. Afinal, cada uma das cinco regiões geográficas em que se divide o Brasil (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte) tem características bastante peculiares e diferenciadas das demais. Estas particularidades determinaram os contornos que os sistemas de geração, transmissão e distribuição adquiriram ao longo do tempo e ainda determinam a maior ou menor facilidade de acesso da população local à rede elétrica (ANEEL, 2008).

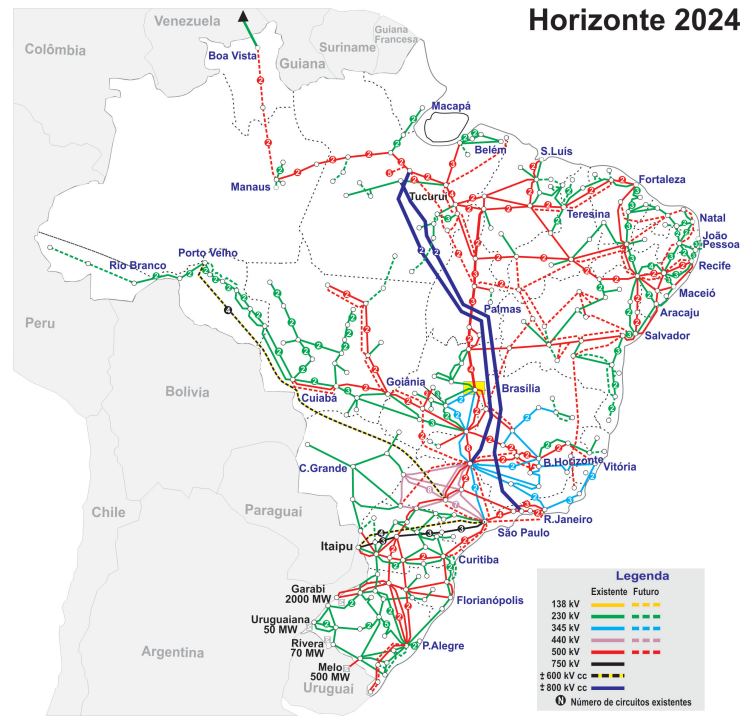
2.1.2 Transmissão

O sistema de transmissão brasileiro é composto em 2020 por mais de 145 mil quilômetros de linhas (Plano Elétrico de Médio Prazo do SIN (PAR/PEL) 2021-2025, 2020). A extensa rede de transmissão brasileira é explicada pela configuração da geração, que é constituído na maior parte por usinas hidrelétricas que se encontram afastadas dos centros consumidores (ANEEL, 2008).

A transmissão brasileira tem como característica a divisão em dois grandes blocos: o Sistema Interligado Nacional (SIN), que abrange quase totalmente o território brasileiro com as tensões de 230 kV a 800 kV, como mostra a Figura 2.1, e os Sistemas Isolados que estão presentes principalmente na região Norte, nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará. A ilha de Fernando de Noronha, em Pernambuco, e algumas localidades de Mato Grosso completam a lista. Entre as capitais, Boa Vista (RR) é a única que ainda é atendida por um sistema isolado. O consumo nessas localidades é baixo e representa menos de 1% da carga

total do país. A demanda por energia dessas regiões é suprida, principalmente, por térmicas a óleo diesel (Operador Nacional do Sistema, 2020b).

Figura 2.1 – Mapa do Sistema de Transmissão - Horizonte 2025.



Fonte: (Operador Nacional do Sistema, 2020c)

A Tabela 2.1 apresenta a extensão da rede básica de transmissão em quilômetros e a tensão das linhas de transmissão presentes no sistema elétrico brasileiro em 2020 e uma projeção para 2025.

Tabela 2.1 – Extensão da rede básica de transmissão

| Tensão (kV) | Extensão (km) | |
|-------------|---------------|--------|
| | 2020 | 2025 |
| 230 | 55.454 | 69.103 |
| 345 | 9.515 | 11.131 |
| 440 | 6.911 | 7.130 |
| 500 | 53.214 | 76.220 |
| 600 CC | 9.544 | 9.544 |
| 750 | 1.722 | 1.722 |
| 800 CC | 9.204 | 9.204 |

Fonte: Adaptado de Plano Elétrico de Médio Prazo do SIN (PAR/PEL) 2021-2025 (2020)

Observando a Figura 2.1, nota-se que no horizonte de 2024 se encontram ampliações de transmissão que abrangem as interligações dos sistemas Acre-Rondônia, Manaus, Roraima ao SIN, lembrando que atualmente (2020) estes são sistemas isolados.

2.2 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE - AMPACIDADE

Ampacidade é a corrente máxima que a linha de transmissão pode transportar para uma dada temperatura superficial do condutor que está associada a uma distância mínima de segurança condutor-solo ou condutor-objeto (Foss; Lin; Fernandes, 1983).

2.3 CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO

2.3.1 Características gerais

Segundo Alubar (2015), o condutor de alumínio com alma de aço é um condutor de alta temperatura, essa característica dele mostra a capacidade de transmitir potências elevadas operando em alta temperatura como 100°C em regime permanente, ou até mesmo a 150°C em situações de emergência. Um dos cabos mais utilizados em linhas de transmissão é o ACSR, ele é utilizado por apresentar ótimo peso, carga de ruptura e custo. Ele é um condutor concêntrico, possui fios de alumínio 1350/H19 reunidos em uma ou mais camadas ao redor de uma alma de aço galvanizado.

Este condutor pode conter a alma por um ou mais fios de aço encordoados, isso depende da dimensão deste condutor. Devido às combinações possíveis de fios de alumínio e aço, pode variar a proporção dos mesmos, a fim de se obter a melhor relação entre capacidade de transporte de corrente e resistência mecânica para cada aplicação. A alma de aço pode ser fornecida entre diferentes pesos de cobertura de zinco (Classes A, B e C - ASTM / Classes 1 e 2 - NBR), sendo a melhor proteção contra condições corrosivas às coberturas de zinco classe B / 2. Porém, existe uma pequena redução na resistência mecânica final, quando esta cobertura é usada (ALUBAR, 2015).

Pelo fato deste condutor ser bastante utilizado, ele possui uma tecnologia de produção bem estabelecida, além de apresentarem custo inferior em relação ao ACCC® e outros disponíveis, mas apresenta algumas limitações na questão da suportabilidade. A Figura 2.2 demonstra o condutor ACSR.

Figura 2.2 – Condutor ACSR.



Fonte: (Condu spar Condutores Elétricos, 2017a)

2.4 CONDUTOR DE ALUMÍNIO COM NÚCLEO COMPÓSITO

2.4.1 Características gerais

A pioneira no desenvolvimento do condutor HTLS foi a CTC Global que começou suas atividades de pesquisa sobre este condutor em 2002. A CTC tinha como objetivo apresentar um condutor com alta capacidade, após testes substanciais em 2005 o condutor foi implantado comercialmente, quando alcançou seu objetivo oferecendo uma redução substancial na flecha devido ao aquecimento em comparação a qualquer outro condutor disponível no mercado, devido ao seu baixo coeficiente de expansão térmica. Com isso a CTC Global criou uma marca registrada de condutor HTLS: ACCC[®].

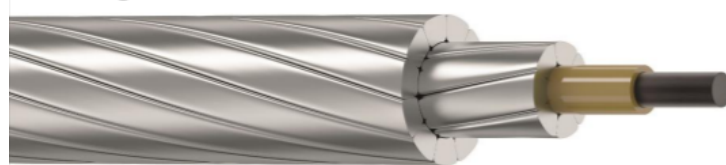
O condutor ACCC[®] consiste num composto híbrido de carbono e com núcleo de fibra de carbono que utiliza uma matriz de resina epóxi de alta temperatura para ligar centenas de milhares de fibras individuais em um membro elástico de suporte de carga unificado.

O núcleo central de fibra de carbono é envolto por fibras de vidro sem Boro de alta qualidade que dá mais flexibilidade e resistência ao condutor, evitando a corrosão galvânica entre as fibras de carbono e os fios de alumínio. Além disso, o núcleo possui uma melhor relação resistência versus peso da indústria, além de ter o menor coeficiente de expansão térmica da indústria, o que reduz a queda do condutor sob condições de alta temperatura.

Este núcleo é cercado por fios de alumínio que transportam a energia elétrica, esses fios de alumínio são totalmente recozidos e trapezoidais os quais fornecem maior condutividade e menor valor de resistência elétrica para qualquer diâmetro de condutor. O alumínio utilizado é o tipo 1350-O, recozido têmpera O, que oferece uma maior condutividade, permitindo operar com mais eficiência em comparação com qualquer outro condutor comercialmente disponível do mesmo diâmetro e comparável peso (GLOBAL, 2011).

Embora o condutor ACCC[®] tenha sido inicialmente desenvolvido como um condutor HTLS, para aumentar capacidade das linhas de transmissão e distribuição existentes com um mínimo de mudanças estruturais, sua condutividade aprimorada e resistência elétrica reduzida o torna ideal para reduzir as perdas de linha em novas transmissões e linhas de distribuição, o que melhora a eficiência e reduz os custos iniciais, sendo estes os principais objetivos do projeto. A Figura 2.3 demonstra o condutor ACCC[®].

Figura 2.3 – Condutor ACCC.



2.4.2 Propriedades do condutor

- Temperatura

O condutor ACCC[®] se classifica para operação em regime permanente de 180°C e em sobrecarga numa temperatura de 200°C, opera em condições mais frias que condutores com diâmetro e peso semelhantes em condições de carga iguais graças ao alto teor de alumínio e à maior condutividade do alumínio tipo 1350-O.

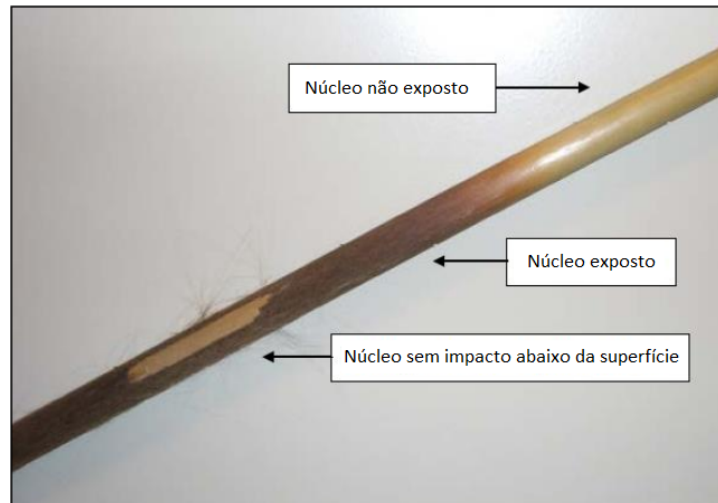
- Força e Elasticidade

Com condutores que usam fios de alumínio totalmente recozidos, como ACSS (*Aluminium Conductor Steel Supported*) e condutores ACCC[®], seu núcleo serve como sua principal fonte de sustentação, já que os filamentos de alumínio recozidos rapidamente cedem sob muito pouca carga. O núcleo do condutor ACCC[®] oferece 2.158 a 2.585 MPa (313-375 ksi) de tração resistência e um módulo de elasticidade de 112,3 a 147 GPa (16,3-21,3 msi). Em comparação, um núcleo de aço convencional oferece 1.275 MPa (185 ksi) de tração, resistência e um módulo de elasticidade de 200 GPa (29 msi), enquanto um núcleo de aço de alta resistência oferece uma resistência à tração de 1.965 MPa (285 ksi) com os mesmos módulo 200 GPa (29 msi) (GLOBAL, 2011).

- Limites térmicos e longevidade

Considerando que o condutor do ACCC[®] utiliza recursos totalmente recozidos de alumínio com limite térmico bem acima de 250°C, seus limites térmicos são com base nos limites térmicos do núcleo composto. Após extensos testes, a CTC estabeleceu uma temperatura operacional máxima contínua de 180°C para Condutores ACCC[®]. A essa temperatura, por longos períodos de tempo, um quantidade mínima de oxidação da superfície pode ser observada. Essa reação de oxidação posteriormente forma uma camada densa com aproximadamente cem microns de espessura, retardando a oxidação adicional. A Figura 2.4 representa uma amostra do núcleo do ACCC[®] após exposição de 52 semanas numa temperatura de 220°C. Para este caso, o processo de oxidação foi acelerado. Observando a Figura 2.4, esta revela uma seção do núcleo compósito com integridade sob a superfície "carbonizada"(removida mecanicamente para permitir a inspeção da camada de vidro imediatamente abaixo da oxidação) (GLOBAL, 2011).

Figura 2.4 – Amostra do núcleo do ACCC[®] após exposição de 52 semanas numa temperatura de 220°C.



Fonte: Adaptado de GLOBAL (2011).

2.5 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

2.5.1 ANAREDE

O programa ANAREDE (Análise de Redes Eléctricas) analisa os Sistemas Eléctricos de Potência (SEP's) em regime permanente. Amplamente utilizado por entidades setoriais como ONS, EPE; MME; empresas Eletrobrás; agentes de geração, transmissão e distribuição; grandes consumidores industriais e universidades (Cepel, 2018).

Ele apresenta um conjunto de aplicações computacionais resultante de esforços Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Eléctrica) no sentido de tornar disponível às empresas do setor novas técnicas, algoritmos e métodos eficientes, adequados a realização de estudos nas áreas de operação e planeamento de SEP's (ELETROBRÁS, 2020). Nele estão reunidos programas de fluxo de potência, equivalente de redes, análise de contingências, análise de sensibilidade de tensão e fluxo, e análise de segurança de tensão (Cepel, 2018).

2.5.2 CCP

O programa *Conductor Comparison Program* (Programa de Comparação de Condutores) foi desenvolvido pela CTC Global a fim de comparar a ampacidade, perdas na linha, queda de carga térmica e de de gelo, e aspectos económicos de quase qualquer tipo e tamanho de

condutor. Nele o usuário seleciona os tipos e tamanhos de condutores nos menus suspensos e insere os dados necessários para os cálculos. O programa é totalmente funcional e usa fórmulas padrão da indústria (como IEEE 738-2006). As saídas são facilmente comparáveis ao PLS CADD e outros programas semelhantes (CTC Global, 2020).

2.6 ASPECTOS ECONÔMICOS NUM PROJETO DE RECONDUTORAMENTO

Escolher um condutor para um projeto de recondutoramento tem um impacto significativo a curto e longo prazo em termos de desempenho econômico nos projetos de transmissão. O condutor é o principal componente de custo para um projeto de linha, escolher o tipo, tamanho é essencial para a eficiência operacional que se almeja.

Com isso foram criadas diversas abordagens sistemáticas para seleção de um condutor. Esses métodos em geral enfatizam a importância das mesmas propriedades elétricas e mecânicas do condutor que pertence ao projeto econômico. Por fim, o objetivo é selecionar um condutor que ofereça o melhor valor quando visto do ponto de vista geral dos sistemas.

2.6.1 Escolha do condutor

A escolha do tipo e tamanho do condutor possui um grande impacto na linha de transmissão e nos retornos financeiros. Em um projeto, a escolha é limitada a um conjunto que se adapta aos critérios especificados, incluindo:

- Requisitos de carga elétrica;
- Projeção de carga;
- Requisitos de tensão de rede;
- Considerações ambientais;
- Legislação.

Existem consequências físicas e econômicas que afetam a escolha do condutor e estão sujeitas a restrições como:

- Aumentar o diâmetro do condutor para aumentar a capacidade de transmissão acarreta em maiores cargas de vento e gelo nas estruturas, conseqüentemente para suportar essa carga maior irá aumentar o custo inicial de torres e fundações;
- Diminuir o diâmetro do condutor leva a uma maior densidade no campo radial sobre o condutor, aumentando potencialmente o ruído produzido pelo efeito corona;

- Um condutor com maior resistência aumenta o custo de perdas elétricas ao longo da vida útil da linha, reduzindo o valor presente dos ativos de transmissão;
- Aumentar a tração do condutor gera maiores cargas longitudinais e / ou aumento da carga de tensão transversal em estruturas angulares, aumentando também o investimento inicial.

2.6.2 Custo de capital investido

O custo de capital investido associado a um projeto é a soma de todas despesas associadas à compra de componentes, toda regulamentação e construção do projeto. Como cada uma delas é significativamente impactada pela seleção do condutor, o condutor de ser escolhido com base no custo total do sistema, não apenas pelo custo unitário do condutor.

Nesse sentido, o condutor ACCC[®] oferece vantagens no que se refere ao custo de capital investido quando comparado à condutores convencionais. Em projetos de recondutoramento, o condutor ACCC[®] fornece um aumento na capacidade nominal sem aumentar o peso ou tamanho do condutor, permitindo aumentar a transmissão de energia sem modificar e/ou expandir a infraestrutura de suporte existente.

2.6.3 Custo do ciclo de vida

O custo do ciclo de vida (CCV) associado a um projeto de transmissão é a soma de todas as despesas recorrentes, incluindo custos anuais de capital e perdas de linha do sistema. As perdas de linha podem ter um impacto substancial na economia e na linha de transmissão deve, portanto, ser sempre considerado ao avaliar o valor econômico de um design de linha específico. Como o CCV, por definição, depende de fatores dinâmicos de mercado (custos crescentes de energia, crescimento de carga etc.), a análise do valor presente líquido (VPL) e uma taxa de desconto apropriada devem ser determinados a fornecer a melhor estimativa do valor do projeto a longo prazo.

