



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL**

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DA NAVEGAÇÃO NOS
ESTREITOS DE BOIUÇU E BREVES**

Munik Holanda de Oliveira

**Belém – PA
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA NAVAL**

Estudo de Viabilidade Técnica da Navegação nos Estreitos de Boiçu e Breves

MUNIK HOLANDA DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado Submetida ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval da Universidade Federal do Pará como requisito final para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Naval.

Área de Concentração: Transporte Aquaviário

Orientador: Prof. D.S.c. Nelio Moura de Figueiredo

**Belém – PA
2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Munik Holanda de.

Estudo de viabilidade técnica da navegação nos Estreitos de Breves e Boiçu/Munik Holanda de Oliveira; orientador – Nelio Moura de Figueiredo - Belém, 2018.

- __ f.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

Orientação: Nélio Moura de Figueiredo.

1. Navegação Amazônia. 2. Comboio fluvial. 3. Normas nacionais e internacionais.
- UFPA

MUNIK HOLANDA DE OLIVEIRA

**Estudo de Viabilidade Técnica da Navegação nos Estreitos
de Boiçu e Breves**

Dissertação de mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Naval do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de mestre em engenharia naval.

Belém-PA, 14 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. D.S.c. Nélio Moura de Figueiredo

Coorientador: Prof. D.S.c. Hito Braga de Moraes

Membro: D.S.c Marcus Vinicius Guerra Seraphico de Assis Carvalho

Membro: D.S.c Regina Célia Brabo Ferreira

Aos meus avós, pelo apoio incondicional
e pela simplicidade e bondade
por todos esses anos.
A minha mãe pela demonstração de carinho
e incentivo, sobretudo nos momentos de
dificuldades.
Ao meu filho, por me proporcionar o encanto
e a doçura de ser criança.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre está presente no meu caminhar e por todos os sonhos que ele me leva a crer e me ajuda a executar da melhor forma possível, sem Ele nada seria possível.

À UFPA pelo curso de Mestrado em Engenharia Naval e pelas pessoas e experiências diversas vividas nessa Instituição.

Ao professor Hito Moraes, que após avaliações me deu a oportunidade de participar deste dileto mestrado e por agregar muitos conhecimentos com as aulas que estimularam a gostar cada vez mais do estudo do transporte aquaviário.

À Marinha do Brasil, através da Organização Militar, CHM-4 pelo fornecimento dos dados x, y e z, pois sem essas informações ficaria difícil a consecução da análise da viabilidade técnica da navegação dos Estreitos.

Ao professor Nelio Moura de Figueiredo, pela amizade e ajuda na elaboração da proposta da dissertação, sempre se mostrando uma pessoa acessível e solidária, bem como gostaria de agradecer pela orientação e cooperação nas diversas etapas deste trabalho, sempre me apoiando e incentivando a seguir em frente com seu otimismo e determinação.

A todos os meus colegas de turma nesses dois anos, pelos momentos de descontração, em meio a correria do trabalho.

RESUMO

A malha hidroviária na Amazônia está formada naturalmente, e a navegação é uma vocação natural, onde os rios proporcionam o acesso necessário as matérias-primas, além de possibilitar o encurtamento de distâncias, que favorecem não somente a circulação de pessoas e mercadorias, bem como a conexão com o exterior, sendo atualmente, importante para o escoamento da produção da soja do Corredor Norte. No intuito de manter a segurança da navegação e promover a economicidade, buscou-se desenvolver estudo para averiguação da navegabilidade nos Estreitos de Boiuçu e de Breves, de forma a verificar os trechos com maiores restrições com relação ao raio de curvatura, profundidade do canal e tamanho do comboio autorizado a navegar, e para alcançar o objetivo proposto para o dimensionamento de canais, utilizou-se de metodologias preconizadas pela PIANC (1997) e USACE (1980). Esses e outros parâmetros são determinados a partir das características do comboio-tipo adotado (dimensões, velocidade, manobrabilidade), sendo intrínseco da PIANC a utilização de variáveis ambientais observadas na região de estudo, tais como ventos e seu efeito sobre a embarcação no sentido transversal, correntes e seu efeito longitudinal e transversal sobre a embarcação, regime de ondas. Dentre os raios de curvatura estudados, a navegação nos Estreitos de Boiuçu se torna mais favorável, pois 63 % dos raios de curvatura são de 3470, 17% de raio de curvatura de 1735, 7% de raio de curvatura de 1041, e 13% de raio de curvatura de 694. Em contrapartida a navegação nos Estreitos de Breves torna-se desfavorável, tendo em vista o maior número de curvas e angulações altas, possui representatividade 56% de raio de curvatura de 3470, 16% de raio de curvatura de 1735, 7% de raio de curvatura de 1041 e 21% de raio de curvatura de 694.

Palavras-chave: Navegação interior na Amazônia. Hidrovia dos Estreitos. Comboios fluviais. Segurança da navegação. Dimensionamento de canais.

ABSTRACT

The waterway network in the Amazon is formed naturally, and navigation is a natural vocation, where rivers provide the necessary access to the raw materials, as well as making it possible to shorten distances, which favor not only the movement of people and goods, but also the connection with other countries, being currently, important for the flow of the production of the soybean of the north corridor. In order to maintain navigational safety and promote economicity, a study was carried out to investigate navigability in the Boiuçu and Breves Strait, in order to verify the stretches with the greatest restrictions in relation to the radius of curvature, channel depth and size of the convoy authorized to navigate, and to reach the proposed goal for channel sizing, we used methodologies recommended by PIANC (1997) and USACE (1980). These and other parameters are determined from the characteristics of the adopted type of convoy (dimensions, speed, maneuverability), being intrinsic of the PIANC the use of environmental variables observed in the study region such as winds and its effect on the vessel in the transverse direction, currents and its longitudinal and transverse effect, wave regime. Among the radius of curvature studied, navigation in the Strait of Boiuçu becomes more favorable, since 63% of the radius of curvature are 3470, 17% of radius of curvature of 1735, 7% of radius of curvature of 1041 and 13% with a radius of curvature of 694. On the other hand, navigation in the Straits of Breves becomes unfavorable, due to the greater number of curves and high angulations, it has 56% radius of curvature of 3470, 16% radius of curvature of 1735, 7% radius of curvature of 1041 and 21% radius of curvature of 694

Keywords: Waterway inland in the Amazon. Water transportation. Fluvial convoy. Safety navigational. Channel sizing.

LISTA DE SÍMBOLOS

- A - Área molhada
- A_c - Área da seção do canal
- A_s - Área da seção imersa da embarcação
- AB - Arqueação bruta
- β - Ângulo de deriva
- B - Boca
- C_b - Coeficiente de bloco
- FS - Decimal do fator de segurança
- K - Coeficiente K
- L - Comprimento
- LOA - Comprimento de fora a fora (length overall)
- Lpp - Comprimento entre perpendiculares
- M - Variação do nível do rio para o mês considerado ou altura da maré no momento, obtida da Tábua da Marés
- P - Pontal
- P - Perímetro molhado
- P - Profundidade do local reduzida ao nível de redução da Carta ou Croqui
- Y - Profundidade
- R_H - Raio hidráulico
- S - Fator de bloco
- $S_{máx}$ - Squat máximo
- S_o - Declividade de fundo
- T_o - Largura
- T - Calado médio de embarcação
- $T_{máx}$ - Calado máximo da embarcação
- W_s - Largura da faixa de trajetória varrida
- W_M - Faixa de manobra
- W_p - Distância de passagem
- V_{Cr} - Velocidade crítica
- V_k - Velocidade da embarcação
- δ - Ângulo de leme

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Relação do crescimento da produção agrícola.....	22
Figura 2 - Gráfico granel sólido agrícola e não agrícola	27
Figura 3 - Quantidade de carga transportada por via marítima	28
Figura 4 - Número de embarcações entregues.....	28
Figura 5 - Corredor logístico Arco Norte	40
Figura 6 - Adaptação rotas marítimas de transporte de soja.....	41
Figura 7 - Caracterização dos Estreitos	43
Figura 8 - Região dos Estreitos.....	56
Figura 9 - Visão geral dos Estreitos	57
Figura 10 - Estreito de Boiçu.....	58
Figura 11 - Estreito de Breves	59
Figura 12 - Unidades morfoestruturais da Ilha do Marajó que influenciam os Estreitos	60
Figura 13 - Mapa de umidade do ar.....	61
Figura 14 - Climatologia mensal do vento para Breves-PA.....	64
Figura 15 - Representação do maior valor da corrente.....	65
Figura 16 - Representação do menor valor da corrente.....	65
Figura 17 - Largura total do canal e canal de navegação	66
Figura 18 - Distância à margem WB	73
Figura 19 - Elementos da largura de um canal de uma ou dupla faixa.....	74
Figura 20 - Curvas	75
Figura 21 - Fatores determinantes da profundidade do canal.....	78
Figura 22 - Efeito Squat na proa e popa	79
Figura 23 - Tipos de canais.....	80
Figura 24 - Quadro de estimativa de Squat para navios de forma cheias.....	81
Figura 25 - Área da seção transversal do comboio e do canal	82
Figura 26 - Vento pelo través	83
Figura 27 - Largura do canal para uma faixa de navegação	88
Figura 28 - Largura do canal para duas faixas de navegação	88
Figura 29 - Fator de bloco (S) para o canal	92
Figura 30 - Ângulo de deriva α	94
Figura 31 - Planta Comboio	99
Figura 32 - Seção Comboio.....	100