2.6.3.1 Custo de perda anual

O custo de perda anual de energia é utilizado como um indicador da quantidade de energia que está sendo perdida durante um ano. Ele é calculado conforme a equação abaixo:

$$Custo_{perdasanuais} = Perdas(MW) \times 8760 \text{ horas} \times Fator_{perdas} \times CME \quad (2.1)$$

Onde:

- Perdas (MW) = $I^2 \times R \times 10^{-6}$
- $Fator_{perdas} = Fator_{carga} \times 0,2 + Fator_{carga}^2 \times 0,8$
- CME = custo marginal de expansão, para valorar a energia

2.6.3.2 Valor presente líquido

O VPL é usado como um indicador para determinar quanto valor um investimento específico retornará ao longo do tempo. Segundo Puccini, (2011, p. 146) "O valor presente líquido de um fluxo de caixa é igual ao valor presente de suas parcelas futuras (que são descontadas com uma determinada taxa de desconto), somado algebricamente com a grandeza colocada no ponto zero". Assim, o o VPL pode ser descrito como a soma de quaisquer vantagens produzidas por um investimento ao longo de um período especificado (referido como valor presente ou VP) menos o valor inicial, custo de capital ou investimento que produza o VPL. Uma análise de VPL requer o estabelecimento de uma taxa de desconto que considere a taxa de retorno que poderia ser ganho em um investimento com um perfil de risco / recompensa semelhante. Em muitos casos, é estimado pelo custo da dívida de uma empresa de serviços públicos ,ou seja, a taxa de juros dos fundos emprestados (PUCCINI, 2011).

O VPL é determinado da seguinte forma:

$$VPL = \sum_{n=1}^N \frac{FC}{(1 + TMA)^n} \quad (2.2)$$

Onde:

- FC=fluxo de caixa
- TMA=taxa mínima de atratividade
- n=período de cada fluxo de caixa

Utilizada a equação 2.2, existem três resultados possíveis:

- VPL neutro: investimento será equilibrado, ele não traz prejuízos nem benefícios;
- VPL positivo: investimento executável, os retornos serão maiores que a taxa de desconto, o que pode ser identificado como lucro;
- VPL negativo: investimento é impraticável e que acabará gerando perdas e prejuízos, os gastos são maiores que os retornos.

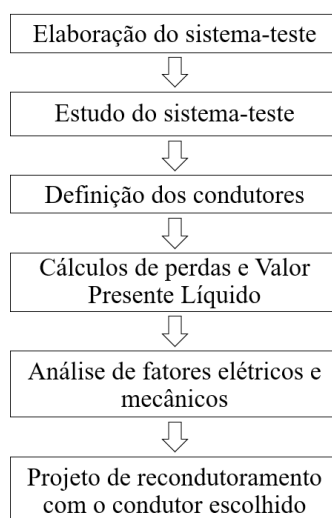
Porém a interpretação do resultado do VPL se altera ao considerar o fluxo de caixa na fórmula do VPL sendo o custo de perda anual. Visto que ao estar se tratando com perdas, quanto menor for o valor do VPL conseqüentemente menores serão as perdas e mais vantajoso é o projeto.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para realização do estudo, partiu-se da dissertação do Waschington Fernandes Alves, que apresenta um sistema-teste 30 barras e propõe estudos em cima desse sistema (ALVES, 2007). O estudo em análise é a identificação de linhas críticas neste sistema e identificados os casos, foi escolhida uma linha para fazer o estudo, e assim, analisar qual o melhor condutor a ser utilizado para o projeto de recondutoramento. Após o condutor escolhido, os valores do mesmo foram adicionados nos dados da linha em estudo, para assim, verificar se o problema de sobrecarga da mesma iria ser sanado. Portanto, neste trabalho seguiu-se a seguinte metodologia, identificada pelo fluxograma da Figura 3.1.

Figura 3.1 – Fluxograma do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora.

3.2 PROCEDIMENTO DE PROJETO

Como citado anteriormente para elaboração do sistema-teste do presente trabalho foi utilizado como base o sistema-teste 30 barras do Waschington Fernandes Alves. Do sistema base foram retiradas algumas barras que não eram de interesse para análise e inseridas outras que são mais relevantes para o estudo. Mais ainda, foram feitas atualizações dos dados do sistema e para isso foram utilizadas as informações disponibilizadas pelo ONS. Lembrando que

todas as alterações, inserções de novas barras foram realizadas no *software* ANAREDE (Análise de Redes Elétricas), desenvolvido pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica - CEPTEL.

Além do ANAREDE servir como plataforma para montar este sistema o programa serviu para realizar a análise de contingências automática. O Programa de Análise de Contingências processa sequencialmente um conjunto de casos de contingências com a finalidade de detectar dificuldades operativas severas. Para cada caso de contingência é executada uma solução de fluxo de potência e efetuada a monitoração do estado operativo simulado da rede elétrica. A monitoração da rede é traduzida em termos de índices de severidade que, ao final do processamento, são ordenados decrescentemente para indicar os casos mais severos (ELETROBRÁS, 2020).

A lista de contingências a ser processada consiste de casos que são constituídos de qualquer combinação, simples ou múltipla, de perda de circuito, abertura de circuito em uma das extremidades, perda de elemento shunt, perda de geração e perda de carga. Um grau de prioridade pode ser associado a cada caso para permitir o processamento seletivo dos subconjuntos de casos de contingências de mesma prioridade. As grandezas a serem monitoradas nos casos simulados de contingências são os níveis de tensão em barramentos, potência reativa de barras de geração e fluxos de potência nos circuitos (ELETROBRÁS, 2020).

É a partir dela que será possível identificar os casos de fluxo convergidos mais severos, lembrando que são os casos de fluxo que geram sobrecarga nas linhas.

De acordo com o diagnóstico encontrado no ANAREDE será possível definir os condutores que podem ser implementados. Diante dos condutores escolhidos esses passam por uma avaliação, sendo estas de perdas, valor presente líquido, além da análise mecânica e elétrica.

4 RESULTADOS DE APLICAÇÃO

4.1 ELABORAÇÃO DO SISTEMA-TESTE

4.1.1 Motivação - Escolha região Sul

Para o atendimento ao consumidor, outros fatores, como nível de atividade econômica, capacidade de geração e circulação de renda e densidade demográfica (número de habitantes por quilômetro quadrado) são variáveis importantes. Sudeste e Sul, por exemplo, são as regiões mais desenvolvidas do país em termos econômicos e sociais. São, também, as que apresentam maior densidade demográfica. Em consequência, o atendimento a novos consumidores pode ser realizado a partir de intervenções de pequeno porte para expansão da rede. Elas são, portanto, as regiões que registram melhor relação entre número de habitantes e unidades consumidoras de energia elétrica (ANEEL, 2008).

Com isso, a escolha de realizar um estudo com um sistema-teste na região Sul se deu primeiro pelo fato deste trabalho estar sendo realizado numa universidade da região Sul (Universidade Federal de Santa Maria) e também da região Sul ser a segunda em densidade demográfica do país, é possível observar isso pela Tabela 4.1, e por consequência apresentam um elevado número de unidades consumidoras.

Tabela 4.1 – Densidade Demográfica por região

| Região | População (hab.) | Área (km ²) | Densidade demográfica (hab./km ²) |
|--------------|------------------|-------------------------|---|
| Centro-Oeste | 16.504.303 | 1.606.316,67 | 10,27463 |
| Nordeste | 57.374.243 | 1.552.167,01 | 36,96396 |
| Norte | 18.672.591 | 3.850.509,94 | 4,849381 |
| Sudeste | 89.012.240 | 924.565,478 | 96,27467 |
| Sul | 30.192.315 | 576.736,819 | 52,35025 |

Fonte: (IBGE, 2019)

Além disso, os 3 estados da região: Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina estão entre os 10 maiores "PIB's"(Produto Interno Bruto) do Brasil, a Tabela 4.2 mostra estes dados. Segundo IBGE(2020), PIB é a soma de todos os bens e serviços finais produzidos por um país, estado ou cidade, geralmente em um ano. E por fim outro fator de se levar em conta é que na região Sul o sistema elétrico é composto por 2 classes de tensão apenas quando comparado a região Sudeste que apresenta 6.

Tabela 4.2 – Produto Interno Bruto de cada estado brasileiro em bilhões de reais

| Estado | PIB em bilhões de R\$ |
|---------------------|-----------------------|
| São Paulo | 2.210.562 |
| Rio de Janeiro | 758.859 |
| Minas Gerais | 614.876 |
| Rio Grande do Sul | 457.294 |
| Paraná | 440.029 |
| Santa Catarina | 298.227 |
| Bahia | 286.240 |
| Distrito Federal | 254.817 |
| Goiás | 195.682 |
| Pernambuco | 186.352 |
| Pará | 161.350 |
| Ceará | 155.904 |
| Mato Grosso | 137.443 |
| Espírito Santo | 137.020 |
| Mato Grosso do Sul | 106.969 |
| Amazonas | 100.109 |
| Maranhão | 98.179 |
| Rio Grande do Norte | 66.970 |
| Paraíba | 64.374 |
| Alagoas | 54.413 |
| Piauí | 50.378 |
| Rondônia | 44.914 |
| Sergipe | 42.018 |
| Tocantins | 35.666 |
| Amapá | 16.795 |
| Acre | 15.331 |
| Roraima | 13.370 |

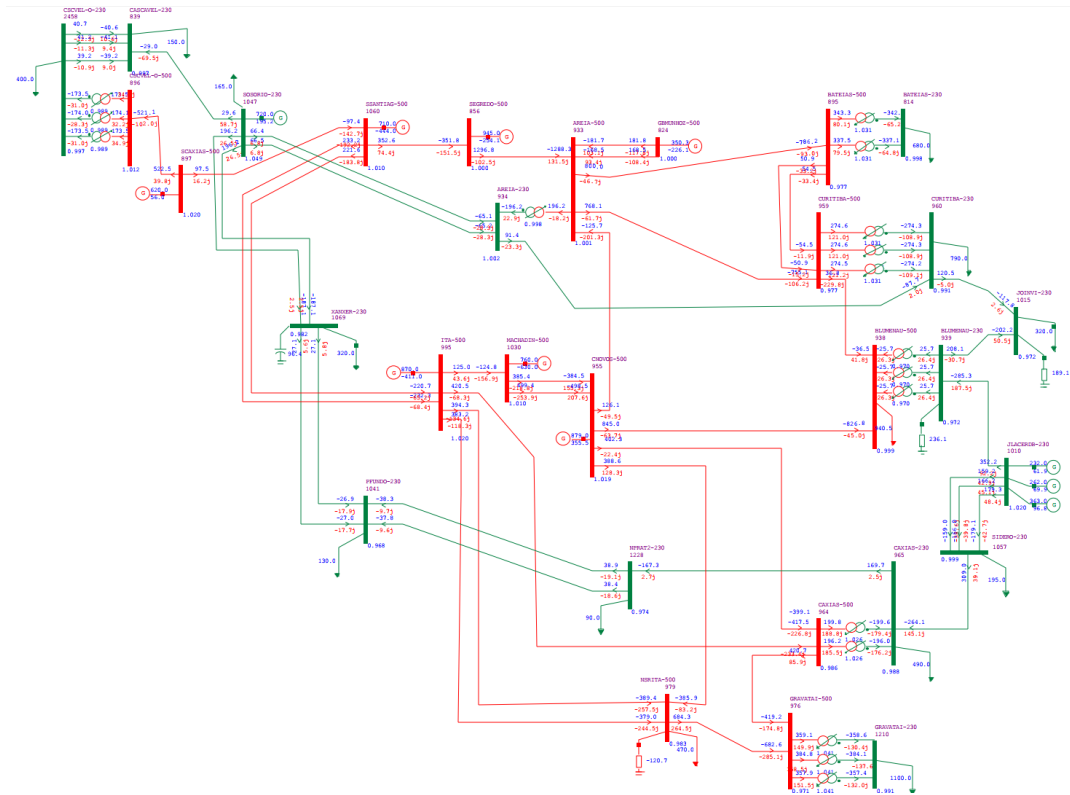
Fonte: (IBGE, 2020)

4.1.2 Sistema

Na Figura 4.1 é apresentado o diagrama unifilar do sistema-teste com 30 barras elaborado no ANAREDE, como dito anteriormente foi escolhida a região Sul do Brasil para realizar este estudo, portanto, este sistema também é denominado de subsistema Sul. Para construir o sistema foi pensado em posicionar os elementos de forma geograficamente condizente com a realidade, para assim se ter uma noção mais real do sistema. Os dados necessários para montar o diagrama foram extraídos no mapa do SINDAT no Operador Nacional do Sistema, disponível no site do ONS. O SINDAT é um aplicativo que disponibiliza informações relevantes do SIN, integrando, em um mesmo ambiente, mapas digitais e dados alfanuméricos da Base de Dados

Técnica da organização (Operador Nacional do Sistema, 2020c).

Figura 4.1 – Diagrama unifilar do subsistema Sul 30 barras proposto



Fonte: Elaborado pela autora

Foi considerada a malha de 500 kV da região Sul do Brasil, acoplado com um trecho em 230 kV, formando um anel. Vale ressaltar que, na Figura 4.1 os elementos que estão em vermelho representam o grupo base de tensão de 525 kV (grupo limite de tensão B) e em verde a base de tensão de 230 kV (grupo limite de tensão E). Lembrando que os equipamentos de 500 kV estão dimensionados para a tensão nominal do sistema de 525 kV. A diferença está na escolha da tensão base. A mesma não deve ser confundida com a tensão de operação, que em kV, é a mesma (ALVES, 2007).

Para acesso foi seguido o seguinte passo a passo: ONS -> Sobre o SIN -> Mapas -> Acesse o SINDAT, dessa forma, no SINDAT foram selecionadas as linhas de interesse e assim retirados os dados necessários para a montagem do sistema no ANAREDE. A escolha das linhas para fazer parte deste sistema levou em conta regiões importantes dentro da região Sul brasileira, como polos industriais, locais que apresentam usinas conectadas as mesmas.

Na Figura 4.2 é apresentado um print do site do SINDAT que mostra um recorte do mapa do Brasil com um zoom na região Sul, região escolhida para estudo, com as linhas de transmissão, subestações e usinas e na Figura 4.3 é apresentado um print com os dados de uma das linhas selecionadas para o estudo.

Figura 4.2 – Região Sul do Brasil mapa SINDAT



Fonte: (Operador Nacional do Sistema, 2020a)

Figura 4.3 – Dados da linha Areia-Salto Osório, presente no sistema construído

| ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico | |
|---|---|
| Relatório de Linha de Transmissão Exportar Imprimir | |
| Nome: | LT 230 kV AREIA / S. OSORIO C 2 PR |
| Tensão nominal (kV): | 230 |
| Agente: | CGT ELETROSUL - COMPANHIA DE GERAÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA DO SUL D |
| Tipo de rede: | Básica |
| Comprimento: | 160,3 KM |
| Data de entrada em operação: | 31/12/1990 |
| Resistência da sequência positiva: | 3,041 |
| Reatância de sequência positiva: | 15,718 |
| Susceptância de sequência positiva (Mvar): | 27,089 |
| Resistência de sequência zero (%): | |
| Reatância de sequência zero (%): | |
| Tipo de cabo pára-raios: | |
| Capacidade CPST de Longa Duração sem Fator Limitante (A): | 650 |
| Capacidade CPST de Longa Duração com Fator Limitante (A): | 650 |
| Capacidade CPST de Curta Duração sem Fator Limitante (A): | 819 |
| Capacidade CPST de Curta Duração com Fator Limitante (A): | 800 |
| Capacidade Sazonal VD de Longa Duração (A): | 650 |
| Capacidade Sazonal VN de Longa Duração (A): | 661 |
| Capacidade Sazonal ID de Longa Duração (A): | 650 |
| Capacidade Sazonal IN de Longa Duração (A): | 702 |
| Capacidade Sazonal VD de Curta Duração (A): | 819 |
| Capacidade Sazonal VN de Curta Duração (A): | 819 |
| Capacidade Sazonal ID de Curta Duração (A): | 819 |

Fonte: (Operador Nacional do Sistema, 2020a)

4.1.3 Dados do sistema-teste

Na Tabela 4.3 se encontra o número de elementos do sistema-teste.

Tabela 4.3 – Número de elementos do sistema teste

| Equipamento | Quantidade |
|--|------------|
| Barra | 30 |
| Linha | 46 |
| Transformador | 17 |
| Gerador Individualizado | 10 |
| Carga Individualizada | 2 |
| Motor/Gerador de Indução | 0 |
| Shunt de Barra Equivalente | 1 |
| Shunt de Linha Equivalente | 0 |
| Compensador Série | 0 |
| Compensador Estático | 0 |
| Bancos Shunt Individualizados de Barra | 3 |
| Bancos Shunt Individualizados de Linha | 0 |

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 4.4 apresenta a capacidade do sistema-teste, esta capacidade foi retirada do gerenciador de dados do ANAREDE.

Tabela 4.4 – Capacidade do Sistema Teste

| | |
|-----------------------|---------|
| Geração Ativa(MW) | 9916 |
| Geração Reativa(Mvar) | -789,39 |
| Carga Ativa(MW) | 6475,5 |
| Carga Reativa(Mvar) | 2030,5 |

Fonte: Elaborado pela autora

Para a montagem do sistema, tem-se que as barras são diferenciadas por tipo e área. No que se refere ao tipo, é o tipo de barra a ser representado nos dados de fluxo de potência, elas podem ser:

- Tipo referência: barra de referência ou swing
- Tipo PV: barra de tensão regulada ou de geração
- Tipo PQ: barra de carga

Em relação a área tem-se o número de identificação da área elétrica ao qual a barra pertence. A Tabela 4.5 apresenta as linhas do sistema-teste.