Figura 33 - Seção transversal tipo largura 160 m.....	101
Figura 34 - Seção transversal largura 200 m.....	101
Figura 35 - Níveis de Referência.....	103
Figura 36 - Articulação de Plantas	104
Figura 37 - Estreito de Boiuçu Planta 1.....	105
Figura 38 - Estreito de Boiuçu - Planta 2	105
Figura 39 - Estreito de Boiuçu - Planta 3	106
Figura 40 - Estreito de Boiuçu - Planta 4	106
Figura 41 - Estreito de Boiuçu - Planta 5	107
Figura 42 - Estreito de Boiuçu - Planta 6	107
Figura 43 - Estreito de Boiuçu - Planta 7	108
Figura 44 - Estreito de Boiuçu - Planta 8	108
Figura 45 - Estreito de Boiuçu - Planta 9	109
Figura 46 - Estreito de Boiuçu - Planta 10	109
Figura 47 - Estreito de Boiuçu - Planta 11	110
Figura 48 - Estreito de Boiuçu - Planta 12	110
Figura 49 - Estreito de Boiuçu - Planta 13	111
Figura 50 - Estreito de Boiuçu - Planta 14	111
Figura 51 - Estreito de Boiuçu - Planta 15	112
Figura 52 - Estreito de Boiuçu - Planta 16	112
Figura 53 - Estreito de Boiuçu - Planta 17	113
Figura 54 - Estreito de Boiuçu - Planta 18	113
Figura 55 - Estreito de Boiuçu - Planta 19	114
Figura 56 - Estreito de Boiuçu - Planta 20	114
Figura 57 - Estreito de Boiuçu - Planta 21	115
Figura 58 - Estreito de Boiuçu - Planta 22	115
Figura 59 - Estreito de Boiuçu - Planta 23	116
Figura 60 - Estreito de Boiuçu - Planta 24	116
Figura 61 - Estreito de Boiuçu - Planta 25	117
Figura 62 - Estreito de Boiuçu - Planta 26	117
Figura 63 - Estreito de Boiuçu - Planta 27	118
Figura 64 - Estreito de Boiuçu - Planta 28	118
Figura 65 - Estreito de Breves - Planta 1.....	119
Figura 66 - Estreito de Breves - Planta 2.....	119

Figura 67 - Estreito de Breves - Planta 3.....	120
Figura 68 - Estreito de Breves - Planta 4.....	120
Figura 69 - Estreito de Breves - Planta 5.....	121
Figura 70 - Estreito de Breves - Planta 6.....	121
Figura 71 - Estreito de Breves - Planta 7.....	122
Figura 72 - Estreito de Breves - Planta 8.....	122
Figura 73 - Estreito de Breves - Planta 9.....	123
Figura 74 - Estreito de Breves - Planta 10.....	123
Figura 75 - Estreito de Breves - Planta 11.....	124
Figura 76 - Estreito de Breves - Planta 11.....	124
Figura 77 - Estreito de Breves - Planta 13.....	125
Figura 78 - Estreito de Breves - Planta 14.....	125
Figura 79 - Estreito de Breves - Planta 15.....	126
Figura 80 - Estreito de Breves - Planta 16.....	126
Figura 81 - Estreito de Breves - Planta 17.....	127
Figura 82 - Estreito de Breves - Planta 18.....	127
Figura 83 - Estreito de Breves - Planta 19.....	128
Figura 84 - Estreito de Breves - Planta 20.....	128
Figura 85 - Estreito de Breves - Planta 21.....	129
Figura 86 - Estreito de Breves - Planta 22.....	129
Figura 87 - Estreito de Breves - Planta 23.....	130
Figura 88 - Estreito de Breves - Planta 24.....	130
Figura 89 - Estreito de Breves - Planta 25.....	131
Figura 90 - Estreito de Breves - Planta 26.....	131
Figura 91 - Estreito de Breves - Planta 27.....	132
Figura 92 - Estreito de Breves - Planta 28.....	132
Figura 93 - Estreito de Breves - Planta 29.....	133
Figura 94 - Estreito de Breves - Planta 30.....	133
Figura 95 - Estreito de Breves - Planta 31.....	134
Figura 96 - Estreito de Breves - Planta 32.....	134
Figura 97 - Estreito de Breves - Planta 33.....	135
Figura 98 - Estreito de Breves - Planta 34.....	135
Figura 99 - Estreito de Breves - Planta 35.....	136
Figura 100 - Estreito de Breves - Planta 36.....	136

Figura 101 - Estreito de Breves - Planta 37.....	137
Figura 102 - Estreito de Breves - Planta 38.....	137
Figura 103 - Estreito de Breves - Planta 39.....	138
Figura 104 - Estreito de Breves - Planta 40.....	138
Figura 105 - Estreito de Breves - Planta 41.....	139
Figura 106 - Estreito de Breves - Planta 42.....	139
Figura 107 - Squat	249
Figura 108 - Largura da faixa de trajetória varrida	252
Figura 109 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme	253
Figura 110 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme	253
Figura 111 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme	254
Figura 112 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme	254
Figura 113 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme	255
Figura 114 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	256
Figura 115 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	257
Figura 116 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	258
Figura 117 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	258
Figura 118 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	259
Figura 119 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme.....	260

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação transporte hidroviário Brasil – USA - União Européia (EU).....	23
Tabela 2 - Características das embarcações utilizadas na formação dos comboios	47
Tabela 3 - Formação do comboio 3x4	48
Tabela 4 - Formação do comboio 4x4	49
Tabela 5 – Formação do comboio 4x5	49
Tabela 6 - Formação do comboio 4x3	50
Tabela 7 - Formação do comboio 4x4	50
Tabela 8 - Formação do comboio 5x5	51
Tabela 9 - Faixa de manobra básica	68
Tabela 10 - Dimensionamento do canal de navegação, item velocidade do navio	68
Tabela 11 – Dimensionamento do canal de navegação, item vento pelo través	69
Tabela 12 – Dimensionamento do canal de navegação, item corrente pelo través	69
Tabela 13 – Dimensionamento do canal de navegação, item corrente longitudinal	70
Tabela 14 – Dimensionamento do canal de navegação, item altura significativa de H_s e λ	70
Tabela 15 - Dimensionamento do canal de navegação, item auxílios à navegação	71
Tabela 16 – Dimensionamento do canal de navegação, item tipo de fundo	71
Tabela 17 – Dimensionamento do canal de navegação, item profundidade da hidrovia	71
Tabela 18 - Dimensionamento do canal de navegação, item periculosidade da carga.....	72
Tabela 19 – Largura adicional para distância das margens	72
Tabela 20 - Largura adicional para distância das margens para dupla faixa.....	74
Tabela 21 - Raio de curvatura mínimo	76
Tabela 22 - Valor apropriado de segurança com relação profundidade/calado	78
Tabela 23 - Fórmulas de squat em relação às configurações do canal	80
Tabela 24 – Ângulo de deriva e a relação entre h/T	84
Tabela 25 – Velocidade do comboio em relação a área de navegação.....	85
Tabela 26 – Larguras mínimas	89
Tabela 27 - Largura em função da corrente e auxílios à navegação.....	89
Tabela 28 - Largura adicional em função da deflexão do canal.....	90
Tabela 29 – Dados das curvas de Boiuçu	140
Tabela 30 – Dados das curvas de Breves	142
Tabela 31 - Informações ambientais consideradas	247
Tabela 32 - Dimensões do canal de navegação	248

Tabela 33 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Boiuçu - PIANC.....	248
Tabela 34 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Breves - PIANC	249
Tabela 35 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Boiuçu - USACE.....	261
Tabela 36 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Breves - USACE	261

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CPAOR	Capitania dos Portos da Amazônia Oriental
CFAOC	Capitania Fluvial da Amazônia Ocidental
CFS	Capitania Fluvial de Santarém
CF	Capitania Fluvial
CMR	Calado Máximo Recomendado
CP	Capitanias dos Portos
DPC	Diretoria de Portos e Costas
EFC	Estrada de Ferro Carajás
ETC	Estação de Transbordo de Carga
FAQ	Folga Abaixo da Quilha
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMO	<i>International Maritime Organization</i>
IP4	Instalações Portuárias Públicas de Pequeno Porte
IPT	Instalações Portuárias de Turismo
MM	Margem de Manobrabilidade
M.t	Milhões de toneladas
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima
NPCF	Normas e Procedimentos para as Capitancias Fluviais
NPCP	Normas e Procedimentos para as Capitancias dos Portos
PHE	Plano Hidroviário Estratégico
PIANC	<i>Permanent International Navigation Association</i>
THI	Transporte Hidroviário
TUP	Terminal de Uso Privado
UKC	<i>Under Kell Clearance</i>
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i>

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	Considerações gerais	22
1.2	Hipótese	26
1.3	Objetivos	26
1.3.1	Objetivo geral	26
1.4	Justificativa da pesquisa	27
1.4.1	Aspectos econômicos e de segurança da navegação nos Estreitos de Boiçu e Breves	27
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	32
2.1	Padrões normativos internacionais	32
2.2	Norma PIANC	36
2.3	Norma Usace	37
2.4	Cenário logístico da Amazônia Oriental	38
2.5	Caracterização da navegação nos Estreitos de Boiçu e Breves	42
2.5.1	Carga transportada	43
2.5.2	Tipos de embarcações que navegam nos Estreitos	44
2.6	Embarcação-tipo	46
2.6.1	Características do comboio	47
2.6.2	Tipos de formação de comboios	47
2.7	Competências e normas da Marinha do Brasil	51
2.8	Análise dos limites operacionais da navegação nos Estreitos em função das características da via e dos comboios	54
3	ÁREA DE ESTUDO	56
3.1	Características geomorfológicas da Amazônia	59
3.2	Características climáticas	61
3.3	Características hidrodinâmicas	62
3.3.1	Marés	62

3.3.2	Ventos.....	63
3.3.3	Correntes.....	64
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	66
4.1	Dimensionamento do canal de navegação – Norma PIANC.....	66
4.1.1	Largura em trechos retos	67
4.1.2	Largura em trechos curvos	75
4.1.3	Profundidade.....	77
4.1.4	Área mínima da seção transversal	82
4.1.5	Ângulo de deriva	83
4.1.6	Ângulo de deriva e leme.....	85
4.1.7	Manobrabilidade.....	85
4.2	Dimensionamento do canal de navegação – Norma USACE.....	86
4.2.1	Largura em trechos retos	87
4.2.2	Largura em trechos curvos	89
4.2.3	Profundidade.....	90
4.2.4	Área mínima da seção transversal	90
4.2.5	Velocidade limite.....	91
4.3	Limites operacionais	92
4.3.1	Ângulo de deriva	93
4.3.2	Manobrabilidade.....	94
4.3.3	Lâmina de água sob a quilha (UKC)	95
4.3.4	Calado máximo recomendado	97
5	ESTUDO DE CASO: ESTREITOS DE BREVES E BOIUÇU	99
5.1	Estudo de navegabilidade	99
5.1.1	Dimensões do comboio tipo	99
5.2	Geometria dos canais de navegação	100
5.3	Raios de curvatura e tangentes.....	102