Tabela 4.5 – Dados das barras do sistema

| Número | Nome | Tipo | Tensão (kV) | Limite Tensão (p.u.) | | Tensão (p.u.) | Área |
|--------|--------------|------------|-------------|----------------------|------|---------------|------|
| | | | | Min | Máx | | |
| 814 | BATEIAS-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1 | 2 |
| 824 | GBMUNHOZ-500 | Referência | 525 | 0,8 | 1,2 | 1 | 1 |
| 839 | CASCAVEL-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 0,997 | 2 |
| 856 | SEGREDO-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1 | 1 |
| 895 | BATEIAS-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 0,983 | 1 |
| 896 | CSCVEL-O-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,012 | 1 |
| 897 | SCAXIAS-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,02 | 1 |
| 933 | AREIA-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,001 | 1 |
| 934 | AREIA-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,003 | 2 |
| 938 | BLUMENAU-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,022 | 1 |
| 939 | BLUMENAU-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1 | 2 |
| 955 | CNOVOS-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,019 | 1 |
| 959 | CURITIBA-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 0,985 | 1 |
| 960 | CURITIBA-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1 | 2 |
| 964 | CAXIAS-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 0,998 | 1 |
| 965 | CAXIAS-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,01 | 2 |
| 976 | GRAVATAI-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 0,978 | 1 |
| 979 | NSRITA-500 | PQ | 525 | 0,8 | 1,2 | 0,989 | 1 |
| 995 | ITA-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,02 | 1 |
| 1010 | JLACERDB-230 | PV | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,02 | 2 |
| 1015 | JOINVI-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,002 | 2 |
| 1030 | MACHADIN-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,01 | 1 |
| 1041 | PFUNDO-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 0,972 | 2 |
| 1047 | SOSORIO-230 | PV | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,049 | 2 |
| 1057 | SIDERO-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1,004 | 1 |
| 1060 | SSANTIAG-500 | PV | 525 | 0,8 | 1,2 | 1,01 | 1 |
| 1069 | XANXER-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 0,979 | 2 |
| 1210 | GRAVATAI-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 1 | 2 |
| 1228 | NPRAT2-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 0,993 | 2 |
| 2458 | CSCVEL-O-230 | PQ | 230 | 0,95 | 1,05 | 0,996 | 2 |

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 4.6 apresenta a legenda para compreender a Tabela 4.7 que apresenta os dados das linhas do sistema-teste.

Tabela 4.6 – Legenda tabela Dados de linha

| | |
|----------|---|
| De | Número de identificação da barra de origem |
| Para | Número de identificação da barra de destino |
| Nome | Nome de identificação do circuito |
| Tensão | Tensão nominal de operação do circuito, em kV |
| Circuito | Número de circuito |
| R+ | Resistência equivalente de sequência positiva do circuito, em % |
| X+ | Reatância equivalente de sequência positiva do circuito, em % |
| B | Susceptância shunt total do circuito, em MVar |
| CCN | Capacidade de carregamento do circuito em condições normais de operação, em MVA |
| CCE | Capacidade de carregamento do circuito em condições de emergência, em MVA |

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 4.7 pode-se encontrar os dados das linhas do sistema-teste.

Tabela 4.7 – Dados de linha

| De | Para | Nome | | Tensão (kV) | Circuito | R+ | X+ | B | CCN | CCE |
|------|------|----------------|-------------------|----------------|----------|--------|--------|--------|------|------|
| | | Barra DE | Barra PARA | | | | | | | |
| 839 | 1047 | Cascavel | Salto Osório | 230 | 1 | 1,22 | 7,69 | 13,81 | 323 | 378 |
| 839 | 2458 | Cascavel | Cascavel Oeste | 230 | 1 | 0,2 | 1,03 | 1,96 | 350 | 378 |
| 839 | 2458 | Cascavel | Cascavel Oeste | 230 | 2 | 0,18 | 1,08 | 2,14 | 357 | 410 |
| 839 | 2458 | Cascavel | Cascavel Oeste | 230 | 3 | 0,17 | 1,03 | 2,14 | 357 | 410 |
| 856 | 933 | Segredo | Areia | 525 | 1 | 0,05 | 0,65 | 80,493 | 2363 | 2728 |
| 856 | 1060 | Segredo | Salto Santiago | 525 | 1 | 0,06 | 0,7 | 85,746 | 2182 | 2182 |
| 896 | 897 | Cascavel Oeste | Salto Caxias | 525 | 1 | 0,05 | 0,74 | 79,518 | 1637 | 2062 |
| 933 | 824 | Areia | Gov. Bento Munhoz | 525 | 1 | 0,01 | 0,12 | 15,204 | 2182 | 2182 |
| 933 | 824 | Areia | Gov. Bento Munhoz | 525 | 2 | 0,01 | 0,13 | 15,428 | 2182 | 2182 |
| 933 | 895 | Areia | Bateias | 525 | 1 | 0,212 | 2,556 | 312,72 | 2110 | 2110 |
| 933 | 955 | Areia | Campos Novos | 525 | 1 | 0,16 | 2,05 | 250,17 | 2363 | 2728 |
| 933 | 959 | Areia | Curitiba | 525 | 1 | 0,216 | 2,69 | 336,4 | 2182 | 2182 |
| 934 | 960 | Areia | Curitiba | 230 | 1 | 4,476 | 23,973 | 41,6 | 618 | 706 |
| 934 | 1047 | Areia | Salto Osório | 230 | 1 | 3,045 | 15,736 | 27,123 | 259 | 319 |
| 934 | 1047 | Areia | Salto Osório | 230 | 2 | 3,041 | 15,718 | 27,089 | 259 | 319 |
| 938 | 955 | Blumenau | Campos Novos | 525 | 1 | 0,26 | 2,92 | 306,4 | 2037 | 2037 |
| 938 | 959 | Blumenau | Curitiba | 525 | 1 | 0,127 | 1,603 | 195,88 | 2110 | 2110 |
| 955 | 964 | Campos Novos | Caxias | 525 | 1 | 0,19 | 2,35 | 287,84 | 1688 | 1688 |
| 955 | 979 | Campos Novos | Nova Santa Rita | 525 | 1 | 0,17 | 2,82 | 0,39 | 2655 | 2655 |
| 959 | 895 | Curitiba | Bateias | 525 | 1 | 0,04 | 0,38 | 47,58 | 2110 | 2110 |
| 959 | 895 | Curitiba | Bateias | 525 | 2 | 0,035 | 0,409 | 50,782 | 2353 | 2997 |
| 960 | 1015 | Curitiba | Joinville | 230 | 1 | 1,826 | 9,336 | 16,845 | 350 | 378 |
| 964 | 976 | Caxias | Gravataí | 525 | 1 | 0,073 | 0,916 | 112,17 | 1688 | 1688 |
| 965 | 1057 | Caxias | Siderópolis | 230 | 1 | 4,53 | 22,532 | 39,646 | 973 | 1217 |
| 976 | 979 | Gravataí | Nova Santa Rita | 525 | 1 | 0,03 | 0,34 | 41,861 | 2110 | 2110 |
| 995 | 964 | Itá | Caxias | 525 | 1 | 0,1643 | 30,339 | 354,87 | 2182 | 2182 |
| 995 | 979 | Itá | Nova Santa Rita | 525 | 1 | 0,305 | 3,647 | 448,65 | 2110 | 2110 |
| 995 | 979 | Itá | Nova Santa Rita | 525 | 2 | 0,285 | 3,747 | 418,03 | 2282 | 2810 |
| 995 | 1030 | Itá | Machadinho | 525 | 1 | 0,07 | 0,92 | 112,26 | 2182 | 2182 |
| 995 | 1060 | Itá | Salto Santiago | 525 | 1 | 0,176 | 2,318 | 253,1 | 2464 | 3033 |
| 995 | 1060 | Itá | Salto Santiago | 525 | 2 | 0,163 | 2,204 | 265,05 | 2363 | 2728 |
| 1010 | 939 | J.Lacerda | Blumenau | 230 | 1 | 4,962 | 24,673 | 42,956 | 606 | 1917 |
| 1015 | 939 | Joinville | Blumenau | 230 | 1 | 1,271 | 6,562 | 11,305 | 243 | 305 |
| 1030 | 955 | Machadinho | Campos Novos | 525 | 1 | 0,05 | 0,59 | 71,818 | 2182 | 2182 |
| 1030 | 955 | Machadinho | Campos Novos | 525 | 1 | 0,03 | 0,46 | 58,138 | 2182 | 2182 |
| 1041 | 1228 | Passo Fundo | Nova Prata 2 | 230 | 1 | 3,73 | 18,91 | 33,77 | 160 | 227 |
| 1041 | 1228 | Passo Fundo | Nova Prata 2 | 230 | 2 | 3,734 | 19,171 | 33,131 | 160 | 227 |
| 1047 | 1069 | Salto Osório | Xanxerê | 230 | 1 | 2,5 | 15,74 | 27,712 | 417 | 450 |
| 1047 | 1069 | Salto Osório | Xanxerê | 230 | 2 | 3,139 | 16,076 | 28,211 | 417 | 417 |
| 1057 | 1010 | Siderópolis | J. Lacerda B | 230 | 1 | 0,94 | 4,842 | 8,349 | 243 | 306 |
| 1057 | 1010 | Siderópolis | J. Lacerda B | 230 | 2 | 0,9 | 4,637 | 7,98 | 243 | 306 |
| 1057 | 1010 | Siderópolis | J. Lacerda B | 230 | 3 | 0,63 | 4,3 | 8,548 | 301 | 378 |
| 1060 | 897 | Salto Santiago | Salto Caxias | 525 | 1 | 0,08 | 1,17 | 124,58 | 1637 | 2062 |
| 1069 | 1041 | Xanxerê | Passo Fundo | 230 | 1 | 1,539 | 7,758 | 13,517 | 259 | 326 |
| 1069 | 1041 | Xanxerê | Passo Fundo | 230 | 2 | 1,584 | 7,762 | 13,496 | 259 | 326 |
| 1228 | 965 | Nova Prata 2 | Caxias | 230 | 1 | 0,829 | 4,124 | 7,274 | 259 | 326 |

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 4.8 apresenta a legenda para compreender a Tabela 4.9 que apresenta os dados dos transformadores do sistema-teste.

Tabela 4.8 – Legenda tabela Dados transformadores

| | |
|------------|---|
| De | Número de identificação da barra de origem |
| Para | Número de identificação da barra de destino |
| Nome | Nome de identificação do transformador |
| Circuito | Número de identificação do transformador |
| RTC | Relação de transformação do transformador |
| R+(%) | Resistência equivalente de sequência positiva do transformador, em % |
| X+(%) | Reatância equivalente de sequência positiva do transformador, em % |
| Tap | Valor que o tape do transformador está setado, em pu |
| Tap mínimo | Valor mínimo que o tape do transformador pode assumir para transformadores com variação automática de tape, em pu |
| Tap máximo | Valor máximo que o tape do transformador pode assumir para transformadores com variação automática de tape, em pu |
| CN | Capacidade máxima de transformação em condições normais de operação, em MVA |
| CE | Capacidade máxima de transformação em condições de emergência, em MVA |

Fonte: Elaborado pela autora

Na Tabela 4.9 pode-se encontrar os dados dos transformadores do sistema-teste.

Tabela 4.9 – Dados dos transformadores

| De | Para | Nome | Circuito | RTC | R+(%) | X+(%) | Tap | Tap mínimo | Tap máximo | Potência | CN | CE |
|------|------|----------------|----------|---------|-------|--------|--------|------------|------------|----------|-----|-----|
| 814 | 895 | Bateias | 1 | 230/525 | 0,032 | 1,146 | 1,031 | 0,9 | 1,1 | 600 | 600 | 600 |
| 814 | 895 | Bateias | 2 | 230/525 | 0,03 | 11,651 | 1,031 | 0,9 | 1,1 | 600 | 600 | 600 |
| 934 | 933 | Areia | 1 | 230/525 | 0 | 1,21 | 0,9979 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 672 |
| 939 | 938 | Blumenau | 1 | 230/525 | 0,02 | 1,15 | 0,9695 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 939 | 938 | Blumenau | 2 | 230/525 | 0,02 | 1,15 | 0,9695 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 672 |
| 939 | 938 | Blumenau | 3 | 230/525 | 0,02 | 1,15 | 0,9695 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 672 |
| 960 | 959 | Curitiba | 1 | 230/525 | 0,032 | 1,28 | 1,031 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 960 | 959 | Curitiba | 2 | 230/525 | 0,031 | 1,28 | 1,031 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 960 | 959 | Curitiba | 3 | 230/525 | 0,032 | 1,28 | 1,031 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 672 |
| 965 | 964 | Caxias | 1 | 230/525 | 0,02 | 1,211 | 1,026 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 965 | 964 | Caxias | 2 | 230/525 | 0,02 | 1,233 | 1,026 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 1210 | 976 | Gravatá | 1 | 230/525 | 0,036 | 1,217 | 1,041 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 1210 | 976 | Gravatá | 2 | 230/525 | 0,039 | 1,138 | 1,041 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 1210 | 976 | Gravatá | 3 | 230/525 | 0,03 | 1,219 | 1,041 | 0,9 | 1,1 | 672 | 672 | 806 |
| 2458 | 896 | Cascavel Oeste | 1 | 230/525 | 0 | 1,27 | 0,9887 | 0,9 | 1,1 | 600 | 600 | 600 |
| 2458 | 896 | Cascavel Oeste | 2 | 230/525 | 0,02 | 1,27 | 0,9887 | 0,9 | 1,1 | 600 | 600 | 600 |
| 2458 | 896 | Cascavel Oeste | 3 | 230/525 | 0 | 1,27 | 0,9887 | 0,9 | 1,1 | 600 | 600 | 600 |

Fonte: Elaborado pela autora

A Tabela 4.10 apresenta a legenda para compreender a Tabela 4.11 que apresenta os dados dos bancos shunt do sistema-teste.

Tabela 4.10 – Legenda tabela Dados bancos shunt

| | |
|----------|---|
| Barra | Número da barra que o banco está conectado |
| Nome | Nome da barra que o banco está conectado |
| Tensão | Tensão nominal de operação do circuito, em kV |
| Potência | Potência Injetada na barra, em MVar |

Na Tabela 4.11 pode-se encontrar os dados dos bancos shunt do sistema-teste.

Tabela 4.11 – Dados bancos shunt

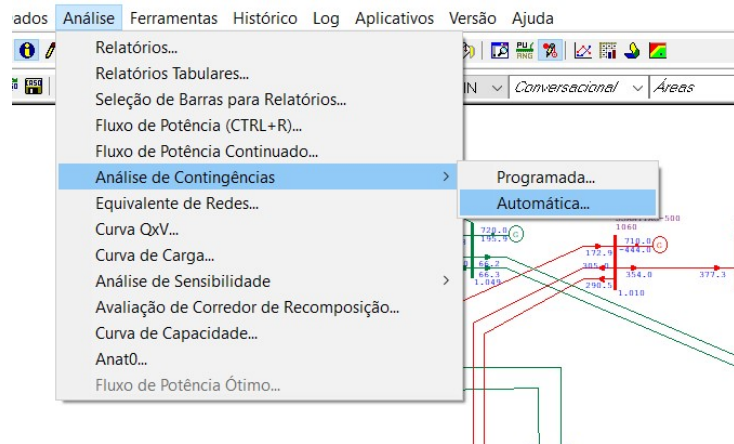
| Capacitores | | | |
|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Barra | Nome | Tensão (kV) | Potência (MVar) |
| 939 | Blumenau | 230 | 250 |
| 1069 | Xanxerê | 230 | 100 |
| 1015 | Joinville | 230 | 200 |
| Reatores | | | |
| Barra | Nome | Tensão (kV) | Potência (MVar) |
| 979 | Nova Santa Rita | 525 | 600 |
| 995 | Itá | 525 | 450 |
| 955 | Campos Novos | 525 | 200 |
| 965 | Caxias | 525 | 150 |
| 969 | Curitiba | 525 | 300 |
| 938 | Blumenau | 525 | 300 |
| 976 | Gravataí | 525 | 300 |

4.2 ESTUDO DO SISTEMA-TESTE

Para realizar os testes a fim de descobrir as linhas de transmissão que apresentassem sobrecarga foram seguidas algumas etapas:

1. Com o sistema pronto, foi rodado o fluxo de potência sem nenhuma contingência, ou seja, o caso base é a partir dele que é possível realizar a análise de contingência, visto que é necessário haver uma primeira convergência para do fluxo de potência para a análise de contingência.
2. Com o caso base, foi feita a análise de contingências da seguinte forma no ANAREDE: Análise > Análise de Contingências > Automática, a Figura 4.4 apresenta um print da tela do ANAREDE com esses passos.

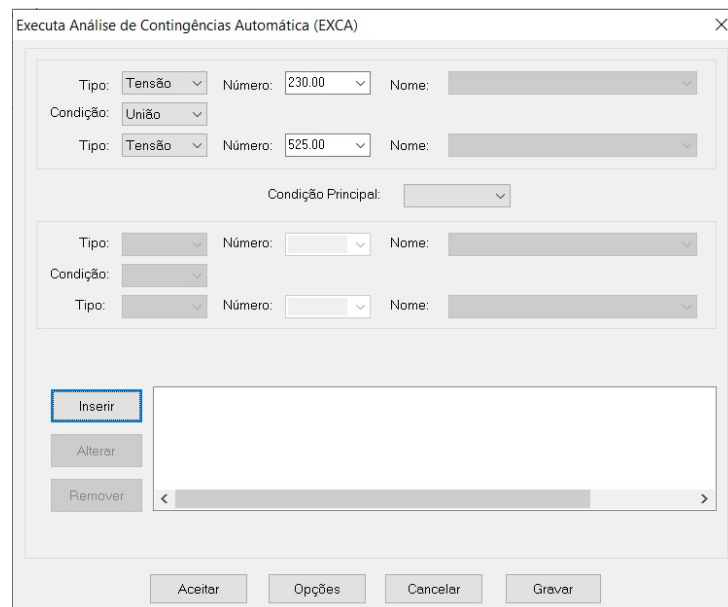
Figura 4.4 – Print da tela do ANAREDE demonstrando o passo a passo da etapa 2 descrita acima.



Fonte: Elaborado pela autora.

3. A Figura 4.5 mostra a janela que aparece após clicar em automática, nesta janela foi escolhido o tipo tensão para análise, assim foi feita a união entre as tensões do sistema que no caso são 230 e 525 kV.

Figura 4.5 – Print janela análise contingência automática

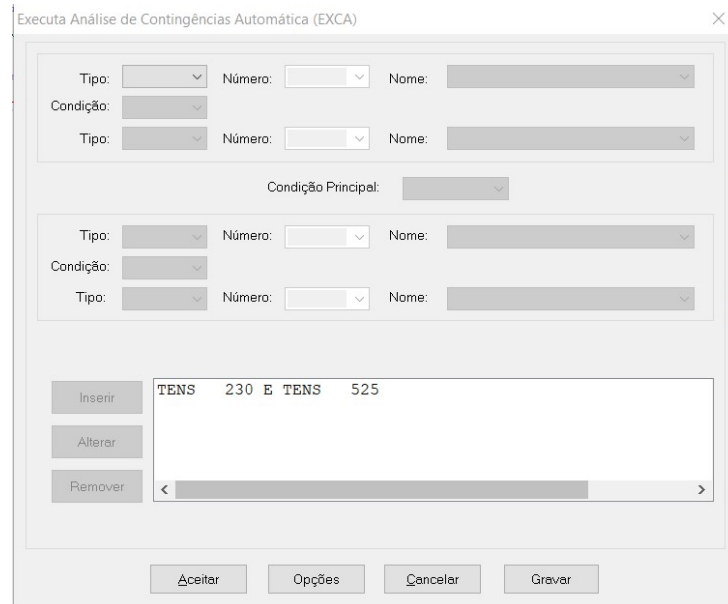


Fonte: Elaborado pela autora.

4. Com isso, foi inserida essa análise de tensão conforme a Figura 4.6 e e assim foi clicado no botão aceitar para por fim gerar um arquivo com os resultados da análise. Este arquivo é um relatório de execução da análise de contingência automática que apresenta todos os casos de monitoração de fluxo, tensão, geração e por fim lista um sumário de monitoração com os casos mais severos convergidos de Tensão, Fluxo, Fluxo/V e Geração e por fim

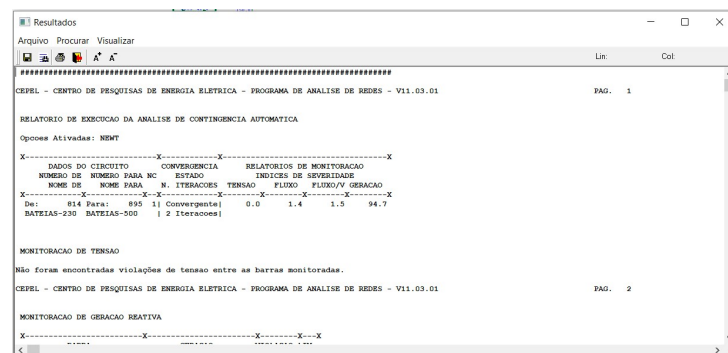
apresenta os circuitos com problemas de convergência. Por este arquivo ser extenso ele será anexado juntamente a este documento para visualização, a Figura 4.7 representa como ele é apresentado no ANAREDE.

Figura 4.6 – Print janela análise contingência mostrando a inserção do tipo de análise a ser realizado



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4.7 – Relatório com resultados da análise de contingência automática



Fonte: Elaborado pela autora.

- Do relatório gerado na simulação, os dados necessários para o estudo se encontram no sumário de monitoração, que apresenta os casos convergidos mais severos. Lembrando que severidade é o quanto a tensão desviou do normal. Para o caso que se quer estudar, é necessário utilizar as linhas que apresentam maior índice de severidade, visto que são elas que mais necessitam reforço.

Prioritariamente foram analisados os casos de fluxo, visto que são eles que geram sobrecarga nas linhas, a Figura 4.8 mostra as contingências que causam problemas de fluxo e será um

desses casos o escolhidos para estudo, o relatório com todos os casos convergidos se encontra completo no Apêndice A.

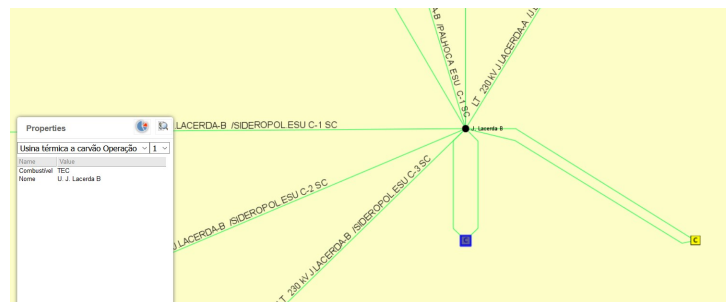
Figura 4.8 – Contingências de fluxo

| FLUXO | | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | |
|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| NUMERO VIOLACOES | INDICE SEVERIDADE | (%)INDICE SEVERIDADE | DE NOME DE PARA NOME PARA CIRC. |
| 2 | 2.3 | 2.3 | 1057 SIDERO-230 1010 JLACERDB-230 3 |
| 1 | 2.0 | 2.0 | 960 CURITIBA-230 1015 JOINVI-230 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 BATEIAS-230 895 BATEIAS-500 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 BATEIAS-230 895 BATEIAS-500 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1015 JOINVI-230 939 BLUMENAU-230 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1057 SIDERO-230 1010 JLACERDB-230 1 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1057 SIDERO-230 1010 JLACERDB-230 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 BLUMENAU-230 938 BLUMENAU-500 2 |

Fonte: Elaborado pela autora

Observando a Figura 4.8, nota-se que há tanto linhas quando transformadores sofrendo problemas de fluxo, para o estudo de caso serão utilizadas apenas as linhas já que a ideia é propor o recondutoramento nas mesmas. Além disso, serão estudados os casos em que o índice de severidade é maior ou igual a um. Assim, dos casos de linhas em contingência listados na Figura 4.8 foi escolhida a linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) C3, visto que a mesma apresenta o maior índice de severidade, sendo assim o pior caso e além disso é uma linha que está conectada a usina térmica de carvão J.Lacerda B, conforme mostra Figura 4.9, sendo uma linha de grande importância. Como os cálculos das perdas e VPL necessitam do comprimento da linha o mesmo foi retirado do site do ONS no mapa do SINDAT. A Tabela 4.12 mostra os dados retirados do SINDAT para a linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010).

Figura 4.9 – Usina térmica de carvão J.Lacerda B



Fonte: (Operador Nacional do Sistema, 2020a)

Tabela 4.12 – Dados da linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010)

| Nome da linha | Tensão (kV) | Comprimento da linha (km) | Peak Amps |
|-------------------------------------|-------------|---------------------------|-----------|
| Siderópolis(1057) - J.Lacerda(1010) | 230 | 47,11 | 755 |

Fonte: (Operador Nacional do Sistema, 2020a)

4.3 DEFINIÇÃO DOS CONDUTORES

A fim de analisar o condutor ACSR que está atualmente na linha em sobrecarga foram definidos 3 casos com condutores ACCC ® para se fazer a comparação e ver qual o melhor para aplicar no projeto de recondução, a ideia dos casos para comparação é pegar condutores ACCC ® com: mesmo diâmetro, mesma área de alumínio e mesmo peso que o condutor base.

O condutor base escolhido para o estudo foi o ACSR Grosbeak 636, visto que o mesmo é um dos mais utilizados nas linhas de transmissão brasileiras. A Tabela 4.13 apresenta os dados deste condutor, o catálogo utilizado para retirar os dados deste condutor se encontra no Anexo A .

Tabela 4.13 – Dados condutor ACSR Grosbeak - Condutor referência

| Cabo | AWG /MCM | Área | | | Diâmetro nominal do cabo mm | Massa | | | Resistência elétrica CC a 20°C Ω/km | Capacidade de corrente 75°C Ω/km |
|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------|--------|---------|--|---|
| | | Al | Aço | Total | | Al | Aço | Total | | |
| | | mm ² | mm ² | mm ² | | kg/km | kg/km | kg/km | | |
| Grosbeak | 636 | 321,84 | 52,49 | 374,34 | 25,15 | 892,44 | 409,28 | 1301,72 | 0,1077 | 873 |

Fonte: (ALUBAR, 2015)

Com o condutor base definido e os cenários de estudo traçados foi necessário encontrar condutores ACCC ® que tivessem então:

- Mesmo diâmetro que condutor base;
- Mesma área de alumínio que condutor base;
- Mesmo peso condutor base.

Como já dito anteriormente foi escolhido o condutor ACCC ® da CTC Global para realizar os estudos de comparação, portanto foi utilizado o catálogo da mesma, ele se encontra no Anexo B. Foram encontrados os cabos com valores próximos e até iguais ao do condutor ACSR Grosbeak 636 para os casos que se quer analisar. Abaixo seguem as tabelas com os dados dos mesmos.

Tabela 4.14 – Dados condutor ACCC ® Grosbeak - Condutor com mesmo diâmetro que o condutor base

| Cabo | AWG /MCM | Área mm ² | Diâmetro nominal do cabo mm | Massa kg/km | Resistência elétrica AC a 75°C Ω/km | Capacidade de corrente 75°C A |
|----------|----------|-------------------------|--------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|
| | | | | | 0,0829 | 898 |
| Grosbeak | 821 | 416,2 | 25,15 | 1244 | 0,0829 | 898 |

Fonte: (CTC Global, 2019)

Tabela 4.15 – Dados condutor ACCC ® Lubbock - Condutor com mesmo peso que o condutor base

| Cabo | AWG /MCM | Área | Diâmetro nominal do cabo | Massa | Resistência elétrica AC a 75°C | Capacidade de corrente 75°C |
|---------|----------|-----------------|--------------------------|-------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | mm ² | mm | kg/km | Ω/km | A |
| Lubbock | 904 | 458 | 26,42 | 1375 | 0,0752 | 956 |

Fonte: (CTC Global, 2019)

Tabela 4.16 – Dados condutor ACCC ® Lisbon - Condutor com mesma área de alumínio que o condutor base

| Cabo | AWG /MCM | Área | Diâmetro nominal do cabo | Massa | Resistência elétrica AC a 75°C | Capacidade de corrente 75°C |
|--------|----------|-----------------|--------------------------|-------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | mm ² | mm | kg/km | Ω/km | A |
| Lisbon | 623 | 315,5 | 21,79 | 946 | 0,1088 | 755 |

Fonte: (CTC Global, 2019)

Em resumo os foram realizados quatro estudos de caso para cada linha contingenciada, sendo que o primeiro caso serviu como base para fazer as comparações com os demais. Os estudos de casos propostos são descritos na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 – Projetos propostos

| Caso | Tipo de projeto | Condutor escolhido |
|------|--|---------------------|
| 1 | Caso referência | ACSR 636 Grosbeak |
| 2 | Recondutoramento com condutor ACCC ® de mesmo diâmetro que o condutor base | ACCC ® 821 Grosbeak |
| 3 | Recondutoramento com condutor ACCC ® de mesma área de alumínio que o condutor base | ACCC ® 623 Lisbon |
| 4 | Recondutoramento com condutor ACCC ® de mesmo peso que o condutor base | ACCC ® 904 Lubbock |

Fonte: Elaborado pela autora

4.4 CÁLCULOS DE PERDAS E VALOR PRESENTE LÍQUIDO

A fim de auxiliar os cálculos de perdas e valor presente líquido, para verificar as vantagens da aplicação do condutor ACCC ® em comparação com o ACSR. Para realização do cálculo de perdas nas linhas, alguns fatores tiveram que ser escolhidos:

- Custo marginal de energia: 217,00 R\$/MWh, o mesmo foi retirado do leilão de transmissão de 2017;

- Fator de perda calculado em 35,2%, considerando um fator de carga de 55%.

Este cálculo resulta no valor das perdas em R\$/km ao ano.

Com o valor das perdas pode ser realizado o cálculo do valor presente líquido para os quatro casos a serem analisados para cada linha contingenciada. Foram estabelecidos os valores de:

- Taxa de juros ao ano = 8%;
- Período de análise = 30 anos.

Com o VPL calculado é necessário analisar os quatro cenários para verificar o melhor para se aplicar em cada linha, economicamente falando. Abaixo seguem as seções com os cálculos para cada caso.

4.4.1 Caso 1 - Referência - Condutor ACSR 636 GROSBEAK

O condutor ACSR 636 Grosbeak possui uma resistência à 75 °C de 0,1077 Ω/km. O procedimento de cálculo de perdas em R\$/km será descrito abaixo:

Primeiro calculou-se a potência em watts da linha sobrecarregada:

$$P = R \times I^2 = 0,1077 \times 755^2 = 61.391,69W \quad (4.1)$$

Passando esse valor de W para MW temos:

$$P = 61.391,69 \times 10^{-6} = 0,061391691MW \quad (4.2)$$

As perdas anuais em MWh/km são calculadas conforme a equação 4.3

$$Perdas_{MWh/km} = P_{MW} \times 8.760 = 0,061391691 \times 8.760 = 537,79MWh/km \quad (4.3)$$

Para calcular o custo das perdas é necessário calcular o fator de perdas, portanto o fator de perdas é calculado conforme a equação 4.4, o fator de carga considerado foi de 55%

$$Fator_{perdas} = Fator_{carga} \times 0,2 + Fator_{carga}^2 \times 0,8 = 0,55 \times 0,2 + 0,55^2 \times 0,8 = 0,352 \quad (4.4)$$

Agora com o fator de perdas determinado é possível calcular o custo das perdas.

$$Custo_{perdasanuais} = 537,79 \times 0,352 \times 217 = 41078,65R\$/km.ano \quad (4.5)$$

Multiplicando o custo de perdas pelo comprimento da linha têm-se:

$$Custo_{perdasanuais} = 41.078,65 \times 47,11 = 1.935.214,97R\$/ano \quad (4.6)$$

Com o custo de perdas anuais foi calculado o valor presente líquido que é demonstrado na equação 4.7

$$VPL = \sum_{n=1}^{30} \frac{1.935.214,97}{(1+0,08)^n} = 21.786.230,82R\$ \quad (4.7)$$

4.4.2 Caso 2 - Condutor com mesmo diâmetro que condutor referência - Condutor ACCC ® 821 GROSBEAK

O condutor ACCC ® 821 Grosbeak possui uma resistência à 75 °C de 0,0829 Ω. O procedimento de cálculo de perdas em R\$/km será descrito abaixo:

Primeiro calculou-se a potência em watts da linha sobrecarregada:

$$P = R \times I^2 = 0,0829 \times 755^2 = 47.255,07W \quad (4.8)$$

Passando esse valor de W para MW temos:

$$P = 47.255,07 \times 10^{-6} = 0,04725507MW \quad (4.9)$$

As perdas anuais em MWh/km são calculadas conforme a equação 4.10

$$Perdas_{MWh/km} = P_{MW} \times 8.760 = 0,04725507 \times 8.760 = 413,95MWh/km \quad (4.10)$$

O custo das perdas anuais é dado por:

$$Custo_{perdasanuais} = 413,95 \times 0,352 \times 217 = 31.619,50R\$/km.ano \quad (4.11)$$

Multiplicando o custo de perdas pelo comprimento da linha têm-se:

$$Custo_{perdasanuais} = 31619,50 \times 47,11 = 1.489.594,44R\$/ano \quad (4.12)$$

Com o custo de perdas anuais foi calculado o valor presente líquido que é demonstrado na equação 4.13

$$VPL = \sum_{n=1}^{30} \frac{1.489.594,44}{(1+0,08)^n} = 9.223.242,29R\$ \quad (4.13)$$

4.4.3 Caso 3- Caso com mesma área de alumínio ACCC ® 623 Lisbon

O condutor ACCC ® 623 Lisbon possui uma resistência à 75 °C de 0,1088 Ω. O procedimento de cálculo de perdas em R\$/km será descrito abaixo.:

Primeiro calculou-se a potência em watts da linha sobrecarregada:

$$P = R \times I^2 = 0,1088 \times 755^2 = 62.018,7W \quad (4.14)$$

Passando esse valor de W para MW temos:

$$P = 62.018,7 \times 10^{-6} = 0,0620187MW \quad (4.15)$$

As perdas em MWh/km são calculadas conforme a equação 4.16

$$Perdas_{MWh/km} = P_{MW} \times 8.760 = 0,0620187.8760 = 543,3MWh/km \quad (4.16)$$

O custo das perdas anuais é dado por:

$$Custo_{perdasanuais} = 543,3 \times 0,352 \times 217 = 41.498,20R\$/km \quad (4.17)$$

Multiplicando o custo de perdas pelo comprimento da linha têm-se:

$$Custo_{perdasanuais} = 41.498,20 \times 47,11 = 1.954.980,39R\$/ano \quad (4.18)$$

Com o custo de perdas anuais foi calculado o valor presente líquido que é demonstrado na equação 4.19.

$$VPL = \sum_{n=1}^{30} \frac{1.954.980,39}{(1 + 0,08)^n} = 12.104.810,14R\$/km \quad (4.19)$$

4.4.4 Caso 4- Caso com mesmo peso ACCC ® 904 Lubbock

O condutor ACCC ® 904 Lubbock possui uma resistência à 75 °C de 0,0752 Ω. O procedimento de cálculo de perdas em R\$/km será descrito abaixo.:

Primeiro calculou-se a potência em watts da linha sobrecarregada:

$$P = R \times I^2 = 0,0752 \times 755^2 = 42.865,88W \quad (4.20)$$

Passando esse valor de W para MW temos:

$$P = 42.865,88 \times 10^{-6} = 0,04286588MW \quad (4.21)$$

As perdas em MWh/km são calculadas conforme a equação 4.22

$$Perdas_{MWh/km} = P_{MW} \times 8.760 = 0,04286588 \times 8.760 = 375,51MWh/km \quad (4.22)$$

O custo das perdas anuais é dado por:

$$Custo_{perdasanuais} = 375,51 \times 0,352 \times 217 = 28.682,58R\$/km \quad (4.23)$$

Multiplicando o custo de perdas pelo comprimento da linha têm-se:

$$Custo_{perdasanuais} = 28.682,58 \times 47,11 = 1.351.236,45R\$/ano \quad (4.24)$$

Com o custo de perdas anuais foi calculado o valor presente líquido que é demonstrado na equação 4.25

$$VPL = \sum_{n=1}^{30} \frac{1.351.236,45}{(1 + 0,08)^n} = 8.366.559,95R\$/km \quad (4.25)$$

Realizados os cálculos para os 4 casos estão apresentados na Tabela 4.18 os valores obtidos:

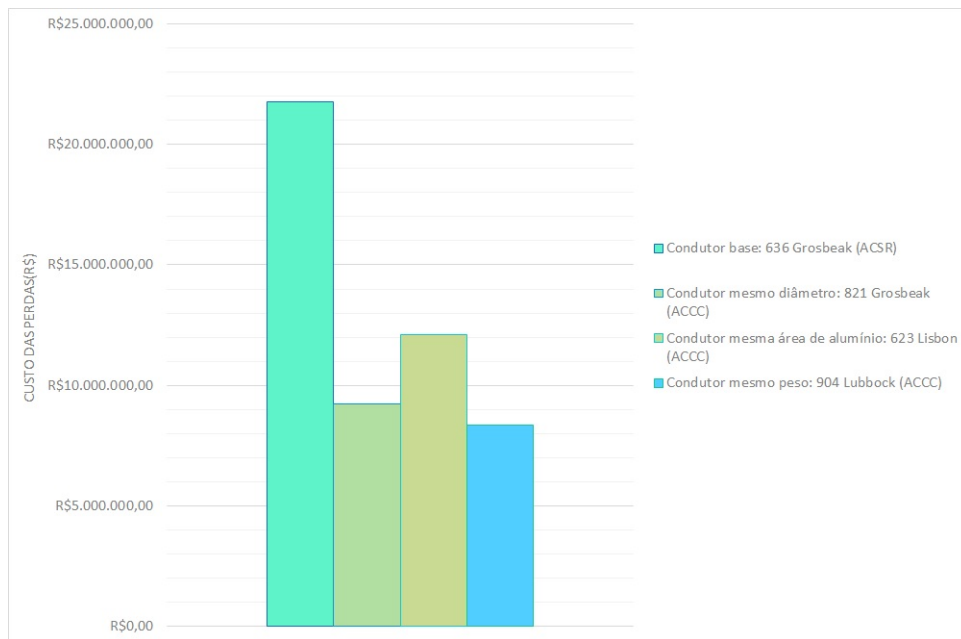
Tabela 4.18 – Resultados obtidos nos cálculos para os 4 casos

| Projeto | 1 - ASCR 636 GROSBEAK | 2 - ACCC ® 821 GROSBEAK | 3 - ACCC ® 623 LISBON | 4 - ACCC ® 904 LUBBOCK |
|-----------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Potência (W) | 61391,69 | 47255,07 | 62018,7 | 42865,88 |
| Perdas (R\$/km) | 41.078,65 | 31.619,50 | 41.498,20 | 28.682,58 |
| Perdas (R\$) | 1.935.214,97 | 1.489.594,44 | 1.954.980,39 | 1.351.236,45 |
| VPL (R\$) | 21.786.230,82 | 9.223.242,29 | 12.104.810,14 | 8.366.559,95 |

Fonte: Elaborado pela autora

Na Figura 4.10 é apresentado um gráfico com o valor presente líquido em R\$/km para a linha com os 4 casos.