5.4	Profundidades	102
5.5	Referências de navegabilidade.....	102
5.6	Áreas com restrições	103
5.7	Plantas dos Estreitos de Breves e Boiçu	103
5.8	Análise das condições de navegabilidade dos Estreitos de Boiçu e Breves	140
5.8.1	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do Rio Amazonas para o Estreito de Boiçu – Raio 3470 m	144
5.8.2	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiçu – Raio 694.....	183
5.8.3	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiçu – Raio 1735.....	172
5.8.4	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiçu – Raio 1041.....	179
5.8.5	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 3470	191
5.8.6	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 694.....	234
5.8.7	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 1041	220
5.8.8	Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 1735	225
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	247
6.1	Características gerais	247
6.2	Dimensionamento pela metodologia PIANC	248
6.2.1	Profundidade do canal de acesso	248
6.2.2	Largura do canal de acesso.....	251
6.2.3	Largura em trechos em transição.....	252
6.2.4	Alinhamento	255

6.2.5	Raio de curvatura mínimo	256
6.3	Dimensionamento pela metodologia USACE	260
6.3.1	Profundidade do canal de acesso	260
6.3.2	Largura do canal de acesso	263
6.4	Harmonização da norma PIANC e USACE	263
6.4.1	Profundidade.....	264
6.4.2	Largura.....	264
6.4.3	Raios de curvatura e tangentes	264
7	CONCLUSÃO	265
8	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	268

Se você não sabe qual o seu porto de destino,
nenhum vento lhe será favorável".
SÊNECA (c. 4 A.C. - 65 D.C.)

“As nuvens mudam sempre de posição,
mas são sempre nuvens no céu.
Assim devemos ser todo dia, mutantes,
porém leais com o que pensamos e sonhamos; lembre-se,
tudo se desmancha no ar, menos os pensamentos” (Paulo Beleki).

1 INTRODUÇÃO

Com o intuito de dar mais eficiência ao escoamento de grãos do estado do Mato Grosso localizado na região centro-oeste do Brasil, que por sua vez é o estado que mais produz soja, e de se evitar os congestionamentos nos portos sul e sudeste como o de Santos (SP), Paranaguá (PR) e até São Francisco do Sul (SC) e Rio Grande (RS), que se encontram a mais de 2 mil km de distância dos centros produtores de grãos, o corredor centro norte é uma das opções logisticamente mais viável para o transporte desses grãos em direção ao mercado internacional.

Empresários em busca de alternativas logísticas vislumbraram o escoamento dessas *commodities* através de portos localizados no norte, chamado de corredor norte. Como consequência do avanço da cadeia produtiva da soja no cenário internacional, propiciou o surgimento de uma nova rota de escoamento da produção utilizando uma alternativa multimodal, desde o centro produtor, BR-163 até o município de Itaituba, especificamente no Distrito de Miritituba (PA), localizado na margem direita do rio Tapajós, que funciona como uma espécie de “*hub ports*” na recepção da produção do Mato Grosso e distribui em comboios de barcaças aos portos exportadores de Santarém (PA), Vila do Conde (PA) e Santana (AM).

Para ter acesso aos portos do corredor norte, o rio Tapajós, conjuntamente com a região dos Estreitos de Breves e Boiuçu são utilizados para o escoamento dessas cargas através de comboios de empurra que chegam a 347 metros de comprimento, 53,35 metros de boca e em torno de 3,7 metros de calado com capacidade total de carga de 50.000 toneladas, considerando uma barcaça de 2.000 toneladas por barcaça constituinte do comboio.

A alternativa multimodal, experimentada para solucionar e minimizar os gargalos logísticos, é a utilização da rodovia BR-163, em conjunto com a hidrovia do Tapajós, que se estende do rio Amazonas e do rio Pará até chegar a Barcarena, seguindo para os mercados importadores como China, Europa e Estados Unidos.

Para manter a segurança da navegação, e consequentemente a manutenção econômica do tráfego fluvial nos Estreitos de Breves e Boiuçu, bem como a minimização de impactos ambientais, os quais são fatores importantes que contribuem para viabilizar o transporte hidroviário interior, em larga escala, de forma a consagrá-lo como uma alternativa para o escoamento de grãos e qualquer outro tipo de carga, fazem-se necessários estudos para que contribuam e desenvolvam a região amazônica.

1.1 Considerações gerais

A caracterização da navegação interior está diretamente ligada à hidrografia de uma região. A instalação da infraestrutura necessária para transporte nas vias fluviais é considerada um fator imprescindível para o sucesso da rota de navegação pela região dos Estreitos.

De acordo com Santana e Tachibana (2004), um projeto hidroviário é composto por quatro principais elementos físicos: as vias, as embarcações, as cargas e os terminais.

A existência das Estações de Transbordo de Carga (ETC) localizada em Miritituba, não caracteriza que o transporte de grãos aconteça organizadamente com todo o levantamento e estudos necessários de forma qualitativa; e a futura "Hidrovia dos Estreitos" precisa de um levantamento de suas condições antes de ser utilizada, para que sejam projetadas suas necessidades, tais como sinalização, balizamento e, talvez obras especiais para evitar o fenômeno de terras caídas e das marolas geradas pelas embarcações que alcançam as margens, pois também contribuem para o assoreamento do leito do rio.

Evidentemente, o gerenciamento operacional não deve se restringir a manutenção do sistema hidrográfico. Também, deve-se observar o sistema que dá apoio de infraestrutura à navegação, que nesse caso são as ETC, portos e a sinalização. As ETC e os portos devem ter uma boa logística para que ocorra um controle gerencial efetivo e de integração entre ambos, e a sinalização deve estar no local adequado e necessário a exercer o seu papel de auxiliar os navegantes, como também deve ser de boa qualidade, confiabilidade e manter sua integridade ao longo do tempo. E para que esta logística ocorra, verifica-se que o desenvolvimento hidroviário interior está relacionado com o desenvolvimento da produção agrícola e dos portos marítimos.

A Figura 1 mostra a relação existente entre produção agrícola, via navegável e terminais.

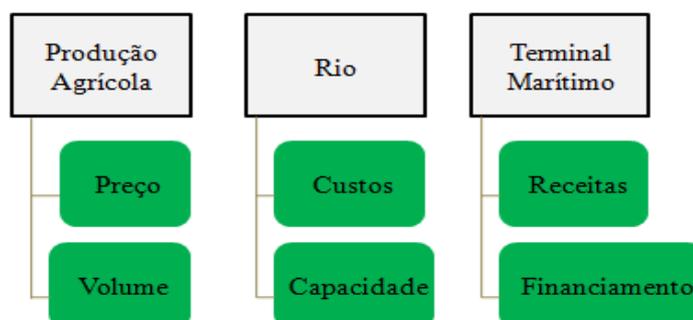


Figura 1 - Relação entre o crescimento da produção agrícola, o desenvolvimento do porto marítimo e a utilização do rio

Fonte: PHE (BRASIL, 2017a).

Conforme Brasil (2017a, p. 52), do Plano Hidroviário Estratégico (PHE) existem fatores importantes para o desenvolvimento do transporte hidroviário:

As empresas de tradings, que operam com a compra e venda de soja e milho, desempenham um papel muito importante no desenvolvimento hidroviário porque estão envolvidas com a grande parte dos volumes. Há outro fator importante, que seria esse valor de custos de transporte rodoviário e hidroviário (contudo, a hidrovia ainda não está desenvolvida). O problema está na relação de dependência entre a hidrovia e as regiões produtoras: sem a hidrovia não há valorização, e sem novas áreas produtoras não há financiamento suficiente. Os portos marítimos também se beneficiam significativamente com o transporte fluvial, devido ao aumento dos volumes.

Por ser um produto de baixo valor agregado e transacionado em elevados volumes, a soja em grão necessita de um modal de transporte de grande capacidade e baixo custo unitário, mesmo que não sejam considerados outros atributos, como a frequência e o prazo de entrega da produção (FLEURY, 2005).

Empreendedores do agronegócio são obrigados ao contínuo aprimoramento de práticas que objetivam: analisar e otimizar os fluxos operacionais, eliminar as atividades que não agregam valor, reduzir custos, reduzir os prazos de entrega, melhorar o fluxo de informação entre os componentes da cadeia produtiva, e ofertar produtos de qualidade (SILVA, 2002).

Na Tabela 1, do PHE, observa-se um comparativo entre área territorial, extensão de hidrovia, extensão hidroviária operacional, carga anual transportada e o tamanho da frota, tendo por base a Europa, Estados Unidos e o Brasil (BRASIL, 2017a).

Nela constam os principais aspectos em relação às hidrovias, na Europa, Estados Unidos e no Brasil.

Tabela 1 - Comparação transporte hidroviário Brasil – USA - União Européia (EU)

Aspecto	Europa	Estados Unidos	Brasil
Tamanho em km ²	10.180.000	9.826.675	8.514.877
Extensão das hidrovias em Km	51.668	41.009	41.994
Extensão das hidrovias navegáveis (utilizadas para o comércio) em km	UE 25: 37.200 UE 27 2008: 40.929	19.312	20.956
Carga anual transportada pelo THI	Reno: 310 M.t	Mississipi: 483 M.t	Brasil total: 25 M.t
Tamanho da frota (quantidade de embarcações)	17.679	40.512	85

Fonte: PHE (BRASIL, 2017a).

Segundo Brasil (2017b), do Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE) diz que "A distribuição espacial da logística de transportes no território brasileiro apresenta

predominância de rodovias, concentradas principalmente no Centro-Sul do país, em especial no estado de São Paulo."

Na obra de Campêlo e Duhá (2009, p. 37), um dólar pode transportar uma tonelada de carga por 335 milhas hidroviárias, 67 milhas nas ferrovias, 15 milhas nas rodovias e 5 milhas nas aerovias.