Figura 4.10 – VPL em R\$ numa linha com o condutor base(ACSR) e os condutores ACCC ®



Fonte: Elaborado pela autora

Analisando o gráfico da Figura 4.10 e os valores obtidos na Tabela 4.18 é possível notar que o cenário que apresenta o menor VPL é o condutor ACCC ® com mesmo peso, Lubbock 904. Vale ressaltar que como está sendo analisado as perdas no condutor é para o menor VPL que se tem interesse já que é ele quem irá apresentar as menores perdas.

4.5 ANÁLISE DE FATORES ELÉTRICOS E MECÂNICOS

É válido ressaltar também que muitas vezes o caso que apresenta o menor VPL nem sempre é o que irá entregar as melhores condições para expansão da capacidade de transmissão da linha. Por isso que se faz necessário realizar a análise comparativa de redução de perdas na linha, economia na geração e relação flecha/tensão entre os condutores. Essas comparações foram feitas utilizando o CCP (*Conductor Comparisson Program*), um programa disponibilizado pela CTC Global que realiza estas comparações e gera relatórios que mostrem os dados e auxiliie no objetivo que é encontrar o condutor que melhor se encaixa no projeto de recondutoramento na linha em estudo.

4.5.1 Resultados do relatório do CCP

Do relatório do CCP foram retirados dados como toda parte da análise econômica comparativa, a mesma se apresenta na Tabela 4.19. No Apêndice B se encontra o relatório completo.

Tabela 4.19 – Análise econômica obtida no relatório do CCP

| | 1 - ASCR 636 GROSBEAK | 2 - ACCC ® 821 GROSBEAK | 3 - ACCC ® 623 LISBON | 4 - ACCC ® 904 LUBBOCK |
|---|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Temperatura (°C) em estado estacionário a máxima capacidade (A) | 50 | 45 | 52 | 43 |
| Resistência em pico de corrente de operação (ohms/km) | 0,09893 | 0,07469 | 0,10063 | 0,06733 |
| Perdas na linha no primeiro ano (MWh) | 26.297 | 19.855 | 26.751 | 17898 |
| Redução de perdas na linha no primeiro ano (MWh) | - | -6.441 | 454 | -8399 |
| Redução de perdas na linha no primeiro ano (%) | - | -24 (%) | 2 (%) | -32 (%) |
| Redução de perdas na linha em 30 anos (R\$) | - | 41.933.185 | -2.955.012 | 54.674.781 |
| Redução de perdas por metro do condutor de referência(R\$/m/Ano) | - | 9,89 | -0,70 | 12,90 |
| Redução de geração de CO ₂ no primeiro ano x condutor de referência (tonelada) | - | -6396 | 451 | -8.340 |
| Redução da geração de CO ₂ em 30 anos x condutor de referência (tonelada) | - | -191.888 | 13.522 | -250.194 |

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados da Tabela 4.19 para o Lubbock são os melhores dentre todos os casos, pois é ele que apresenta a maior redução de perdas na linha e também de geração de CO₂.

Além da análise econômica, também foi levada em conta as comparações a respeito da economia de geração. Os dados das comparações estão apresentados na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 – Dados sobre economia na geração obtidos no relatório do CCP

| | 1 - ASCR 636 GROSBEAK | 2 - ACCC ® 821 GROSBEAK | 3 - ACCC ® 623 LISBON | 4 - ACCC ® 904 LUBBOCK |
|--|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Capacidade adicional de geração para suprir perdas (MW) | 3,00 | 2,27 | 3,05 | 2,04 |
| Diferença na capacidade de geração x condutor de referência (MW) | - | -0,74 | 0,05 | -0,96 |
| Redução do capital de geração instalada x condutor de referência | - | -735.000 | 52.000 | -959.000 |

Fonte: Elaborado pela autora

Da Tabela 4.20 observa-se que o Lubbock apresenta a menor capacidade de geração para suprir perdas o que é bastante vantajoso e também apresenta a maior redução de capital instalada.

4.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em resumo o melhor caso entre todos os condutores ACCC ® é o Lubbock 904, ele que apresenta o menor o VPL; a maior redução de perdas na LT, no capital de geração instalada e também em geração de CO₂. No entanto, o peso deste condutor é ligeiramente maior que o do Grosbeak 636, logo para utilizar este condutor no projeto de recondutoramento deveriam ser alterados não somente o condutor como também os esforços nas estruturas da linha, que deveriam ter que suportar um peso maior que o do Grosbeak 636. Ou seja, a proposta de ter um custo que envolva apenas a troca do condutor pode não ser mais válida devido a um gasto também com a parte estrutural, além disso, com esses resultados fica é notório que por mais que este caso apresente valores satisfatórios o mesmo não apresenta a melhor condição para o projeto de expansão da capacidade de transmissão.

Assim, ficam os casos de mesmo diâmetro, Grosbeak 821, e mesma área de alumínio, Lisbon 623, para análise. Comparando o VPL dos dois, o caso de mesma área de alumínio apresenta um valor superior ao de mesmo diâmetro, e como o VPL para este caso significa os custos das perdas nas linhas, e como o objetivo é a busca pelo menor, desta forma o mais vantajoso é Grosbeak 821.

Analisando as perdas na linha o Grosbeak 821 apresenta 24% de redução de perdas na linha, enquanto o Lisbon 623 apresenta 2% de redução, ou seja, o Grosbeak apresenta maior vantagem no quesito redução de perdas. Este condutor também apresenta vantagens na economia de geração quando comparado ao Lisbon 623, visto que a redução do capital de geração instalada do Grosbeak é de 735 mil enquanto para o Lisbon 623 é 52 mil.

Em resumo apesar do Lisbon 623 apresentar valores satisfatórios e até inferiores que aos do Grosbeak 821 em geral o Grosbeak apresenta vantagens superiores aos do Lisbon principalmente no quesito de redução de perdas nas linhas, um ponto importante para um projeto de recondutoramento, além de apresentar vantagens econômicas para a geração e mecânicas para as estruturas.

Assim, após as diversas análises feitas é possível concluir que o Grosbeak 821 é o melhor condutor para ser aplicado no projeto de recondutoramento, portanto o caso de condutor de mesmo diâmetro que o condutor referência é o escolhido para ser aplicado no projeto de recondutoramento da linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010).

É válido ressaltar que como um projeto de recondutoramento visa a troca do condutor sem alterações na estrutura da LT principalmente nos esforços da mesma, o condutor escolhido precisa estar de acordo com essas especificações para aplicação do projeto, ou seja, a tração deve se manter igual ou abaixo do valor atual. E observando o peso do condutor ACCC ® Grosbeak 821, 1244 kg/km, nota-se que ao comparar com o valor do ACSR Grosbeak 636, 1301,72 kg/km, o peso do condutor escolhido é inferior ao do referência, e como o ideal é a tração estar num valor inferior ou igual esse dado mostra que de certa forma a estrutura da LT vai estar com uma relativa folga e assim não serão necessários esforços estruturais na mesma.

Mais ainda, como o peso é inferior consequentemente a flecha será menor também.

Portanto com as análises dos resultados obtidos no estudo foi possível provar que o condutor ACCC ® Grosbeak 821 pode ser utilizado no projeto de recondutoramento da linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010), visto que com o mesmo será necessário apenas a troca do condutor, que é o objetivo inicial.

4.7 PROJETO DE RECONDUTORAMENTO COM O CONDUTOR ESCOLHIDO

A fim de verificar se o problema de sobrecarga na linha foi sanado com o condutor ACCC ® escolhido, os dados do mesmo foram colocados na linha estudada no *software* ANAREDE e assim foi repetido novamente todo o processo citado na Seção 4.2.

Os dados do ACCC ® Grosbeak 821 se encontram na Tabela 4.14 e os dados da linha na Tabela 4.12, e serão eles os usados no ANAREDE. Os valores alterados são resistência que é $0,0829 \Omega$ e a capacidade normal, no entanto a capacidade normal é um valor em MVA e como na Tabela 4.14 o valor dado é em Amperes será feito um cálculo através da equação 4.26 para obter o valor em MVA.

$$S = I \cdot \sqrt{3} \cdot V \quad (4.26)$$

O valor de tensão utilizado é o valor da tensão da linha que no caso é 230 kV.

$$S = 755 \cdot \sqrt{3} \cdot 230k = 300,77MVA \quad (4.27)$$

Assim esses valores foram inseridos no ANAREDE como mostra a Figura 4.11.

Figura 4.11 – Dados da linha: Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) com os valores já alterados

Dados de Circuito CA (DLIN) X

Circuito

Barra De: 1057 Nome: SIDERO-230 Ligado

Barra Para: 1010 Nome: JLACERDB-230 Ligado

Número: 3 Circuitos existentes

Barra Proprietária

De Para

Barra Controlada

Direção De Direção Para

Ligado

Capacidade

Normal: 300. MVA

Emergência: 280. MVA

Equipamento: 280. MVA

Resistência: .0829 %

Reatância: 4.3 %

Susceptância: 8.548 Mvar

Tap

Especificado:

Mínimo:

Máximo:

Defasamento: graus

Steps:

Controle Congelado

Agregadores

Tensão Barra

p.u.

Tensão Especificada

Shunt Equivalente

Injeção De: Mvar

Injeção Para: Mvar

Shunt Individualizado (DBSH)

Injeção De: 0 Mvar

Injeção Para: 0 Mvar

Fonte: Elaborado pela autora

Com os dados alterados, foi repetido o processo descrito na Seção 4.2 e assim gerado novamente um novo relatório, como o objetivo é a verificação da solução do problema de sobrecarga na linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) foi observado diretamente a parte de fluxo do relatório. A Figura 4.12 apresenta as contingências que causam problemas de fluxo após a alteração dos dados de condutor da linha em estudo, o relatório completo está no Apêndice C.

Figura 4.12 – Novas contingências de fluxo

| X----- FLUXO -----X----- | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------|----------------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| NUMERO VIOLACOES | INDICE SEVERIDADE | (%)INDICE SEVERIDADE | DE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | NOME DE PARA | | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- |
| 1 | 2.0 | 2.0 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | | | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | | | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | | | 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | | | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | | | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | | | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | | | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | | | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | | | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | | | 1 |

Fonte: Elaborado pela autora

Observando a Figura 4.12 nota-se que a linha Siderópolis (1057) - J.Lacerda B (1010) não apresenta nenhuma violação e o índice de severidade da mesma é zero. Portanto a linha não apresenta mais problemas de sobrecarga após a aplicação do condutor ACCC® Grosbeak

821 e com isso prova-se que a utilização de um condutor de alumínio com núcleo de fibras de carbono é uma solução para problemas de sobrecarga nas linhas.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve por objetivo apresentar a proposta de solução de recondutoramento para LT's sobrecarregadas na região sul do Brasil. Foram apresentados a atual situação do sistema de transmissão brasileiro, descritas as características dos condutores ACSR e ACCC®.

Através do programa ANAREDE, foi possível identificar as linhas que apresentavam sobrecarga através da Análise de Contingência Automática. Das contingências de fluxo apresentadas no relatório de análise de contingências foi escolhida a linha que apresentou maior índice de severidade, ou seja, o pior caso e assim os estudos de comparação entre os condutores foi realizado em cima desta linha.

Foram escolhidos 3 condutores ACCC® para fazer comparação com o ACSR, o condutor referência que atualmente está na LT. A escolha dos mesmos se deu utilizando ACCC® que apresentassem uma característica igual ao do ACSR, sendo assim foram escolhidos os casos de: mesmo diâmetro, mesmo peso e mesma área de alumínio que o condutor referência.

Nos estudos de caso realizados foram feitos cálculos de perdas e Valor Presente Líquido para cada caso do condutor ACCC® e também o ACSR. Mais ainda, no programa *Conductor Comparison Program* disponibilizado pela CTC Global foram realizadas comparações de fatores elétricos e mecânicos de cada condutor. Estes estudos mostraram que os cabos condutores ACCC® oferecem um aumento da capacidade de transmissão por apresentar valores superiores aos condutores tradicionais como também um peso inferior aos condutores tradicionais. No entanto alguns casos apresentaram desvantagens para a aplicação no projeto de recondutoramento, visto que o mesmo visa apenas a alteração do condutor sem alterar esforços na LT, estes casos apresentaram possíveis alterações na parte estrutural da linha portanto não são viáveis para o projeto em estudo.

Após análises dos resultados foi escolhido o condutor que apresentou maiores vantagens tanto econômicas quanto elétricas e mecânicas. Em seguida os dados do condutor foram colocados na linha em estudo a fim de verificar se o problema de sobrecarga foi resolvido com a alteração do condutor, para isso foi novamente utilizado o ANAREDE e refeita a Análise de Contingência Automática. No relatório de simulação observou-se que a linha em estudo não apresentava mais sobrecarga, com isso foi possível provar que a utilização do condutor ACCC® é uma solução para o problema de sobrecarga na linha.

Como sugestão de trabalho futuro:

- Realização de um estudo sobre o impacto do desligamento da linha para execução da obra de recondutoramento;
- Realização de um estudo de verificação da possibilidade de executar a prova no período de baixa carga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAL. **Cabos para transmissão**. ABAL, 2019. Acesso em 02 fev. 2021. Disponível em: <<https://abal.org.br/aplicacoes/industria-eletrica/cabos-para-transmissao/>>.

ALUBAR. **Catálogo Técnico Condutores Elétricos de Alumínio**. [S.l.], 2015. Acesso em 17 dez. 2020. Disponível em: <https://alubar.net.br/img/site/arquivo/201023_Cat_Tec_Alubar_Aluminio_2015.pdf>.

ALVES, W. F. **Proposição de Sistemas-teste para análise computacional de sistemas de potência**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Aplicações (Computação em Potência)) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

ANEEL, A. N. de E. E. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil - 3ª Edição**. [S.l.], 2008. Acesso em 15 out. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b7-514d-5f19-16cef60679fb>.

Cepel. **ANAREDE - Análise de Redes Elétricas**. Cepel, 2018. Acesso em 02 fev. 2021. Disponível em: <http://www.cepel.br/pt_br/produtos/anarede-analise-de-redes-eletricas.htm>.

Condu spar Condutores Elétricos. **Alumínio com Alma de Aço CAA**. 2017. Acessado em 10 dez. 2019. Disponível em: <<https://conduspar.com.br/produtos/cabos-nus/aluminio-com-alma-de-aco-cao/>>.

_____. **Cabo de Alumínio com Núcleo em Compósito ACCC ®**. 2017. Acessado em 10 dez. 2019. Disponível em: <<https://conduspar.com.br/produtos/linhas-especiais/cabo-de-aluminio-com-nucleo-em-composito-acc/>>.

CTC Global. **ACCC Conductor Data Sheets**. [S.l.], 2019. Acesso em 05 jan. 2021. Disponível em: <<https://ctc-media.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/20200302142422/ACCC-Conductor-List-2019-v1.6.pdf>>.

_____. **CCP Software**. CTC Global, 2020. Acesso em 02 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.ctcglobal.com/ccp-software/>>.

ELETROBRÁS. **Manual do Usuário - Programa Análise de Redes**. [S.l.], 2020. Acesso em 05 jan. 2021.

Foss, S. D.; Lin, S. H.; Fernandes, R. A. Dynamic thermal line ratings part i dynamic ampacity rating algorithm. **IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems**, PAS-102, n. 6, p. 1858–1864, 1983.

GLOBAL, C. **Engineering Transmission Lines with High Capacity Low Sag ACCC Conductors**. [S.l.]: CTC Global, 2011. 249 p.

IBGE. **Cidades e Estados**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Acesso em 02 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados.html?view=municipio>>.

_____. **Produto Interno Bruto - PIB**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020. Acesso em 02 fev. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php?fbclid=IwAR39FPnkkTSsL0ouPdYwFGM5bHGH1kVBkYaukjy-AUAHX5UwqVjDpxYfMII>>.

Operador Nacional do Sistema. **SINDAT - Sistema de Informações Geográficas Cadastrais do SIN**. ONS, 2020. Acesso em 17 dez. 2020. Disponível em: <<http://sindat.ons.org.br/SINDAT/Home/ControleSistema>>.

_____. **Sobre o SIN: Sistemas isolados**. ONS, 2020. Acesso em 03 nov. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/sistemas-isolados>>.

_____. **Sobre o SIN: Mapas**. ONS, 2020. Acesso em 03 nov. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>.

Plano Elétrico de Médio Prazo do SIN (PAR/PEL) 2021-2025. **O sistema em números: Extensão da rede básica de transmissão**. ONS, 2020. Acesso em 15 out. 2020. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>.

PUCCINI, A. de L. **Matemática financeira: Objetiva e aplicada**. São Paulo: Elsevier, 2011. 360 p.

APÊNDICE A – RELATÓRIO ANÁLISE DE CONTINGÊNCIAS AUTOMÁTICA

SUMARIO DE MONITORACAO (CASOS MAIS SEVEROS - CASOS CONVERGIDOS)

| X----- TENSÃO -----X----- | | | | | | | |
|---------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|--------|--------------|--------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | PARA | CIRC. |
| X----- | X----- | X----- | X----- | X----- | X----- | X----- | X----- |
| 4 | 387.1 | 387.1 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 3 | 376.8 | 376.8 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |
| 3 | 376.8 | 376.8 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 5 | 362.3 | 362.3 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 4 | 301.3 | 301.3 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 1 | 200.3 | 200.3 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 1 | 24.3 | 24.3 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 3 | 5.6 | 5.6 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 3 | 2.9 | 2.9 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 1 | 2.2 | 2.2 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 1 | 1.3 | 1.3 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |

| X----- FLUXO -----X----- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- | X-----X----- |
| 2 | 2.3 | 2.3 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 1 | 2.0 | 2.0 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |

| X----- FLUXO/V -----X----- | | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X |
| 2 | 2.2 | 2.2 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 1 | 2.2 | 2.2 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 1 | 1.5 | 1.5 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.5 | 1.5 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 1 | 1.3 | 1.3 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCABEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCABEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCABEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCABEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |

| X----- GERACAO -----X-----X | | | | | | |
|-----------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------|-------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X-----X-----X-----X | | | | | | |
| 3 | 254.5 | 268.8 | 933 | AREIA-500 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 3 | 227.3 | 240.1 | 933 | AREIA-500 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 3 | 165.5 | 174.9 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 3 | 128.6 | 135.8 | 995 | ITA-500 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 3 | 121.4 | 128.2 | 995 | ITA-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 2 | 119.6 | 126.3 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 1 |
| 3 | 117.1 | 123.7 | 995 | ITA-500 | 979 NSRITA-500 | 2 |
| 3 | 97.4 | 102.9 | 955 | CNOVOS-500 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 97.2 | 102.6 | 955 | CNOVOS-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 2 | 96.5 | 101.9 | 933 | AREIA-500 | 955 CNOVOS-500 | 1 |
| 2 | 95.3 | 100.7 | 934 | AREIA-230 | 933 AREIA-500 | 1 |
| 2 | 95.3 | 100.6 | 964 | CAXIAS-500 | 976 GRAVATAI-500 | 1 |
| 2 | 95.1 | 100.5 | 1015 | JOINVI-230 | 939 BLUMENAU-230 | 2 |
| 2 | 95.0 | 100.4 | 839 | CASCADEL-230 | 1047 SOSORIO-230 | 1 |
| 2 | 94.8 | 100.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 NPRAT2-230 | 1 |
| 2 | 94.8 | 100.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 NPRAT2-230 | 2 |
| 2 | 94.8 | 100.1 | 965 | CAXIAS-230 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.1 | 965 | CAXIAS-230 | 964 CAXIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 933 | AREIA-500 | 824 GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 933 | AREIA-500 | 824 GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 BATEIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 CSCVEL-0-230 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 CSCVEL-0-230 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 CSCVEL-0-230 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 BATEIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 1069 | XANXER-230 | 1041 PFUNDO-230 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 1069 | XANXER-230 | 1041 PFUNDO-230 | 2 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-0-230 | 896 CSCVEL-0-500 | 3 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-0-230 | 896 CSCVEL-0-500 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-0-230 | 896 CSCVEL-0-500 | 2 |
| 2 | 94.4 | 99.7 | 934 | AREIA-230 | 960 CURITIBA-230 | 1 |
| 2 | 94.4 | 99.7 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 JOINVI-230 | 1 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 934 | AREIA-230 | 1047 SOSORIO-230 | 1 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 934 | AREIA-230 | 1047 SOSORIO-230 | 2 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 2 | 93.9 | 99.2 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 XANXER-230 | 1 |
| 2 | 93.9 | 99.2 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 XANXER-230 | 2 |
| 1 | 83.3 | 88.0 | 995 | ITA-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 2 |
| 1 | 83.2 | 87.9 | 995 | ITA-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 1 |
| 1 | 82.4 | 87.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 SCAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 63.4 | 66.9 | 856 | SEGREDO-500 | 933 AREIA-500 | 1 |
| 3 | 23.2 | 24.5 | 995 | ITA-500 | 1030 MACHADIN-500 | 1 |
| 2 | 15.9 | 16.8 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 CNOVOS-500 | 1 |
| 2 | 13.8 | 14.6 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 CNOVOS-500 | 2 |

APÊNDICE B – RELATÓRIO PRINCIPAL DE COMPARAÇÃO CCP



Relatório principal de comparação

1/6/2021 8:33:19 PM GMT (or UTC)

Nome do projeto: Siderópolis-J.Lacerda C3
Localização: Siderópolis

| Dados do Condutor | Condutor de referência | Comparação Condutor #1 | Comparação Condutor #2 | Comparação Condutor #3 |
|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo | ACSR | ACCC® | ACCC® | ACCC® |
| Tamanho:(Unit - Nome do Cabo) | 636 kcmil GROSBEAK | 821 kcmil GROSBEAK | 904 kcmil LUBBOCK | 623 kcmil LISBON |
| Área de Alumínio (mm²) | 322.3 | 416.2 | 458.0 | 315.5 |
| Diâmetro (mm) | 25.146 | 25.146 | 26.416 | 21.793 |
| Carga de Ruptura Mínima RMC (kN) | 112.1 | 135.2 | 156.1 | 103.4 |
| Peso (kg/km) | 1,300.7 | 1,245.2 | 1,374.8 | 947.9 |
| características elétricas | | | | |
| Resistência CC a 20°C (ohms/km) | 0.0877 | 0.0672 | 0.0608 | 0.0887 |
| Resistência CA a 25°C (ohms/km) | 0.0902 | 0.0692 | 0.0628 | 0.0910 |
| Resistência CA a 75°C (ohms/km) | 0.1077 | 0.0829 | 0.0752 | 0.1088 |
| Condutores por fase | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Número de circuitos | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Capacidade (A) à Temperatura Ambiente (°C) | (60) - 906 | (60) - 1,033 | (60) - 1,101 | (60) - 865 |
| Capacidade (A) à Temperatura Ambiente 2 (°C) | (75) - 1,082 | (75) - 1,233 | (75) - 1,314 | (75) - 1,031 |
| Capacidade (A) à Temperatura Ambiente 3 (°C) | (100) - 1,301 | (100) - 1,482 | (100) - 1,580 | (100) - 1,237 |
| Capacidade (A) à Temp. de Operação (°C) | (75) - 1,082 | (180) - 1,978 | (180) - 2,112 | (180) - 1,649 |
| Capacidade (A) à Temp. Máxima (°C) | (100) - 1,301 | (200) - 2,068 | (200) - 2,209 | (200) - 1,724 |
| Absortividade | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Emissividade | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| Análise econômica | | | | |
| Perdas (47.10 km) (baseado nos valores de corrente 'Pico', durante operação) | | | | |
| Temperatura (°C) em estado estacionário, a Máxima Capacidade (A) | 50 | 45 | 43 | 52 |
| Resistência em pico de corrente de operação (ohms/km) | 0.09893 | 0.07469 | 0.06733 | 0.10063 |
| Perdas na linha no primeiro Ano (MWh) | 26,297 | 19,855 | 17,898 | 26,751 |
| Redução de perdas na linha, no primeiro ano (MWh) | -- | -6,441 | -8,399 | 454 |
| Redução de perdas na linha, no primeiro ano (%) | -- | -24 (%) | -32 (%) | 2 (%) |
| Redução de perdas na linha, no primeiro ano (BRL/ano) | -- | 1,397,773 | 1,822,493 | -98,500 |
| Redução de perdas por metro de condutor Condutor de referência (BRL/m/Ano) | -- | 9.89 | 12.90 | -0.70 |
| Redução de perdas na linha, em 30 anos (BRL) | -- | 41,933,185 | 54,674,781 | -2,955,012 |
| Redução de geração de CO2 no primeiro ano x condutor de referência (t) | -- | -6,396 | -8,340 | 451 |
| Redução da geração de CO2 em 30 anos [™] x condutor de referência (t) | -- | -191,888 | -250,194 | 13,522 |
| Valor do Primeiro Ano do CO2 | -- | 159,900 | 208,500 | -11,275 |
| Primeiro Número Equivalente de Carros no Ano | -- | 1,381 | 1,801 | -97 |
| Primeiro Número Equivalente de Casas | -- | 1,083 | 1,412 | -76 |
| Economia na geração | | | | |
| Capacidade adicional de geração para suprir perdas (MW) | 3.00 | 2.27 | 2.04 | 3.05 |
| Diferença na capacidade de geração x condutor de referência (MW) | -- | -0.74 | -0.96 | 0.05 |
| Redução do capital de geração instalada x Condutor de referência | -- | -735,000 | -959,000 | 52,000 |
| Inicial Sag / Tensão na temperatura de amarração (15 °C) | | | | |
| Vão médio | 300.0 | 300.0 | 300.0 | 300.0 |
| % RTS | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |
| Flecha à temperatura inicial (m) | 6.43 | 5.09 | 4.87 | 5.07 |
| Tensão Inicial Total na Estrutura na Temperatura de Queda (kN) | 22.4 | 27.0 | 31.2 | 20.7 |
| Peso total/fase do Condutor (kg/km) | 1,300.7 | 1,245.2 | 1,374.8 | 947.9 |

| Dados do Condutor | Condutor de referência | Comparação Condutor #1 | Comparação Condutor #2 | Comparação Condutor #3 |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo | ACSR | ACCC@ | ACCC@ | ACCC@ |
| Tamanho:(Unit - Nome do Cabo) | 636 kcmil GROSBEAK | 821 kcmil GROSBEAK | 904 kcmil LUBBOCK | 623 kcmil LISBON |
| Relação Flecha/tensão por temperatura acima da temperatura de tensionamento | | | | |
| Flecha por pico de corrente de operação | | | | |
| Temperatura (°C) | 50 | 45 | 43 | 52 |
| Flecha (m) | 7.69 | 6.24 | 5.93 | 6.52 |
| Tensão Mecânica (kN) | 18.8 | 22.1 | 25.7 | 16.1 |
| Flecha a temperatura de Operação | | | | |
| Temperatura (°C) | 75 | 180 | 180 | 180 |
| Flecha (m) | 8.54 | 7.40 | 6.99 | 7.31 |
| Tensão Mecânica (kN) | 16.9 | 18.7 | 21.8 | 14.4 |
| Flecha à temperatura máxima | | | | |
| Temperatura (°C) | 100 | 200 | 200 | 200 |
| Flecha (m) | 9.33 | 7.44 | 7.03 | 7.34 |
| Tensão Mecânica (kN) | 15.5 | 18.6 | 21.7 | 14.3 |
| Temperatura Máxima Permitida no Sag do 10 ft. | | | | |
| Temperatura Máxima (°C) | 100 | 200 | 200 | 200 |
| Flecha (m) | 9.33 | 7.44 | 7.03 | 7.34 |
| Tensão Mecânica (kN) | 15.5 | 18.6 | 21.7 | 14.3 |
| Capacidade (A) | 1,301 | 2,068 | 2,209 | 1,724 |
| Vento / Gelo ou baixa temperatura Flecha/Tensão | | | | |
| NESC MEDIUM | | | | |
| Flecha Total (m) | 7.02 | 6.95 | 6.58 | 7.39 |
| Tensão Mecânica (kN) | 36.5 | 36.1 | 40.7 | 28.6 |
| % RTS | 32.6 | 26.7 | 26.0 | 27.7 |
| Tensão máxima permitida (kN): | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Máx. tensão (%RTS) (%) | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 |
| Knee Point Temperatura Flecha/Tensão | | | | |
| Knee Point Temperatura (°C) | 114 | 72 | 67 | 68 |
| Flecha (m) | 9.75 | 7.22 | 6.82 | 7.11 |
| Tensão Mecânica (kN) | 14.9 | 19.1 | 22.4 | 14.8 |

Suposições e Entradas:

Linha e Carga: Comprimento da linha (Km) = 47.10, Tensão (kV) = 230, Tipo de Tensão = AC, Fases/Circuito = 3, baseado nos valores de corrente 'Pico', durante operação = 755, Pico de potencia por circuito (MW) = 301, Fator de Carga (%) = 55.
Condições Ambientais: Radiação Solar (W/m²) = 1000.0, Temperatura Ambiente (°C) = 25.0, Elevação (m) = 0, Direção do vento (graus) = 90, Latitude (graus negativos = hemisferio Sul) = -29, Vento (m/sec) = 2.00.
Vento / Gelo ou baixa temperatura Flecha/Tensão: Temperatura (°C) = , Velocidade do vento (Km/h) = 63.6, Fator de segurança (N/m) = 2.92, Espessura radial de gelo (mm) = , Densidade do gelo (Kg/m³) = 913.
Econômico: Custo de Geração de Energia (BRL/MWh) = 217.00, Custo da Geração Instalada (BRL/kW) = 1000.00, CO₂ (kg/kWh) = 0.993.

Nota 1: Capacidade e Temperatura do Condutor são calculadas de acordo com a IEEE 738-2006.

Nota 2: Texto em Vermelho: Excedida a temperatura máxima do condutor

APÊNDICE C – RELATÓRIO ANÁLISE DE CONTINGÊNCIAS AUTOMÁTICA - APÓS TROCA DO CONDUTOR

SUMARIO DE MONITORACAO (CASOS MAIS SEVEROS - CASOS CONVERGIDOS)

| X----- TENSÃO -----X-----X | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|------|--------------|-------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X-----X-----X-----X-----X-----X | | | | | | | |
| 4 | 391.9 | 391.9 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 3 | 371.6 | 371.6 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |
| 3 | 371.6 | 371.6 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 5 | 356.0 | 356.0 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 4 | 305.1 | 305.1 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 1 | 202.4 | 202.4 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 1 | 24.9 | 24.9 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 3 | 5.2 | 5.2 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 3 | 2.6 | 2.6 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 1 | 2.2 | 2.2 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 1 | 1.3 | 1.3 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |

| X----- FLUXO -----X----- | | | | | | | |
|--------------------------------|------------|------------|------------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA | | CONTINGENCIA | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X-----X-----X-----X----- | | | | | | | |
| 1 | 2.0 | 2.0 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.4 | 1.4 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 1 | 1.1 | 1.1 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCADEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |

| X----- FLUXO/V -----X----- | | | | | | |
|----------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|-------------------|---------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X |
| 1 | 2.2 | 2.2 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 JOINVI-230 | 1 |
| 1 | 1.5 | 1.5 | 814 | BATEIAS-230 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.5 | 1.5 | 814 | BATEIAS-230 | 895 BATEIAS-500 | 2 |
| 1 | 1.3 | 1.3 | 1015 | JOINVI-230 | 939 BLUMENAU-230 | 2 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 933 | AREIA-500 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 1 | 1.2 | 1.2 | 933 | AREIA-500 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 NPRAT2-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 JLACERDB-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 1030 MACHADIN-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 NSRITA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 995 | ITA-500 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 CAXIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 965 | CAXIAS-230 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 964 | CAXIAS-500 | 976 GRAVATAI-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 955 CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 CNOVOS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 CNOVOS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 979 NSRITA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 955 | CNOVOS-500 | 964 CAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 CSCVEL-O-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 BLUMENAU-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 CURITIBA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 SOSORIO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 1047 SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 960 CURITIBA-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 934 | AREIA-230 | 933 AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 933 AREIA-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 SCAXIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 CSCVEL-O-500 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 CSCVEL-O-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 CSCVEL-O-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 BATEIAS-500 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 BATEIAS-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 1047 SOSORIO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 SSANTIAG-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 XANXER-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 CSCVEL-O-230 | 3 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 933 | AREIA-500 | 824 GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 839 | CASCVEL-230 | 2458 CSCVEL-O-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 XANXER-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 PFUNDO-230 | 1 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1069 | XANXER-230 | 1041 PFUNDO-230 | 2 |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 NPRAT2-230 | 2 |

| X----- GERACAO -----X-----X-----X | | | | | | | |
|-----------------------------------|------------|------------|-------------------------------|--------------|---------|--------------|---------|
| NUMERO | INDICE | (%)INDICE | IDENTIFICACAO DA CONTINGENCIA | | | | |
| VIOLACOES | SEVERIDADE | SEVERIDADE | DE | NOME DE | PARA | NOME PARA | CIRC. |
| X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X | X-----X |
| 3 | 254.8 | 269.0 | 933 | AREIA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 3 | 227.4 | 240.2 | 933 | AREIA-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 3 | 164.3 | 173.5 | 976 | GRAVATAI-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 3 | 127.8 | 135.0 | 995 | ITA-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 3 | 120.9 | 127.7 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 2 | 119.5 | 126.2 | 856 | SEGREDO-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 3 | 116.7 | 123.2 | 995 | ITA-500 | 979 | NSRITA-500 | 2 |
| 3 | 97.4 | 102.9 | 955 | CNOVOS-500 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 97.2 | 102.6 | 955 | CNOVOS-500 | 979 | NSRITA-500 | 1 |
| 2 | 96.5 | 101.9 | 933 | AREIA-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 2 | 95.3 | 100.7 | 934 | AREIA-230 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 2 | 95.3 | 100.6 | 964 | CAXIAS-500 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 2 | 95.1 | 100.4 | 1015 | JOINVI-230 | 939 | BLUMENAU-230 | 2 |
| 2 | 95.0 | 100.4 | 839 | CASCAVEL-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 2 | 94.8 | 100.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 1 |
| 2 | 94.8 | 100.2 | 1041 | PFUNDO-230 | 1228 | NPRAT2-230 | 2 |
| 2 | 94.8 | 100.1 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.8 | 100.1 | 965 | CAXIAS-230 | 964 | CAXIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 933 | AREIA-500 | 824 | GBMUNHOZ-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1057 | SIDERO-230 | 1010 | JLACERDB-230 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 939 | BLUMENAU-230 | 938 | BLUMENAU-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 1210 | GRAVATAI-230 | 976 | GRAVATAI-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 814 | BATEIAS-230 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 960 | CURITIBA-230 | 959 | CURITIBA-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCAVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCAVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 1 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 839 | CASCAVEL-230 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 3 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 2 |
| 2 | 94.7 | 100.0 | 959 | CURITIBA-500 | 895 | BATEIAS-500 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 1069 | XANXER-230 | 1041 | PFUNDO-230 | 2 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 1 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 3 |
| 2 | 94.6 | 99.9 | 2458 | CSCVEL-O-230 | 896 | CSCVEL-O-500 | 2 |
| 2 | 94.4 | 99.7 | 934 | AREIA-230 | 960 | CURITIBA-230 | 1 |
| 2 | 94.4 | 99.7 | 960 | CURITIBA-230 | 1015 | JOINVI-230 | 1 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 1 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 934 | AREIA-230 | 1047 | SOSORIO-230 | 2 |
| 2 | 94.3 | 99.6 | 938 | BLUMENAU-500 | 959 | CURITIBA-500 | 1 |
| 2 | 93.9 | 99.2 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 1 |
| 2 | 93.9 | 99.2 | 1047 | SOSORIO-230 | 1069 | XANXER-230 | 2 |
| 1 | 83.3 | 88.0 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 2 |
| 1 | 83.2 | 87.9 | 995 | ITA-500 | 1060 | SSANTIAG-500 | 1 |
| 1 | 82.4 | 87.0 | 1060 | SSANTIAG-500 | 897 | SCAXIAS-500 | 1 |
| 2 | 63.3 | 66.9 | 856 | SEGREDO-500 | 933 | AREIA-500 | 1 |
| 3 | 23.3 | 24.7 | 995 | ITA-500 | 1030 | MACHADIN-500 | 1 |
| 2 | 15.9 | 16.8 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 1 |
| 2 | 13.8 | 14.6 | 1030 | MACHADIN-500 | 955 | CNOVOS-500 | 2 |