Conforme Brasil (2017b), o IBGE diz que "o modal rodoviário só não predomina na região amazônica, onde o transporte por vias fluviais tem grande importância."

Campêlo e Duhá (2009, p. 36) mencionam ainda, em seu trabalho, que em países desenvolvidos são priorizados investimentos que contemplam os interesses da sociedade. Os governantes que sempre se rendem às necessidades e às solicitações de bens comuns.

O Brasil se encontra na contramão, por exemplo, a matriz de transportes anda ao contrário das discussões populares. Apesar da exaltação da temática das hidroviárias, os orçamentos pendem sempre para outros itens, devido, por muitas vezes, à pressão de grupos econômicos e de políticos.

Diniz et. al (2010, p. 11) acrescentam ainda que mesmo sendo uma alternativa competitiva, o transporte por hidroviárias se encontra cada vez mais limitado em decorrência da concorrência com o modal rodoviário e da falta de investimentos, tanto em infraestrutura quanto em integração com outros modais. Esse fato acaba por gerar danos ao sistema que, pela falta de utilização, sofre negligências na manutenção de suas vias.

O Pará, dentro da esfera estadual e nacional, insere-se nesse quadro de falta de aproveitamento e de incentivo do modal. Através da história que retratou o ciclo da borracha e da abertura dos portos às nações amigas, bem como a importância que a navegação teve através de um papel preponderante no desenvolvimento estadual e, junto a isso, o potencial que existe da malha hidroviária da Amazônia.

O desaproveitamento das hidroviárias na Amazônia pode ser caracterizado pela falta de proximidade com os centros consumidores sul/sudeste e de indústrias próximas ao sistema.

Freitas (2013, p. 68) explica o desinteresse pelas hidroviárias:

Chegou um ponto em que tanto operar quanto trabalhar em hidroviárias começou a deixar de ser alvo de interesse da sociedade. Isso se deveu a uma reação em cadeia que o transporte rodoviário propiciou: a ascensão da sua utilização e tecnologias perante a oferta e demanda instaurada ao sistema o tornou a opção preferencial, enquanto o modal hidroviário, passando dessa forma ao desinteresse geral, obteve decadência na sua utilização, operação e, conseqüentemente, dos seus investimentos.

Freitas (2013, p. 68) complementa que existe a saturação de diversos pontos em questão, tais como:

O excesso do crescimento de somente um modal de transporte acarreta em gargalos que não poderão ser envolvidos através do mesmo modal. A quantidade excedente de veículos nas vias, nas baixas condições de manutenção (e muitas vezes até de construção) das rodovias e, principalmente, as questões ambientais agregadas a esse crescimento chegam a um ponto de esgotamento o qual direciona o sistema para uma reavaliação. E, quando há problemas insustentáveis por ele mesmo, nasce a necessidade de recorrer a novas alternativas.

A malha hidroviária da Amazônia está formada naturalmente. É salutar o desenvolvimento de uma logística de transporte de cargas que envolva a Amazônia e o Pará como um todo, pois se faz necessário o uso de modais mais sustentáveis, já que as rodovias estão cada vez mais sobrecarregadas e conseqüentemente com menos qualidade, apesar do uso constante de tecnologias.

Para Afonso (2006), o uso do modal hidroviário no transporte de cargas representaria uma redução nos custos de 44% em relação ao ferroviário e de 84% frente ao rodoviário.

De acordo com a Confederação Nacional dos Transportes (CNT) para o transporte de *commodities*, a intermodalidade (rodovia/hidrovia/ferrovia) é muito mais vantajosa, se comparada ao uso isolado da rodovia, com os custos sendo entre 15% e 20% menores (TORRES, 2006).

No entanto, a baixa densidade de hidrovias e ferrovias no Brasil o equivalente a 5,6 km/1.000 km² e a 3,4 km/1.000 km², respectivamente, contra 17,3 km/1.000 km² no modal rodoviário (BRASIL, 2002c).

A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) comenta que a Ferrovia Lucas do Rio Verde/MT – Itaituba/PA (Distrito de Miritituba) tem como objetivo melhorar o escoamento da produção agrícola do Centro-Oeste, conectando-se no Pará ao Porto de Miritituba, na hidrovia do Tapajós. As melhorias logísticas proporcionadas trarão maior competitividade às *commodities* agrícolas brasileiras (BRASIL, 2017d).

O equilíbrio de todos os modais é necessário, mesmo que os investimentos no modal rodoviário sejam superiores, não se esquecendo de inserir e de reorganizar o transporte hidroviário, não apenas com planejamentos que não saem do papel, mas com ações pontuais que o desenvolva e reestruture a utilização dos demais sistemas atuando em conjunto.

Segundo o Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPEAD), boa parte das vias navegáveis brasileiras apresentam baixa viabilidade econômica resultado da política de baixo investimento governamental que refletem historicamente na matriz hidroviária da navegação interior (BRASIL, 2017e).

1.2 Hipótese

Os canais de navegação nos Estreitos de Breves e Boiuçu apresentam, sob ótica normativa, características, parcialmente adequadas ao desenvolvimento de uma navegação plena e segura de comboios com 347 m de comprimento e 53 m de boca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo principal deste trabalho é estudar a viabilidade técnica da navegação em vias fluviais de acesso ao rio Amazonas, mais precisamente nos Estreitos de Boiuçu e de Breves, tendo como parâmetros técnico e normativo a serem atendidos pelas Normas da PIANC e USACE.

1.4.2 Objetivos específicos

Na relevância de nossos rios brasileiros, este trabalho se baseia em estudar os Estreitos de Boiuçu e de Breves, importantes vias de acesso à Amazônia, bem como se o comboio em exceção à regra de 347 m de comprimento atende com segurança a navegação nos Estreitos e os anseios econômicos para escoamento das *commodities* para os mercados exportadores, faz-se, então, necessário uma análise técnica da navegação dos Estreitos que garanta a eficiência, segurança e mantenha a simbiose com o meio ambiente. Dentre os objetivos específicos cabe destacar os seguintes:

- Verificar o atendimento a recomendações técnicas de normas internacionais (PIANC e USACE), pertinentes ao dimensionamento de canais de navegação em vias navegáveis interiores;
- Definir parâmetros técnicos normativos necessários ao dimensionamento geométrico de canais de navegação;
- Identificar os locais com restrição de calado, largura ou de raio de curvatura e novos traçados ao canal de navegação, visando a uma navegação segura aos comboios.

1.4 Justificativa da pesquisa

1.4.1 Aspectos econômicos e de segurança da navegação nos Estreitos de Boiúçu e Breves

Percebe-se que os Estreitos são obstáculos naturais ao escoamento de carga efetuado pelos comboios, e o exímio conhecimento das condições de navegabilidade e o conhecimento do tráfego de embarcações total, que a via suporta, determinarão as possibilidades de quantidade de carga a ser transportada e escoada para os portos rumo ao exterior, bem como o comboio-tipo compatível à região.

De acordo com o Ministério dos Transportes, o Brasil apresenta grande potencial para utilização da navegação fluvial, com cerca de 60 mil km de rios, lagos e lagoas. Desse total, mais de 40 mil km são potencialmente navegáveis, no entanto, a navegação comercial ocorre em pouco mais de 13 mil km, com significativa concentração na Amazônia (BRASIL, 2010f).

Segundo o Ministério da Indústria e Comércio Exterior (MDIC) no ano de 2017, o Brasil, exportou US\$ 217 bilhões, com especial destaque para os produtos transportados por via marítima, que são praticamente a totalidade, ilustrando a importância do modal e, conseqüentemente, do mercado de transportes marítimos para o comércio exterior brasileiro BRASIL (2018,g).

Na Figura 2, verifica-se o crescimento do granel sólido agrícola e do minério de ferro, estes têm influenciado o crescimento do número do transporte aquaviário por grupo de mercadoria. Tratando-se de *commodities*, com grandes volumes a serem transportados por via marítima/fluvial, também têm influenciado no número de embarcações entregues relativo aos comboios para a navegação interior, Figura 4.

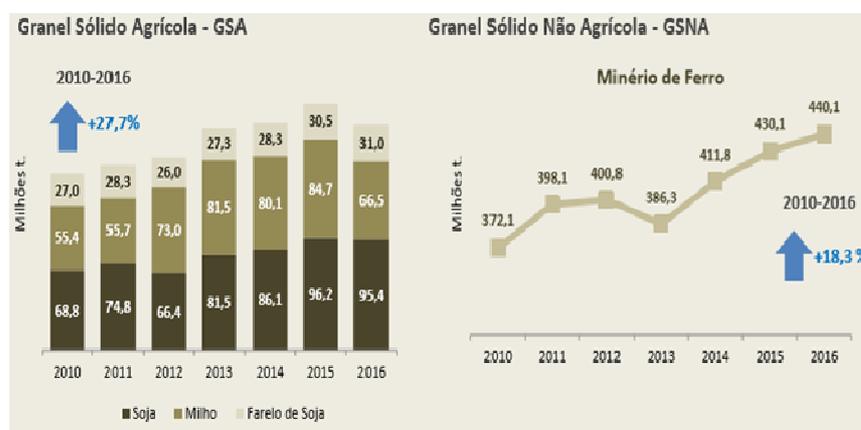


Figura 2 - Gráfico granel sólido agrícola e não agrícola

Fonte: BRASIL, (2017c).

Segundo BRASIL (2016h), o aumento da participação do Arco Norte na exportação agrícola em 2010 foi de 16% e em 2016 passou a ser de 22%, bem como o crescimento do escoamento agrícola por Santarém, no período de 2010 a 2016, aumentou consideravelmente a marca de 210%.

Essa mesma trajetória do aumento do fluxo comercial de *commodities* pode ser acompanhada na evolução do transporte de granel sólido, observado na Figura 2, elaborado pelo Ministério dos Transportes (MT) e logo abaixo descreve o número de quantidade de carga transportada - Figura 3.

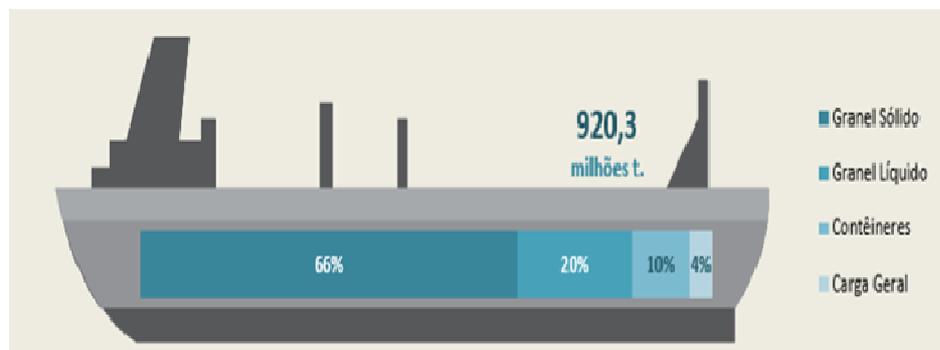


Figura 3 - Quantidade de carga transportada por via marítima
Fonte: BRASIL, (2017c).

Na Figura 4, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ) através do Anuário Estatístico de Transportes destaca a evolução no número de embarcações entregues, voltadas à navegação interior que, em 2016, representou 63,4% do total entregue; ao passo que em 2010 essa participação foi de 12,8%.

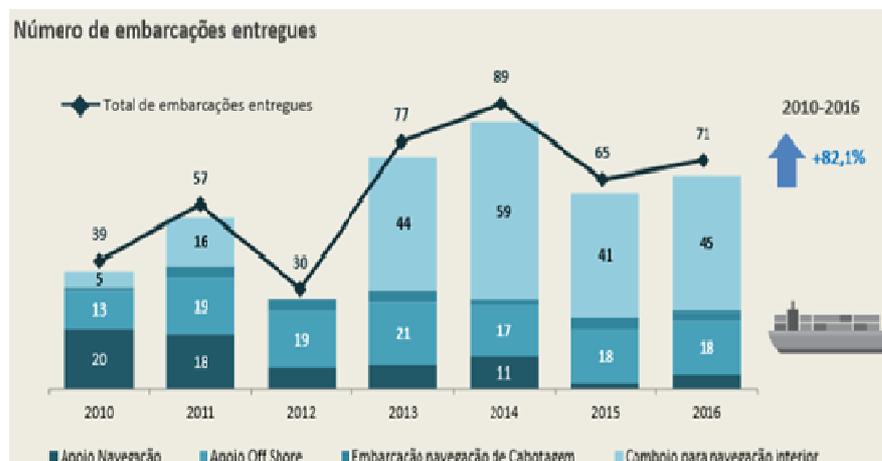


Figura 4 – Número de embarcações entregues
Fonte: BRASIL, (2017c).

O transporte hidroviário vem se destacando cada vez mais, restando agora o fortalecimento da navegação interior, pois a malha de distribuição interna ainda é extremamente presa ao transporte rodoviário, que é menos seguro, menos pontual, mais poluente e mais caro quando comparado à relação custo x benefício. Notadamente, percebe-se a influência do transporte hidroviário na economia de um país e o quanto esse fator pode influenciar favoravelmente no desenvolvimento.

No sistema de transportes, a hidrovia está inserida e nela comunicam-se elementos de interesses econômicos, ambientais e de segurança da navegação; estimula, naturalmente, conflitos de interesse no que tange a utilização das águas. Tais conflitos envolvem interesses locais, regionais, estratégicos em nível nacional e até internacional.

Segundo Santana e Tachibana (2004), o modal hidroviário sob o aspecto econômico tem as seguintes vantagens:

- Modal de competitividade ímpar, quando se trata de transportar grandes volumes de carga (> 500.000 t/ano) a grandes distâncias (> 500 km), principalmente grãos e combustíveis;
- Com poucas intervenções e investimentos, dezenas de milhares de quilômetros de malha viária ficariam disponíveis para a navegação durante todo o ano;
- Racionaliza a potência dos motores;
- Com 1 HP pode-se movimentar 5 toneladas por hidrovia, 0,5 a 1 toneladas por ferrovia e somente de 0,15 a 0,20 toneladas por rodovia; e
- Mobiliza maior carregamento de uma só vez.

E complementa relacionando as vantagens econômicas e ambientais tais como:

- Diminui a exaustão de recursos naturais;
- Menor consumo de combustíveis;
- Menor peso necessário para transportar 1 tonelada de carga útil;
- Maior tempo de vida útil dos veículos; e
- Menor custo de implantação (IBID, 2004).

O aumento da dinâmica da hidrovia do Tapajós ocasionará um aumento do fluxo de tráfego no decorrer da navegação no Estreito de Boiuçu e Breves, e os investimentos apontam a intenção de movimentar maiores quantidades de grãos através dos empurradores e das barcaças.

Os Estreitos não serão somente utilizados pelas embarcações habituais acostumadas a navegar naquela região, mas, terão cada vez mais, em sua paisagem, a frequência da passagem de comboios, e que pela pouca manobrabilidade necessitarão no mínimo ter maior atenção quanto às regras básicas de navegação, para que se cumpra uma derrota segura sem grandes percalços.

Segundo Wiegmans (2015), as economias de escala são mais fáceis de atingir e podem ser maiores no transporte por vias navegáveis interiores do que no transporte ferroviário e, conseqüentemente, o transporte intermodal de navegação interior pode oferecer um desempenho de custo mais competitivo para os transportes rodoviários.

Cada vez mais, as empresas procuram diminuir os custos e aumentar os seus ganhos econômicos, e uma das possibilidades para alcançar este objetivo é aumentando o comprimento desses comboios-tipos (PADOVEZI, 2003).

No atual cenário, a otimização das embarcações é um fator que passa a ter grande importância, bem como a busca por um comboio-tipo mais adequado à via navegável dos Estreitos, por conseguinte garanta uma maior eficiência no transporte de grãos, e reduza a agressão ao meio ambiente.

Dessa maneira, o Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT) diz que se não houver atividade econômica que demande utilização mínima de transportes de mercadorias em uma determinada região, indubitavelmente, investimentos em qualquer tipo de infraestrutura de transporte modal não terão resultados significativos, por menores que sejam seus custos de utilização por parte dos operadores logísticos. Ainda mais, quando se trata em modificar e distender regiões com tímido desenvolvimento econômico como é o caso do Pará (BRASIL, 2012i).

Não tem como não se lembrar das questões ambientais, pois a região onde se pretende fomentar o transporte hidroviário são regiões de pouca habitabilidade, além disso, a matriz de transporte hidroviária ainda está em tímido desenvolvimento no país. Por consequência, terão leis mais severas, quando comparado ao rodoviário, elevando as exigências na questão ambiental, tendo em vista que a água tem importância salutar na vida da comunidade ribeirinha e será utilizada para navegação de forma comercial.

A segurança da navegação na Amazônia necessita de melhorias e de investimentos, tendo em vista a vasta quantidade de rios navegáveis, consequência da falta de investimentos por parte do Governo Federal nessa área, aliado a um grande período de abandono, agravado pela atual crise financeira que restringe à atuação dos órgãos ligados diretamente ao setor.

A influência da economia de escala no transporte realizado em águas interiores é levada em consideração, pois cada vez mais os armadores e afretadores buscam o desempenho econômico do transporte.

Em contrapartida, os órgãos fiscalizadores e reguladores, e as administrações hidroviárias dão importância a segurança da navegação (PADOVEZI, 2003).

Nenhuma das partes pode ser negligenciada, não se pode querer somente a aferição de lucros em detrimento da segurança, vice-versa, também não se pode colocar padrões altos de segurança e inviabilizar o negócio. Logo, órgãos governamentais e empresas privadas precisam entrar em consenso para que nenhuma das partes saia prejudicada.

Para a navegação nos rios, observa-se a utilização das cheias para garantir a segurança e maximização econômica do transporte, e em outras situações, o rio é utilizado sem que a sua navegabilidade esteja no ápice. Então, faz-se necessário a observação de três fatores como o desempenho econômico, segurança da navegação e meio ambiente.

A lucratividade líquida não deve ser o único fator a ser observado, e os *stakeholders* não devem querer maximizar esses ganhos em prejuízo da segurança, os riscos que podem surgir com a negligência da segurança podem causar acidentes de grande monta que não vale a inviabilização da via navegável. Se cada vez mais os riscos forem maiores para garantir ganhos econômicos, acidentes podem ocorrer.

E no viés dos órgãos regulamentadores, que em suma possuem na sua missão a manutenção da segurança da navegação hidroviária, não podem aumentar as restrições à navegação que impossibilitem a rentabilidade econômica para que não exista probabilidade de acidentes. O ideal é a existência de equilíbrio, pois a ocorrência de acidentes pode causar a interrupção do tráfego, bem como um derramamento de óleo afetaria de sobremaneira o meio ambiente.

Segundo Padovezi (2003), as embarcações fluviais para o transporte de cargas apresentam, de maneira geral, duas características importantes: baixos calados, como consequência de restrições de profundidade de maior parte das hidrovias; grandes deslocamentos resultantes da otimização econômica dos transportes.

A conjunção de baixos calados com grandes deslocamentos leva a altos carregamentos dos propulsores das embarcações, porque a restrição de calado implica em limitações de diâmetros das hélices e grandes deslocamentos exigem alto valor de empuxo para a embarcação em determinada velocidade.

Segundo Almeida & Brighetti (1997), o rio navegável só tem sentido quando definido o tipo e dimensões da embarcação que deve trafegar. O conceito de navegabilidade está intimamente ligado ao aspecto econômico do transporte, variando dentro de grandes limites em função da região considerada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Investigou-se tecnicamente de forma minuciosa a respeito do tema abordado através de métodos e de procedimentos técnicos encontrados em bibliografias especializadas sobre o assunto. Pesquisou-se a bibliografia internacional disponível, tais como as normas estrangeiras, com destaque, a norma europeia, PIANC (1999 e 2004) e americana USACE (1980 e 2006) dentre outros, bem como textos nacionais ligados à área. Seguidamente são retratadas de forma resumida as normas, os livros, trabalhos acadêmicos e artigos com estudos similares com o intuito de desenvolver este trabalho.