ANEXO A – CATÁLOGO ALUBAR - TABELA CONDUTORES ACSR

| Cabo | AWG/ MCM | Área | | | Formação, Número e Diâmetro dos Fios | | Diâmetro Nominal do Cabo | Massa | | | % Alumínio | % Aço | RMC | | Resistência Elétrica CC a 20°C | Capacidade de Corrente 75°C | | |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|-----------|----------------------------------|---------|--------|---------|---------------|------------|----------------|----------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|
| | | AL | Aço | Total | AL | Aço | | AL | Aço | Total | | | Classe 1 | Classe 2 | | | | |
| | | mm ² | mm ² | mm ² | N° x mm | N° x mm | | mm | kg/km | kg/km | | | kg/km | kN | | | kN | Ω/km |
| Kingbird | 636,0 | 323,01 | 17,95 | 340,96 | 18 x 4,78 | 1 x 4,78 | 23,90 | 891,90 | 138,28 | 1030,18 | 86,58% | 13,42% | 71,32 | 70,12 | 0,0890 | 865 | | |
| Rook | 636,0 | 323,07 | 41,88 | 364,95 | 24 x 4,14 | 7 x 2,76 | 24,84 | 895,80 | 326,43 | 1222,23 | 73,29% | 26,71% | 101,04 | 98,22 | 0,0894 | 872 | | |
| Grosbeak | 636,0 | 321,84 | 52,49 | 374,34 | 26 x 3,97 | 7 x 3,09 | 25,15 | 892,44 | 409,28 | 1301,72 | 68,56% | 31,44% | 111,87 | 108,35 | 0,0897 | 873 | | |
| Scoter | 636,0 | 322,56 | 75,26 | 397,83 | 30 x 3,70 | 7 x 3,70 | 25,90 | 895,99 | 587,77 | 1483,77 | 60,39% | 39,61% | 135,23 | 130,18 | 0,0897 | 880 | | |
| Egret | 636,0 | 322,56 | 73,54 | 396,11 | 30 x 3,70 | 19 x 2,22 | 25,90 | 895,75 | 575,73 | 1471,47 | 60,87% | 39,13% | 140,30 | 135,51 | 0,0897 | 880 | | |
| Flamingo | 666,6 | 337,27 | 43,72 | 380,99 | 24 x 4,23 | 7 x 2,82 | 25,38 | 935,17 | 340,77 | 1275,95 | 73,29% | 26,71% | 105,48 | 102,54 | 0,0856 | 895 | | |
| Gannet | 666,6 | 338,26 | 54,90 | 393,16 | 26 x 4,07 | 7 x 3,16 | 25,76 | 937,97 | 428,03 | 1366,00 | 68,67% | 31,33% | 117,26 | 113,57 | 0,0854 | 900 | | |
| Stilt | 715,5 | 363,27 | 46,88 | 410,15 | 24 x 4,39 | 7 x 2,92 | 26,32 | 1007,25 | 365,37 | 1372,62 | 73,38% | 26,62% | 113,35 | 110,20 | 0,0795 | 937 | | |
| Starling | 715,5 | 361,93 | 59,15 | 421,08 | 26 x 4,21 | 7 x 3,28 | 26,68 | 1003,61 | 461,16 | 1464,77 | 68,52% | 31,48% | 125,95 | 121,97 | 0,0798 | 939 | | |
| Redwing | 715,5 | 362,06 | 82,41 | 444,47 | 30 x 3,92 | 19 x 2,35 | 27,43 | 1005,43 | 645,13 | 1650,56 | 60,91% | 39,09% | 153,66 | 148,29 | 0,0799 | 945 | | |
| Tern | 795,0 | 403,77 | 27,83 | 431,60 | 45 x 3,38 | 7 x 2,25 | 27,03 | 1118,74 | 217,34 | 1336,08 | 83,73% | 16,27% | 98,20 | 96,33 | 0,0715 | 993 | | |
| Condor | 795,0 | 402,33 | 52,15 | 454,49 | 54 x 3,08 | 7 x 3,08 | 27,72 | 1114,86 | 407,22 | 1522,08 | 73,25% | 26,75% | 125,06 | 121,55 | 0,0718 | 998 | | |
| Cuckoo | 795,0 | 402,33 | 52,15 | 454,49 | 24 x 4,62 | 7 x 3,08 | 27,72 | 1115,57 | 406,51 | 1522,08 | 73,29% | 26,71% | 123,82 | 120,32 | 0,0718 | 998 | | |
| Drake | 795,0 | 402,56 | 65,44 | 468,00 | 26 x 4,44 | 7 x 3,45 | 28,11 | 1116,26 | 510,20 | 1626,46 | 68,63% | 31,37% | 139,67 | 135,27 | 0,0717 | 1002 | | |
| Mallard | 795,0 | 403,84 | 91,78 | 495,62 | 30 x 4,14 | 19 x 2,48 | 28,96 | 1121,46 | 718,48 | 1839,94 | 60,95% | 39,05% | 171,22 | 165,25 | 0,0717 | 1010 | | |
| Ruddy | 900,0 | 455,50 | 31,67 | 487,17 | 45 x 3,59 | 7 x 2,40 | 28,74 | 1262,08 | 247,29 | 1509,36 | 83,62% | 16,38% | 108,96 | 106,84 | 0,0634 | 1070 | | |
| Code Word | AWG/MCM | mm ² | mm ² | mm ² | N° x mm | N° x mm | mm | kg/km | kg/km | kg/km | % Alumínio | % Steel | kN | kN | Ω/km | A | | |
| | | AL | Steel | Total | AL | Steel | Nominal Conductor Diameter | AL | Steel | Total | | | Class 1 | Class 2 | | | Electrical Resistance DC at 20°C | Current Carrying Capacity 75°C |
| | | Cross Section | | | Stranding Number & Wire Diameter | | Nominal Conductor Diameter | Mass | | | | | Rated Strength | | | | | |

ANEXO B – CATÁLOGO CTC GLOBAL - TABELA CONDUTORES ACCC ®

| US Customary Sizes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----------|--------|----------|-------|---------------|-------|---------|---------|---------------------|-------|----------------------|-------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------|
| ACCC® | Conductor | | Diameter | | Core Diameter | | Weight | | Core Rated Strength | | Cond. Rated Strength | | DC @ 20°C | | AC @ 25°C | | AC @ 75°C | | AC @ 180°C | | #Ampacity | | |
| Size | (kcmil) | (mm²) | (in) | (mm) | (in) | (mm) | (lb/ft) | (kg/km) | (lbf) | (kN) | (lbf) | (kN) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | 75°C | 180°C | 200°C |
| OCEANSIDE | 383 | 194.2 | 0.680 | 17.27 | 0.235 | 5.97 | 395 | 588 | 13,400 | 59.6 | 15,800 | 70.3 | 0.2319 | 0.1441 | 0.2374 | 0.1475 | 0.2841 | 0.1765 | 0.3822 | 0.2375 | 558 | 938 | 987 |
| LINNET | 430 | 218.1 | 0.720 | 18.29 | 0.235 | 5.97 | 439 | 654 | 13,400 | 59.6 | 16,100 | 71.6 | 0.2055 | 0.1277 | 0.2103 | 0.1307 | 0.2517 | 0.1564 | 0.3386 | 0.2104 | 602 | 1,014 | 1,067 |
| ORIOLE | 439 | 222.3 | 0.741 | 18.82 | 0.280 | 7.11 | 462 | 687 | 19,100 | 85.0 | 21,900 | 97.5 | 0.2019 | 0.1255 | 0.2065 | 0.1283 | 0.2471 | 0.1535 | 0.3324 | 0.2065 | 612 | 1,033 | 1,087 |
| WACO | 454 | 230.1 | 0.770 | 19.56 | 0.305 | 7.75 | 486 | 723 | 22,700 | 101.0 | 25,600 | 113.9 | 0.1951 | 0.1212 | 0.1996 | 0.1240 | 0.2395 | 0.1488 | 0.3233 | 0.2009 | 628 | 1,060 | 1,115 |
| LAREDO | 530 | 268.4 | 0.807 | 20.50 | 0.280 | 7.11 | 547 | 814 | 19,100 | 85.0 | 22,400 | 99.7 | 0.1671 | 0.1038 | 0.1712 | 0.1064 | 0.2053 | 0.1276 | 0.2769 | 0.1720 | 687 | 1,162 | 1,223 |
| IRVING | 609 | 308.8 | 0.882 | 22.40 | 0.345 | 8.76 | 648 | 965 | 29,000 | 129.0 | 32,900 | 146.3 | 0.1454 | 0.0903 | 0.1491 | 0.0926 | 0.1788 | 0.1111 | 0.2411 | 0.1498 | 753 | 1,280 | 1,348 |
| HAWK | 611 | 309.7 | 0.858 | 21.79 | 0.280 | 7.11 | 624 | 928 | 19,100 | 85.0 | 23,000 | 102.3 | 0.1448 | 0.0900 | 0.1485 | 0.0923 | 0.1760 | 0.1094 | 0.2338 | 0.1452 | 753 | 1,289 | 1,358 |
| DOVE | 714 | 361.5 | 0.927 | 23.55 | 0.305 | 7.75 | 729 | 1085 | 22,700 | 101.0 | 27,200 | 121.0 | 0.1240 | 0.0771 | 0.1274 | 0.0792 | 0.1524 | 0.0947 | 0.2049 | 0.1273 | 826 | 1,410 | 1,486 |
| AMARILLO | 785 | 397.6 | 0.990 | 25.14 | 0.375 | 9.53 | 826 | 1230 | 34,100 | 151.7 | 39,100 | 173.9 | 0.1131 | 0.0702 | 0.1168 | 0.0725 | 0.1400 | 0.0870 | 0.1890 | 0.1174 | 877 | 1,499 | 1,579 |
| GROSBEEK | 821 | 416.2 | 0.990 | 25.15 | 0.320 | 8.13 | 836 | 1244 | 24,900 | 110.8 | 30,100 | 133.9 | 0.1081 | 0.0672 | 0.1114 | 0.0692 | 0.1334 | 0.0829 | 0.1796 | 0.1116 | 898 | 1,537 | 1,620 |
| LUBBOCK | 904 | 456.0 | 1.040 | 26.42 | 0.345 | 8.76 | 924 | 1375 | 29,000 | 129.0 | 34,700 | 154.4 | 0.0979 | 0.0608 | 0.1011 | 0.0628 | 0.1210 | 0.0752 | 0.1628 | 0.1011 | 956 | 1,640 | 1,729 |
| GALVESTON | 1011 | 512.4 | 1.090 | 27.69 | 0.345 | 8.76 | 1025 | 1525 | 29,000 | 129.0 | 35,400 | 157.5 | 0.0875 | 0.0544 | 0.0907 | 0.0564 | 0.1084 | 0.0674 | 0.1456 | 0.0905 | 1,022 | 1,760 | 1,856 |
| DRAKE | 1026 | 519.7 | 1.108 | 28.14 | 0.375 | 9.53 | 1052 | 1566 | 34,100 | 151.7 | 40,600 | 180.6 | 0.0863 | 0.0536 | 0.0892 | 0.0554 | 0.1065 | 0.0662 | 0.1428 | 0.0888 | 1,036 | 1,786 | 1,884 |
| CURLEW | 1033 | 523.4 | 1.140 | 28.96 | 0.415 | 10.54 | 1088 | 1618 | 41,800 | 185.9 | 48,400 | 215.3 | 0.0862 | 0.0535 | 0.0898 | 0.0558 | 0.1069 | 0.0664 | 0.1429 | 0.0888 | 1,042 | 1,802 | 1,901 |
| PLANO | 1059 | 536.8 | 1.127 | 28.63 | 0.345 | 8.76 | 1073 | 1596 | 29,000 | 129.0 | 35,700 | 158.8 | 0.0840 | 0.0522 | 0.0876 | 0.0544 | 0.1045 | 0.0649 | 0.1400 | 0.0870 | 1,050 | 1,813 | 1,913 |
| CORPUS CHRISTI | 1103 | 558.9 | 1.146 | 29.11 | 0.345 | 8.76 | 1113 | 1656 | 29,000 | 129.0 | 36,000 | 160.1 | 0.0806 | 0.0501 | 0.0843 | 0.0524 | 0.1005 | 0.0625 | 0.1346 | 0.0836 | 1,076 | 1,860 | 1,962 |
| ARLINGTON | 1151 | 583.2 | 1.177 | 29.90 | 0.375 | 9.53 | 1173 | 1746 | 34,100 | 151.7 | 41,400 | 184.2 | 0.0773 | 0.0480 | 0.0809 | 0.0502 | 0.0964 | 0.0599 | 0.1290 | 0.0802 | 1,106 | 1,915 | 2,021 |
| CARDINAL | 1222 | 619.1 | 1.198 | 30.43 | 0.345 | 8.76 | 1225 | 1823 | 29,000 | 129.0 | 36,800 | 163.7 | 0.0728 | 0.0452 | 0.0762 | 0.0473 | 0.0906 | 0.0563 | 0.1208 | 0.0751 | 1,146 | 1,990 | 2,101 |
| FORT WORTH | 1300 | 658.9 | 1.240 | 31.50 | 0.375 | 9.53 | 1312 | 1953 | 34,100 | 151.7 | 42,400 | 188.6 | 0.0684 | 0.0425 | 0.0721 | 0.0448 | 0.0858 | 0.0533 | 0.1145 | 0.0711 | 1,189 | 2,067 | 2,183 |
| EL PASO | 1350 | 684.0 | 1.252 | 31.80 | 0.345 | 8.76 | 1345 | 2001 | 29,000 | 129.0 | 37,600 | 167.3 | 0.0659 | 0.0409 | 0.0698 | 0.0434 | 0.0829 | 0.0515 | 0.1104 | 0.0686 | 1,212 | 2,111 | 2,230 |
| BEAUMONT | 1429 | 723.9 | 1.294 | 32.87 | 0.375 | 9.53 | 1436 | 2137 | 34,100 | 151.7 | 43,200 | 192.2 | 0.0623 | 0.0387 | 0.0661 | 0.0411 | 0.0785 | 0.0488 | 0.1045 | 0.0649 | 1,257 | 2,193 | 2,317 |
| SAN ANTONIO | 1475 | 747.3 | 1.315 | 33.40 | 0.385 | 9.78 | 1484 | 2208 | 36,000 | 160.1 | 45,400 | 201.9 | 0.0603 | 0.0375 | 0.0623 | 0.0387 | 0.0738 | 0.0458 | 0.0978 | 0.0608 | 1,302 | 2,278 | 2,408 |
| BITTERN | 1582 | 801.4 | 1.345 | 34.16 | 0.345 | 8.76 | 1566 | 2330 | 29,000 | 129.0 | 39,100 | 173.9 | 0.0566 | 0.0352 | 0.0603 | 0.0375 | 0.0714 | 0.0444 | 0.0947 | 0.0589 | 1,331 | 2,333 | 2,466 |
| DALLAS | 1795 | 909.5 | 1.452 | 36.88 | 0.385 | 9.78 | 1793 | 2668 | 36,000 | 160.1 | 47,500 | 211.3 | 0.0497 | 0.0309 | 0.0546 | 0.0339 | 0.0640 | 0.0398 | 0.0839 | 0.0521 | 1,435 | 2,541 | 2,689 |
| HOUSTON | 1927 | 976.6 | 1.506 | 38.25 | 0.415 | 10.54 | 1934 | 2877 | 41,800 | 185.9 | 54,100 | 240.6 | 0.0459 | 0.0285 | 0.0510 | 0.0317 | 0.0596 | 0.0370 | 0.0775 | 0.0482 | 1,502 | 2,675 | 2,833 |
| LAPWING | 1949 | 987.5 | 1.504 | 38.20 | 0.385 | 9.78 | 1938 | 2884 | 36,000 | 160.1 | 48,400 | 215.3 | 0.0458 | 0.0285 | 0.0507 | 0.0315 | 0.0595 | 0.0370 | 0.0780 | 0.0485 | 1,502 | 2,665 | 2,821 |
| FALCON | 2045 | 1036.2 | 1.545 | 39.24 | 0.415 | 10.54 | 2045 | 3042 | 41,800 | 185.9 | 54,900 | 244.2 | 0.0436 | 0.0271 | 0.0479 | 0.0298 | 0.0563 | 0.0350 | 0.0739 | 0.0459 | 1,555 | 2,761 | 2,923 |
| CHUKAR | 2242 | 1135.8 | 1.604 | 40.74 | 0.395 | 10.03 | 2221 | 3304 | 38,100 | 169.5 | 52,400 | 233.1 | 0.0398 | 0.0247 | 0.0445 | 0.0277 | 0.0521 | 0.0324 | 0.0681 | 0.0423 | 1,633 | 2,913 | 3,085 |
| BLUEBIRD | 2741 | 1388.7 | 1.762 | 44.75 | 0.415 | 10.54 | 2703 | 4021 | 41,800 | 185.9 | 59,300 | 263.7 | 0.0326 | 0.0203 | 0.0387 | 0.0240 | 0.0447 | 0.0278 | 0.0573 | 0.0356 | 1,808 | 3,274 | 3,474 |

#Ampacity values based on 60 Hz, zero elevation, 90° sun altitude, 29°C ambient temperature, 0.55 solar absorptivity, 0.5 emissivity, 2 ft/sec (0.61 m/sec) wind and 96 Watt/ft² (1013 W/m²) at corresponding surface temperatures. Coefficient of thermal resistance is 0.0004 for ASTM sizes. Different configurations among conductor manufacturers may result in slight variations within the parameters of indicated values for a given size in accordance with the stated specification. #B&B Bird code name conductors are subject to a new code name in the future.

| International Sizes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------|--------------------|----------|-------|---------------|-------|---------|---------|---------------------|-------|----------------------|-------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|-----------|-------|-------|
| ACCC ^a | Conductor | | Diameter | | Core Diameter | | Weight | | Core Rated Strength | | Cond. Rated Strength | | DC @ 20°C | | AC @ 25°C | | AC @ 75°C | | AC @ 180°C | | #Ampacity | | |
| Size | (kcmil) | (mm ²) | (in) | (mm) | (in) | (mm) | (lb/ft) | (kg/km) | (lb) | (kN) | (lb) | (kN) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | (ohm/mile) | (ohm/km) | 75°C | 180°C | 200°C |
| SILVASSA | 242 | 122.7 | 0.565 | 14.35 | 0.235 | 5.97 | 264 | 392 | 13,400 | 59.6 | 15,000 | 66.5 | 0.3679 | 0.2286 | 0.3758 | 0.2335 | 0.4498 | 0.2795 | 0.6053 | 0.3761 | 423 | 705 | 741 |
| HELSINKI | 297 | 150.6 | 0.616 | 15.65 | 0.235 | 5.97 | 315 | 469 | 13,400 | 59.6 | 15,300 | 68.1 | 0.2997 | 0.1862 | 0.3061 | 0.1902 | 0.3664 | 0.2277 | 0.4931 | 0.3064 | 479 | 802 | 843 |
| JAIPUR | 307 | 155.7 | 0.650 | 16.51 | 0.305 | 7.75 | 351 | 522 | 22,700 | 101.0 | 24,700 | 109.8 | 0.2898 | 0.1801 | 0.2959 | 0.1839 | 0.3543 | 0.2202 | 0.4770 | 0.2964 | 494 | 829 | 871 |
| ZADAR | 350 | 177.4 | 0.673 | 17.09 | 0.280 | 7.11 | 379 | 564 | 19,100 | 85.0 | 21,300 | 95.0 | 0.2536 | 0.1576 | 0.2593 | 0.1611 | 0.3103 | 0.1928 | 0.4174 | 0.2594 | 533 | 895 | 942 |
| ROVINJ | 371 | 187.8 | 0.673 | 17.09 | 0.235 | 5.97 | 386 | 575 | 13,400 | 59.6 | 15,800 | 70.2 | 0.2393 | 0.1487 | 0.2446 | 0.1520 | 0.2927 | 0.1619 | 0.3938 | 0.2447 | 548 | 922 | 969 |
| COPENHAGEN | 434 | 219.9 | 0.720 | 18.29 | 0.235 | 5.97 | 443 | 659 | 13,400 | 59.6 | 16,200 | 72.0 | 0.2047 | 0.1272 | 0.2094 | 0.1301 | 0.2506 | 0.1557 | 0.3370 | 0.2094 | 603 | 1,017 | 1,070 |
| REYKJAVIK | 440 | 223.1 | 0.741 | 18.82 | 0.280 | 7.11 | 465 | 692 | 19,100 | 85.0 | 21,900 | 97.5 | 0.2021 | 0.1256 | 0.2067 | 0.1285 | 0.2474 | 0.1537 | 0.3327 | 0.2067 | 612 | 1,032 | 1,087 |
| GDANSK | 491 | 248.8 | 0.756 | 19.20 | 0.235 | 5.97 | 498 | 741 | 13,400 | 59.6 | 16,600 | 73.6 | 0.1812 | 0.1126 | 0.1856 | 0.1153 | 0.2220 | 0.1379 | 0.2984 | 0.1854 | 649 | 1,097 | 1,155 |
| MONTE CARLO | 451 | 228.5 | 0.818 | 20.78 | 0.415 | 10.54 | 537 | 796 | 41,800 | 185.9 | 44,700 | 198.8 | 0.1979 | 0.1230 | 0.2023 | 0.1257 | 0.2421 | 0.1504 | 0.3257 | 0.2024 | 634 | 1,076 | 1,133 |
| GLASGOW | 467 | 236.7 | 0.769 | 19.53 | 0.305 | 7.75 | 499 | 743 | 22,700 | 101.0 | 25,700 | 114.3 | 0.1905 | 0.1184 | 0.1949 | 0.1211 | 0.2332 | 0.1449 | 0.3136 | 0.1949 | 636 | 1,076 | 1,132 |
| CASABLANCA | 540 | 273.6 | 0.807 | 20.50 | 0.280 | 7.11 | 559 | 832 | 19,100 | 85.0 | 22,600 | 100.4 | 0.1648 | 0.1024 | 0.1688 | 0.1049 | 0.2019 | 0.1255 | 0.2714 | 0.1686 | 692 | 1,174 | 1,236 |
| OSLO | 619 | 313.8 | 0.882 | 22.40 | 0.345 | 8.76 | 659 | 961 | 29,000 | 129.0 | 33,000 | 146.7 | 0.1437 | 0.0893 | 0.1473 | 0.0915 | 0.1762 | 0.1095 | 0.2367 | 0.1471 | 759 | 1,292 | 1,361 |
| LISBON | 623 | 315.5 | 0.858 | 21.79 | 0.280 | 7.11 | 636 | 946 | 19,100 | 85.0 | 23,100 | 102.7 | 0.1427 | 0.0887 | 0.1464 | 0.0910 | 0.1751 | 0.1088 | 0.2352 | 0.1461 | 755 | 1,285 | 1,353 |
| AMSTERDAM | 725 | 367.4 | 0.927 | 23.55 | 0.305 | 7.75 | 742 | 1104 | 22,700 | 101.0 | 27,400 | 121.7 | 0.1226 | 0.0762 | 0.1261 | 0.0784 | 0.1507 | 0.0936 | 0.2022 | 0.1256 | 831 | 1,419 | 1,496 |
| CORDOBA | 788 | 399.4 | 0.961 | 24.41 | 0.305 | 7.75 | 800 | 1191 | 22,700 | 101.0 | 27,800 | 123.5 | 0.1127 | 0.0700 | 0.1165 | 0.0724 | 0.1390 | 0.0864 | 0.1664 | 0.1158 | 873 | 1,495 | 1,576 |
| 25 MM | 756 | 383.2 | 0.984 | 24.99 | 0.415 | 10.54 | 822 | 1222 | 41,800 | 185.9 | 46,600 | 207.3 | 0.1175 | 0.0730 | 0.1207 | 0.0750 | 0.1442 | 0.0896 | 0.1935 | 0.1203 | 863 | 1,478 | 1,558 |
| LEIPZIG | 802 | 406.4 | 0.990 | 25.15 | 0.375 | 9.53 | 845 | 1258 | 34,100 | 151.7 | 39,200 | 174.6 | 0.1110 | 0.0690 | 0.1143 | 0.0710 | 0.1365 | 0.0848 | 0.1631 | 0.1138 | 888 | 1,522 | 1,605 |
| BRUSSELS | 832 | 421.4 | 0.990 | 25.15 | 0.320 | 8.13 | 849 | 1264 | 24,900 | 110.8 | 30,200 | 134.5 | 0.1072 | 0.0666 | 0.1105 | 0.0687 | 0.1319 | 0.0820 | 0.1769 | 0.1099 | 903 | 1,549 | 1,633 |
| STOCKHOLM 3L | 895 | 453.7 | 1.039 | 26.39 | 0.345 | 8.76 | 919 | 1368 | 29,000 | 129.0 | 34,700 | 154.5 | 0.0993 | 0.0617 | 0.1025 | 0.0637 | 0.1223 | 0.0760 | 0.1639 | 0.1019 | 950 | 1,634 | 1,723 |
| STOCKHOLM 2L | 914 | 463.3 | 1.039 | 26.39 | 0.345 | 8.76 | 937 | 1395 | 29,000 | 129.0 | 34,900 | 155.1 | 0.0974 | 0.0605 | 0.1006 | 0.0625 | 0.1200 | 0.0746 | 0.1608 | 0.0999 | 959 | 1,650 | 1,740 |
| WARSAW | 1002 | 507.5 | 1.091 | 27.71 | 0.345 | 8.76 | 1021 | 1519 | 29,000 | 129.0 | 35,400 | 157.6 | 0.0890 | 0.0553 | 0.0922 | 0.0573 | 0.1099 | 0.0683 | 0.1471 | 0.0914 | 1,015 | 1,751 | 1,848 |
| DUBLIN | 1035 | 524.5 | 1.108 | 28.14 | 0.375 | 9.53 | 1065 | 1584 | 34,100 | 151.7 | 40,700 | 181.2 | 0.0859 | 0.0534 | 0.0891 | 0.0553 | 0.1061 | 0.0680 | 0.1420 | 0.0883 | 1,037 | 1,791 | 1,889 |
| KOLKATA | 1073 | 543.5 | 1.127 | 28.63 | 0.375 | 9.53 | 1105 | 1644 | 34,100 | 151.7 | 41,000 | 182.3 | 0.0832 | 0.0517 | 0.0863 | 0.0536 | 0.1029 | 0.0639 | 0.1376 | 0.0855 | 1,059 | 1,829 | 1,931 |
| MAHAKAM | 1075 | 544.9 | 1.142 | 29.01 | 0.415 | 10.54 | 1122 | 1669 | 41,800 | 185.9 | 48,700 | 216.5 | 0.0827 | 0.0514 | 0.0863 | 0.0536 | 0.1027 | 0.0638 | 0.1371 | 0.0852 | 1,063 | 1,840 | 1,942 |
| HAMBURG | 1078 | 546.4 | 1.127 | 28.63 | 0.345 | 8.76 | 1093 | 1627 | 29,000 | 129.0 | 35,900 | 159.7 | 0.0827 | 0.0514 | 0.0860 | 0.0534 | 0.1024 | 0.0636 | 0.1368 | 0.0850 | 1,061 | 1,834 | 1,936 |
| MILAN | 1120 | 567.7 | 1.146 | 29.11 | 0.345 | 8.76 | 1133 | 1686 | 29,000 | 129.0 | 36,200 | 160.9 | 0.0795 | 0.0494 | 0.0828 | 0.0514 | 0.0985 | 0.0612 | 0.1316 | 0.0818 | 1,086 | 1,880 | 1,985 |
| ROME | 1169 | 592.5 | 1.177 | 29.90 | 0.375 | 9.53 | 1193 | 1775 | 34,100 | 151.7 | 41,600 | 185.0 | 0.0763 | 0.0474 | 0.0795 | 0.0494 | 0.0946 | 0.0588 | 0.1263 | 0.0785 | 1,117 | 1,936 | 2,044 |
| VIENNA | 1242 | 629.2 | 1.198 | 30.43 | 0.345 | 8.76 | 1245 | 1852 | 29,000 | 129.0 | 37,000 | 164.4 | 0.0716 | 0.0445 | 0.0750 | 0.0466 | 0.0891 | 0.0554 | 0.1187 | 0.0738 | 1,156 | 2,008 | 2,120 |
| BUDAPEST | 1319 | 668.3 | 1.240 | 31.50 | 0.375 | 9.53 | 1334 | 1984 | 34,100 | 151.7 | 42,600 | 189.3 | 0.0676 | 0.0420 | 0.0709 | 0.0440 | 0.0842 | 0.0523 | 0.1122 | 0.0697 | 1,200 | 2,089 | 2,206 |
| MUMBAI | 1353 | 685.4 | 1.251 | 31.78 | 0.375 | 9.53 | 1368 | 2036 | 34,100 | 151.7 | 42,800 | 190.3 | 0.0660 | 0.0410 | 0.0693 | 0.0431 | 0.0823 | 0.0511 | 0.1095 | 0.0681 | 1,217 | 2,119 | 2,239 |
| PRAGUE | 1363 | 690.7 | 1.251 | 31.78 | 0.345 | 8.76 | 1364 | 2030 | 29,000 | 129.0 | 37,700 | 167.9 | 0.0655 | 0.0407 | 0.0690 | 0.0428 | 0.0818 | 0.0508 | 0.1088 | 0.0676 | 1,220 | 2,126 | 2,246 |
| DHAKA | 1429 | 723.9 | 1.294 | 32.87 | 0.375 | 9.53 | 1436 | 2137 | 34,100 | 151.7 | 43,200 | 192.4 | 0.0623 | 0.0387 | 0.0661 | 0.0411 | 0.0785 | 0.0488 | 0.1045 | 0.0649 | 1,257 | 2,193 | 2,317 |
| MUNICH | 1447 | 733.2 | 1.293 | 32.84 | 0.375 | 9.53 | 1459 | 2171 | 34,100 | 151.7 | 43,400 | 192.9 | 0.0618 | 0.0384 | 0.0652 | 0.0405 | 0.0773 | 0.0480 | 0.1028 | 0.0638 | 1,266 | 2,211 | 2,337 |
| WARWICK | 1479 | 749.5 | 1.315 | 33.40 | 0.415 | 10.54 | 1507 | 2242 | 41,800 | 185.9 | 51,300 | 228.1 | 0.0604 | 0.0375 | 0.0636 | 0.0395 | 0.0755 | 0.0469 | 0.1005 | 0.0624 | 1,287 | 2,248 | 2,375 |
| LONDON | 1498 | 759.0 | 1.315 | 33.40 | 0.385 | 9.78 | 1509 | 2245 | 36,000 | 160.1 | 45,600 | 202.8 | 0.0595 | 0.0370 | 0.0630 | 0.0391 | 0.0746 | 0.0464 | 0.0991 | 0.0616 | 1,294 | 2,264 | 2,393 |
| PARIS | 1606 | 813.7 | 1.345 | 34.16 | 0.345 | 8.76 | 1590 | 2366 | 29,000 | 129.0 | 39,300 | 174.8 | 0.0555 | 0.0345 | 0.0593 | 0.0368 | 0.0700 | 0.0435 | 0.0927 | 0.0576 | 1,344 | 2,358 | 2,483 |
| BORDEAUX | 1739 | 880.9 | 1.408 | 35.76 | 0.415 | 10.54 | 1749 | 2601 | 41,800 | 185.9 | 52,900 | 235.5 | 0.0512 | 0.0318 | 0.0547 | 0.0340 | 0.0647 | 0.0402 | 0.0856 | 0.0532 | 1,416 | 2,489 | 2,632 |
| ANTWERP | 1865 | 944.9 | 1.451 | 36.86 | 0.385 | 9.78 | 1853 | 2757 | 36,000 | 160.1 | 48,000 | 213.3 | 0.0478 | 0.0297 | 0.0517 | 0.0321 | 0.0609 | 0.0378 | 0.0802 | 0.0498 | 1,471 | 2,598 | 2,749 |
| BERLIN | 1986 | 1006.5 | 1.504 | 38.20 | 0.415 | 10.54 | 1982 | 2948 | 41,800 | 185.9 | 54,500 | 242.5 | 0.0447 | 0.0278 | 0.0487 | 0.0303 | 0.0572 | 0.0356 | 0.0752 | 0.0467 | 1,532 | 2,714 | 2,873 |
| MADRID | 1999 | 1013.1 | 1.504 | 38.20 | 0.385 | 9.78 | 1979 | 2944 | 36,000 | 160.1 | 48,800 | 217.1 | 0.0444 | 0.0276 | 0.0485 | 0.0302 | 0.0570 | 0.0354 | 0.0748 | 0.0464 | 1,535 | 2,722 | 2,881 |
| ATHENS | 2782 | 1409.7 | 1.762 | 44.75 | 0.415 | 10.54 | 2732 | 4064 | 41,800 | 185.9 | 59,600 | 265.2 | 0.0320 | 0.0199 | 0.0371 | 0.0231 | 0.0429 | 0.0267 | 0.0552 | 0.0343 | 1,844 | 3,336 | 3,539 |

^aAmpacity values based on 90 ft/c, zero elevation, 90° sun altitude, 25°C ambient temperature, 0.5 Solar Absorbivity, 0.5 Emissivity, 2 ft/sec (0.61 m/sec) wind and 96 Weather (1033 W/m²) at corresponding surface temperatures. Coefficient of thermal resistance is 0.00402 for International sizes. Different configurations among conductor manufacturers may result in slight variations with the parameters of indicated values for a given size in accordance with the stated specification.