2.1 Padrões normativos internacionais

Segundo Guard (2001), no transporte em vias navegáveis é esperado que as embarcações utilizassem toda a profundidade e largura disponível do canal, e ainda, é necessário equilibrar cuidadosamente todas as necessidades de acomodar os usuários da via, procurando maximizar os benefícios econômicos para a indústria, além de manter as condições necessárias de segurança.

Conforme Cunha (2014), um aspecto que afeta as condições de navegabilidade é a profundidade, ou seja, os níveis d'água existentes na hidrovia. Estes níveis d'água podem variar e afetar positivamente ou negativamente a sua utilização como via navegável.

Del Estado (2007) cita que é muito importante à identificação dos níveis de água na região em que a embarcação está navegando, bem como as profundidades de água, em que serão consideradas folgas e margens de segurança, para que se obtenha o grau de operacionalidade da região a ser navegada. Se a área estiver permanentemente operacional, pelo menos no que diz respeito aos parâmetros de profundidade adequada, folga abaixo da quilha e margem de segurança, bastaria fixar o nível de referência de água ao nível mais baixo.

Para a região dos Estreitos é muito importante à formação de base de dados para a utilização de séries históricas de hidrologia e marés, pois, para a área essa medição é crucial, a fim de que se possa ter o acompanhamento necessário, condicionando a uma tomada de decisão para o estabelecimento de um calado adequado.

O tamanho de uma série histórica tem grande importância, haja vista que ele representará a possibilidade de ocorrência, ou seja, quanto maior, maior será a

representatividade do evento, tendo como referência seu registro histórico, portanto, o ajuste de uma distribuição de probabilidade busca sua aplicação para estimar as frequências de eventos que ainda não foram registrados e que normalmente são aplicados a projetos hidráulicos (CUNHA, 2014).

E para estudos de níveis d'água pode-se gerar um gráfico conhecido como “Curva de Permanência, no qual significa obter a porcentagem de tempo (ou permanência), em que um determinado evento é superado ou igualado”. Estudos com esta conotação têm várias importâncias práticas, por exemplo, na determinação de um nível mínimo de um curso d'água que permita estabelecer critérios para a segurança da navegação (CUNHA, 2014).

Segundo as Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos (NPCP), do Rio de Janeiro, não é suficiente estar com um calado menor que a profundidade de um dado local para nele se passar com segurança. Há de ser consideradas variáveis como a velocidade, a largura do canal, as possíveis alterações de densidade d'água, e outras que podem causar variações de calado e de alterações de manobrabilidade do navio (MARINHA DO BRASIL, 2012a).

Conforme Guard (2001), os parâmetros mínimos necessários de entrada para determinar as dimensões mínimas de uma via aquática necessárias uma navegação segura são as seguintes:

O componente crítico no projeto da hidrovia é a seleção do navio-tipo e ao avaliar os parâmetros de manobra hidroviária, o navio-tipo é normalmente o maior navio que a hidrovia espera acomodar com segurança e eficiência. Os parâmetros necessários para o navio-tipo são comprimento, boca, calado máximo, velocidade, e manobrabilidade que é a determinação da qualidade das manobras efetuadas pelo navio em comparação com outro navio, bem como a densidade do tráfego na hidrovia. Os parâmetros da hidrovia, ou características da hidrovia, são determinados a partir de pesquisas de campo ou informações existentes. E essas informações levam em consideração as características do material de fundo, profundidade, velocidade, direção do vento, altura da onda, auxílio à navegação e praticagem. Tendo em vista que a escolha do navio-tipo é de grande importância para o estabelecimento da hidrovia, no qual as características gerais são fundamentais para definir a melhor embarcação.

Radfar (2017) diz que o navio-tipo é caracterizado por seu comprimento (L), largura (B) e calado (T) e pelas suas principais dimensões, bem como seu peso morto (DWT) ou arqueação bruta (GRT). Nas diretrizes de projeto e padrões técnicos, é comum apresentar fórmulas e gráficos de projeto baseados na correlação entre DWT / GRT com L, B e T.

USACE (2006, p.20) relata que o comprimento mais importante do navio é o comprimento entre as perpendiculares, uma vez que isso rege a capacidade de carga e a

hidrodinâmica do navio, e complementa que a boca moldada é a largura máxima do navio para as bordas externas dos membros estruturais do casco na seção transversal máxima da embarcação, que é geralmente na linha de flutuação localizado a meia-nau.

Ohtsu (2006) diz que a faixa básica de manobra contra o vento e a corrente deve ser calculada pelo ângulo de deriva total de acordo com a incidência do vento e da corrente. Em seguida, a deriva lateral ocorre devido à guinada do navio e é adicionada à faixa da manobra básica acima. O ângulo do leme deve ser calculado de acordo com a velocidade do vento e com limite inferior a 15 graus. Caso o ângulo calculado seja superior a 15 graus, a velocidade máxima do vento deve ser reconsiderada (IBID, 2006).

De acordo com a norma espanhola Del Estado (2007), o comportamento de um navio pode diferir muito de outro, de um tipo diferente, mas há sempre princípios básicos de manobra que se aplicam a todos eles em geral. A natureza e a magnitude das forças que atuam sobre um navio devem ser conhecidas para se determinar a manobrabilidade. E há várias forças que influenciam ou podem influenciar a manobrabilidade de um navio, tais como: as aplicadas pela propulsão, leme, âncora, cabos de atracação, aquelas causadas pela ação de rebocadores, hélices em manobras, aquelas causadas pelo vento, corrente e ondas, e aquelas forças geradas pela sucção de bancos ou interação entre embarcações etc.

Meurs (1978) diz que além da resistência longitudinal, que é compensada pela propulsão, outras forças serão exercidas no navio em movimento, incluindo forças do leme, forças de deriva e forças devido ao giro do navio. Quando um navio navega em águas paradas possui certa velocidade lateral, que pode ser notada através do fluxo ao redor do navio o qual é composto pela força centrífuga. O fluxo de água ao redor do navio aumenta e a sua direção ocorre principalmente no centro da curva de giro.

IALA (2011) comenta que uma embarcação, navegando em um canal, geralmente, produz certa quantidade de deriva de sua linha de curso, devido a várias causas que podem ser oriundas de forças externas. A detecção da deriva pode ser impossível de perceber quando a quantidade de deriva é pequena, mas, a deriva pode ser reconhecida quando a embarcação produz um desvio lateral considerável diferente do seu rumo.

A detecção da deriva da embarcação desempenha um papel importante no projeto da largura do canal. Uma largura mais estreita, geralmente, adota-se um canal com um nível mais alto de equipamentos e sistemas, logo a detecção de deriva pode ser feita mais facilmente. Além disso, uma embarcação de tamanho maior pode ser autorizada a navegar instalando um

nível mais alto de equipamentos e sistemas, mesmo em um canal existente que não pode ser ampliado devido a algumas limitações topográficas (IBID, 2011).

Segundo Briggs (2010), quando um navio navega em águas rasas sofre alterações na sua posição vertical, devido às forças hidrodinâmicas do fluxo de água que passam pelo navio, além dos movimentos induzidos por ondas tais como elevação (*heave*), inclinação (*pitch*) e rotação (*roll*), sendo o *squat* a redução na folga abaixo da quilha (UKC) entre uma embarcação em repouso e navegando, devido ao aumento do fluxo de água passando pelo corpo em movimento.

A prática padrão para delinear o canal inclui informações sobre a profundidade e a largura do canal para que seja possível garantir uma navegação segura. As considerações sobre profundidade incluem tolerâncias para o calado e, assim prover uma folga abaixo da quilha (UKC) segura. Da mesma forma, a largura do canal é baseada na adição de larguras adicionais. Existe uma linha tênue entre níveis adequados e excessivos de tolerância e seu efeito potencial na segurança da navegação, nos custos de projeto e manutenção (BRIGGS, 2003).

Conforme Del Estado (2007), a maneira como um navio se comporta quando em movimento ou manobra depende de muitos fatores, dentre os quais podem ser citados: meios de propulsão, sistema de governo, formato do casco, superestruturas, calado, condições de carga, águas rasas ou restrições da massa de água, em que o navio se move, a ação de rebocadores e efeitos de corrente, vento e ondas.

Ainda na visão de Del Estado (2007), a definição geométrica dos canais de navegação ou das bacias hidrográficas baseia-se em conhecer os espaços ocupados pelos navios, que dependem do tipo de navio e dos fatores que afetam os seus movimentos, o nível da água e os fatores que afetam a sua variabilidade.

Para que a navegação ocorra em condições seguras, os espaços ocupados pela embarcação devem ter espaço suficiente dentro dos espaços físicos disponíveis no local, para os quais fatores de incerteza relacionados aos limites tais como fundo, parâmetros, outras embarcações navegando ou flutuando, elementos afetando a superfície etc., devem ser levados em consideração (DEL ESTADO, 2007).

Segundo Ohtsu (2006), a profundidade, a largura e o alinhamento do canal podem ser calculados dependendo do tamanho do navio e dos espaços disponíveis para a navegação. A faixa de manobra, a largura adicional para as margens, a largura para a distância de passagem e a ultrapassagem são levadas em consideração para a largura do canal.

2.2 Norma PIANC

Segundo a PIANC (1997), após a escolha do tipo e dimensões do comboio-tipo é possível se realizar o dimensionamento do canal de navegação. Faz-se necessário conhecer as características do comboio-tipo para realizar o dimensionamento do canal de navegação da via, pois sem os dados, que definem a embarcação-tipo, torna-se impossível a aferição das características dos canais.

Esses e outros parâmetros são determinados a partir das características do comboio-tipo adotado (dimensões, velocidade, manobrabilidade) e de variáveis ambientais da região.

O canal de navegação a ser dimensionado refere-se aos Estreitos de Boiçu e Breves, futura Hidrovia dos Estreitos, os quais dão acesso às Estações de Transbordo de Carga (ETC), localizadas em Miritituba.

Para dar prosseguimento aos estudos, importantes parâmetros são necessários tais como larguras, sobrelarguras, raios de curvatura e profundidade que estão interligados e dependem um do outro para se ter uma representação do canal navegável.

O layout de um canal de navegação é em grande parte determinado pela área alagada, ou seja, o espaço livre que possui referente a água, isso inclui a orientação, o alinhamento do canal, as áreas de manobra dentro dos trechos do canal para necessidades de abarrancagem, caso estas existam, as bacias dos círculos de manobra até a atracação nos berços reais.

Essas dimensões são de grande importância: primeiro porque constituem uma parte importante do investimento total e, segundo, porque são difíceis de modificar quando construções são realizadas para atender o projeto e é realizado a homologação do levantamento hidrográfico efetuado.

Os aspectos do projeto são principalmente centrados no navio e referem-se ao comportamento na manobra sob a influência do vento, correntes e ondas, seus movimentos verticais nas ondas e os movimentos horizontais e verticais no berço. Portanto, é necessário entender as respostas relacionadas à manobra e a hidrodinâmica do navio. Outro aspecto a ser levado em conta é o transporte de sedimentos, em termos do efeito no canal de navegação no processo natural, e como o assoreamento pode ser minimizado.

Finalmente, os aspectos ambientais e de segurança também desempenham um papel no design do layout. Uma questão importante da navegação a ser desenvolvida é o aumento

do calado através da dragagem do canal existente, além do planejamento da remoção e deposição de material dragado.

Os métodos usados para determinar as dimensões horizontais dos canais e, em particular, suas larguras são os métodos empíricos, modelos de simulação de navegação em tempo rápido, modelos de simulação de navegação em tempo real e investigações de modelos físicos.

No estágio de projeto de conceito, as estimativas iniciais dos parâmetros físicos gerais do canal proposto, em termos de largura, profundidade e alinhamento, são determinadas a partir de dados do ambiente físico e outras informações disponíveis no início do processo de design.

O processo de Design de Conceito pretende ser rápido na execução e não exigir dados de entrada excessivos, portanto, as alternativas podem ser avaliadas rapidamente.

Os setenta e quatro valores de saída serão combinados com propostas ou suposições sobre limites operacionais e auxílios à navegação (AtoN).

Como consequência, o projeto conceitual fornecerá uma estimativa relativamente conservadora da largura necessária do canal, que pode ser otimizada, conforme apropriado, usando técnicas do projeto detalhado.

O projeto detalhado é um processo mais elaborado e pode ser utilizado modelos físicos, matemáticos ou de simulação para fornecer detalhes sobre aspectos como manobras de navios, fluxo de tráfego e análise de risco.

O projeto detalhado também envolve análises de risco marítimo em relação a intensidade do tráfego, regras de tráfego e capacidade de canal e, na maioria dos países, uma vez identificados os impactos ambientais, faz-se necessário estudos de avaliação do impacto marítimo.

2.3 Norma Usace

O design de um projeto de navegação requer um entendimento das necessidades portuárias e hidroviárias, montagem e avaliação de todas as informações pertinentes e desenvolvimento de um plano de melhoria racional. O planejador e/ou engenheiro de projeto é responsável pelo desenvolvimento e formulação de várias alternativas de projeto. Isso permitirá que o plano economicamente ideal seja claramente evidente e prontamente substanciado.

A segurança e a eficiência do projeto devem receber consideração primária antes que a relação custo-eficácia do projeto seja determinada.

O planejamento do projeto exigirá a antecipação de possíveis problemas operacionais e de desenvolvimento e a avaliação de soluções alternativas. O custo de cada projeto proposto deve ser considerado no desenvolvimento ou aprimoramento de projetos alternativos de projetos do canal.

Um plano de estudo do projeto de navegação também deve ser desenvolvido para fornecer orientação durante a formulação do projeto em todas as fases do planejamento e do projeto.

O objetivo do projeto aplicável ao desenvolvimento é fornecer uma hidrovia segura, eficiente, ambientalmente correta e econômica para navios e outras embarcações. O objetivo econômico é fornecer essas metas, minimizando e equilibrando os custos iniciais de construção e os custos futuros de manutenção.

As orientações gerais apresentadas neste manual baseiam-se nas condições e situações de navegação. O engenheiro de projeto adaptará essas diretrizes às condições locais e específicas do projeto.

Normalmente, o projeto final será desenvolvido pela aplicação de um estudo de navegação do navio, incorporando testes de simulação de navios em tempo real com pilotos profissionais locais. Os desvios desta orientação são aceitáveis se devidamente fundamentados.

2.4 Cenário logístico da Amazônia Oriental

Segundo Sudam (2017), a Amazônia Oriental é composta pelos estados do Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso.

A logística na Amazônia Oriental é estabelecida através da utilização dos rios que suprem a carência de estradas pavimentadas, bem como a falta de rodovias na região.

A BR 163 e a BR 364 são as principais rodovias para escoar a produção de soja do centro-oeste brasileiro para os portos de exportação das regiões sul e sudeste, responsáveis por cerca de 80% de todo o volume embarcado do complexo soja do país (ROESSING e LAZZAROTTO, 2005).

A rodovia BR 163 interliga as áreas produtoras do Centro-Oeste ao porto de Paranaguá (PR), enquanto a rodovia BR 364 liga os estados de Mato Grosso e Rondônia ao porto de Santos (TIMOSSI, 2003).

Segundo Zamboni (2010), a principal rota de escoamento da produção de grãos do estado de Mato Grosso ainda é através do porto de Santos, com interligação entre os modais rodoviário e ferroviário. Essa rota perfaz mais de 2.200km, ou seja, uma distância maior que a através do Arco Norte.

Segundo Margarit (2013) diz que a utilização da BR 163 para embarcar a soja, no porto de Santarém, percorre uma distância menor, além de contribuir na redução do custo do frete, como também representa uma melhor alternativa logística que amplia a competitividade da soja produzida no Mato Grosso.

Ibid (2013) comenta que a distância para Santarém, pela BR-163, é de cerca de 1.400 km, partindo de Lucas do Rio Verde e 1.260 km, partindo de Sinop, duas importantes zonas produtoras de soja. Este trajeto é menor quando a soja embarca no porto em Miritituba, distrito de Itaituba, distante 330 km a menos do que Santarém.

O país desponta como um dos maiores exportadores mundiais de uma soja que em grande parte é colhida no norte de Mato Grosso, roda alguns milhares de quilômetros para o sul, embarca nos enfiados portos de Santos ou Paranaguá, para navegar os mesmos tantos 1.000 quilômetros para o norte e chegar à mesma linha de latitude. Há décadas esse produtor, a dois passos do rio Amazonas, sonha com a possibilidade de “atender pela porta da frente”, muito mais próxima aos consumidores europeus e asiáticos (pelo canal do Panamá). Isso seria uma realidade, não fosse a intrategabilidade da BR-163 (GAVRILOFF, 2005. p.13-14).

Portanto, são dois tipos de custos logísticos relacionados ao modal rodoviário que inferem na competitividade internacional da soja brasileira em grão. O primeiro está atrelado à inadequação desse modal às características do produto e às distâncias percorridas e, o segundo, à precária malha rodoviária do país, em razão da escassez de recursos que se alastrou sobre as políticas públicas de infraestrutura, a partir dos anos 80.

De acordo com o Movimento Pró-Logística, o qual relata que: o escoamento da produção pelo “Arco Norte” reduz o custo logístico e facilita o escoamento por estar próxima à área de produção (MATO GROSSO, 2016).

Conforme Rocha (2017), os portos da região do Arco Norte abrangem a região de Itacoatiara (AM), Santarém (PA), Barcarena (PA), Belém (PA), São Luís (MA) e Salvador (BA). Estão presentes na região, ainda, as infraestruturas rodo-hidroviárias de Porto Velho (RO) e de Miritituba (PA).

Para melhor entendimento da logística do Arco Norte, a Figura 5 mostra a BR 163 como principal rota de ligação do centro-oeste com os portos do norte para o escoamento da produção de soja, oriunda do Mato Grosso, especificamente dos municípios de Sinop, Sorriso, Lucas do Rio Verde e Nova Mutum até chegar ao final nos portos exportadores.



Figura 5 - Corredor logístico Arco Norte
Fonte: Ministério Público (PARÁ, 2018).

A soja é transportada pelo modal rodoviário e ao chegar a Miritituba é descarregada em silos ou diretamente nas barcaças, e segue a navegação pelo rio Tapajós passando pelos Estreitos em comboios com destino a Barcarena para ser distribuída no mercado americano, europeu, asiático.

Segundo Portos e Navios (2018), há uma ligação entre Miritituba (PA) até Santana (AP) através da Estação de Transbordo de Cargas em Itaituba, situada na margem direita do rio Tapajós, no distrito de Miritituba que vai até Santana, no Amapá, onde foi construído um Terminal de Grãos no Porto Organizado da Companhia Docas de Santana para transporte fluvial dos grãos de soja.

As ETC's dos distritos de Miritituba e Santarémzinho, e os Portos de Santarém e Barcarena, no Pará, além do Porto de Santana, no Amapá, e de Itacoatiara, no Amazonas são fundamentais na integração dos modais, pois sua localização

estratégica vão permitir a implantação de diversos complexos portuários que integrados as frotas fluviais, navegando em comboios, irão reduzir as dificuldades hoje enfrentadas com a falta adequada de infraestrutura nacional, para escoamento das grandes safras (IBID, 2016).

Conforme a Figura 6, o porto de Santarém permite a conexão direta com o mercado global, já que consegue receber navios de pequeno e médio porte, inclusive navios do tipo “Panamax”, que recebem este nome por possuírem dimensões para a travessia do Canal do Panamá (MARGARIT, 2013).



Figura 6 – Adaptação rotas marítimas de transporte de soja
Fonte: Huertas, (2009).

Segundo Gomes (2016), o Arco Norte já concentra cerca de 20% das exportações de soja do país. O autor cita que 20 milhões de toneladas foram exportadas pela referida rota em 2016, volume 54% superior a 2014. Projeta-se para 2025 que sejam exportados por ela 35 milhões de toneladas. Também considera uma economia de 30 dólares por tonelada em custos logísticos para o produtor do centro-oeste que exporta pelos portos de Vila do Conde, em Barcarena ou Santarém.

Segundo o Movimento Pró-Logística, o modal hidroviário é o modal mais indicado para Mato Grosso, devido à principal carga serem de grãos. Além disso, existe a possibilidade de exploração dos rios da bacia amazônica via “Arco Norte” (MATO-GROSSO, 2016).

A significância estratégica está presente também no fato da BR-163 ser nitidamente uma das principais ligações norte-sul do país, facilitando a integração econômica do centro-sul com o norte, conforme assinala Huertas:

O valor estratégico da BR-163 é nítido representa uma linha reta entre Santarém e o Centro-Sul, depois de passar por Cuiabá a estrada segue em direção a Rondonópolis, Campo Grande e Dourados (MS), permitindo conexão direta com São Paulo (via Araçatuba e/ou Presidente Prudente) e Paraná (via Guaíra). É uma das principais artérias rodoviárias do território nacional no sentido Norte-Sul, em pleno centro geodésico sul-americano (HUERTAS, 2009. p.253).

Assim como aduz Rodrigues e Castro (2012), os investimentos em portos e terminais na Amazônia possibilitam avanços na área de logística global, pela proximidade física da área de extração/produção de mercadorias e recursos naturais, principalmente porque os custos logísticos em combustíveis, fretes e seguro diminuiriam muito se essas mercadorias fossem exportadas pelos portos da Amazônia Oriental do que pela região sudeste.

2.5 Caracterização da navegação nos Estreitos de Boiçu e Breves

A bacia do rio Amazonas, a maior bacia hidrográfica do mundo, cobre uma superfície de $6.1 \times 10^6 \text{ km}^2$ correspondente a 5% das terras emersas continentais do globo (FILIZOLA et al, 2002). Molinier et al (1996) diz que a Bacia Amazônica aporta ao oceano um volume de água de aproximadamente $6,6 \times 10^{12} \text{ m}^3 \times \text{ano}^{-1}$, o que corresponde a cerca de 16% a 20% do total de águas doces continentais do globo. Sendo a mesorregião do litoral do Marajó, o setor de maior descarga de água doce e sedimentos através da Barra Norte e Barra Sul.

Segundo Latrubesse & Stevaux (2002), a bacia dos rios Tocantins-Araguaia é praticamente ignorada na literatura internacional sobre grandes rios. Com área de 757.000 km^2 e descarga média anual de $12.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, o sistema dos rios Tocantins-Araguaia situa-se como a décima primeira drenagem do mundo em vazão.

Entende-se como rio Pará, Figura 7, um conjunto hidrográfico formado por inúmeros rios, cujas águas nele desembocam, dando origem a uma sucessão de baías e enseadas que se estendem ao longo de toda costa sul da ilha de Marajó e o continente, iniciando a baía de Marajó. O rio Pará, possui mais de 300 km de extensão e cerca de 20 km de largura média (LIMA; TOURINHO; COSTA, 2001).

Nesse contexto, na Figura 7, observa-se a integração do rio Amazonas, bem como do rio Pará e do rio Tocantins atuando na região dos Estreitos, através das suas descargas fluviais e as estações maregráficas da área.

De acordo com a Figura 7, o Delta do Boiçu e Breves consiste em um estuário que se inicia na baía das Bocas, prossegue pelo chamado rio Pará, áreas em que recebem toda a massa

de águas do rio Tocantins passando à alongada boca do complexo estuarino terminal sob o nome de baía do Marajó (AB'SABER, 2006).

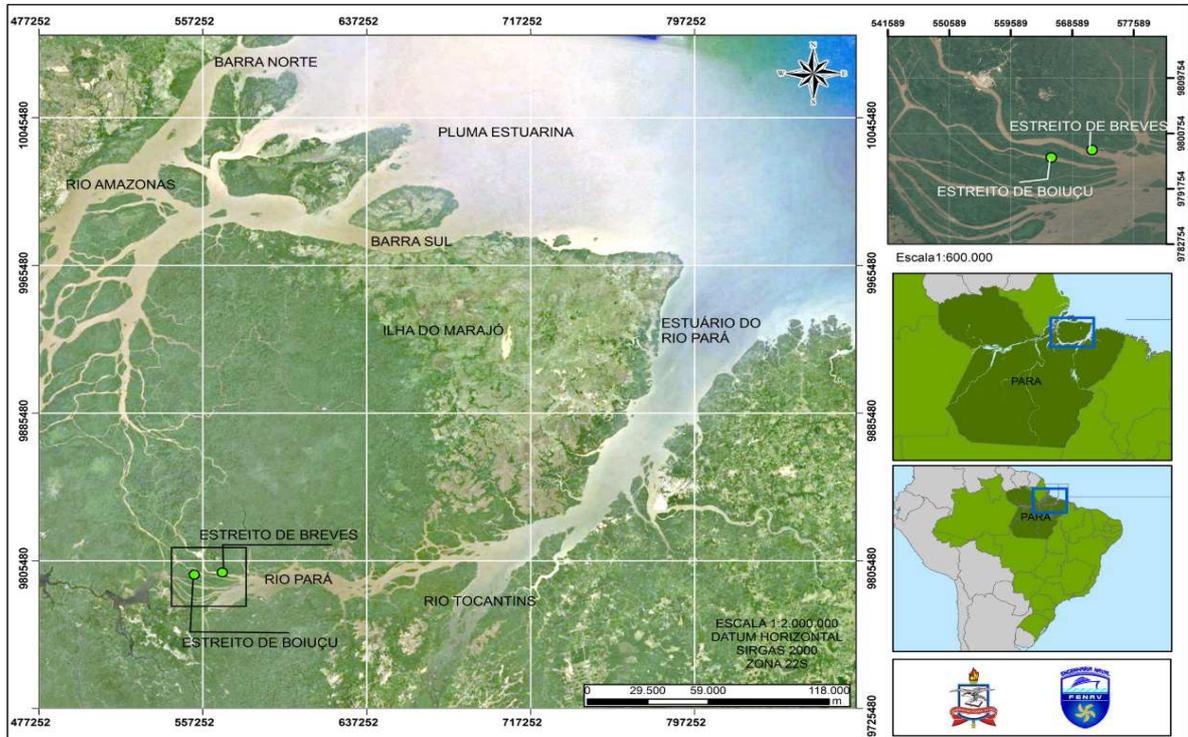


Figura 7 – Caracterização dos Estreitos
Fonte: Elaboração própria.

Conforme a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), as águas dos rios Amazonas e Pará ligam-se através de inúmeros igarapés, furos, paranás, canais, estreitos, que separam as inúmeras ilhas existentes entre a costa sudoeste da ilha do Marajó e o continente. Essa região é conhecida como "Região dos Estreitos" (MARINHA DO BRASIL, 2006b).

2.5.1 Carga transportada

Os Estreitos de Boiçu e Breves são vias navegáveis naturais e com potencial de transporte de cargas gerais, passageiros, grãos e minérios.

Freitas (2013, p.38), avalia-se que "Se os produtos escoados por uma via forem conhecidos, é possível além de avaliar sua infraestrutura mediante as necessidades do transporte dessas cargas, aferir também sobre a região em estudo."

Conforme Brasil (2017j), no ano de 2016, foram movimentadas 4.015.528 toneladas de granel sólido nos Terminais de Uso Privado (TUP) no estado do Pará.

Já as ETC tais como Bertoline, Cianport, Bunge, Hidrovias do Brasil e Cargill, juntas movimentaram, em 2016, a quantidade de 3.226.176 toneladas de grãos. Em 2017, foram movimentados em torno de 8.930.500 toneladas, e pretendendo-se estender para 2018 a quantidade de 8.809.000, fazendo um total de quase 21 mil toneladas nesses três anos elencados.

2.5.2 Tipos de embarcações que navegam nos Estreitos

As condições regionais e a vasta oferta de madeira encontrada na floresta fazem com que a maioria das embarcações seja construída em madeira, reproduzindo as tradições seculares que conservam a forma da embarcação e o processo de construção. Atualmente, a tecnologia vem fazendo algumas alterações como a inclusão de motores potentes, que desempenham maiores velocidades, bem diferente das embarcações de madeira do século XIX e início do século XX.

Quando comparado às embarcações de madeira do passado com as atuais, nota-se que estas sofrem maiores esforços em suas estruturas que proporcionam maiores riscos de avarias como encalhes e colisões que diminuem a vida útil, e conseqüentemente, causando a remodelagem das embarcações através de novas características estruturais, que passam a fazer a transição das embarcações de madeira para as embarcações de aço. Além desses fatores, ainda contribuem a presença de troncos de árvores, rochas nas vias navegáveis que com o choque pode romper o casco das embarcações, levando-as ao naufrágio (CALHEIROS, 2010).

Os tipos de embarcações que navegam nos Estreitos de Breves são as mais variadas possíveis, cada uma de acordo com a intenção de suprir as necessidades da região, tanto na questão social de transporte fluvial familiar, tanto parte econômica através de embarcações de carga/passageiros regionais, navios de cruzeiro em seu período de temporada, raramente navios mercantes, tendo em vista não mais existir a madeireira em Breves e, recentemente o aumento do tráfego de comboios fluviais.

Logo, abaixo, são apresentados os seguintes tipos de embarcações que navegam nos Estreitos:

a) Pequenas embarcações - transportam pessoas e até mesmo pequena quantidade de alimentos produzida pelos ribeirinhos em suas hortas ou obtida na própria floresta. Geralmente é conduzida pelo próprio proprietário.

São como se fossem veículos particulares utilizados na via urbana, frequentemente não são inscritas nas Capitânicas, e são guiadas por condutores não habilitados que oferecem riscos à segurança da navegação por desconhecimento das normas de tráfego. Também são denominadas “voadeiras”, “rabetinhas” ou “catraias”.

b) Embarcações de passageiros: transportam passageiros e são conhecidos como “gaiolas”, barcos tipicamente empregados e utilizados intensamente na região amazônica no transporte de passageiros, geralmente são construídos de forma artesanal, sem projeto ou acompanhamento de engenheiro naval. A construção e a estrutura do casco são de madeira, e algumas construídas em aço. São conhecidas a seguir como:

- Embarcações expressas – transportam passageiros sentados em bancos ou poltronas, e são barcos de pequeno e médio portes, de estruturas leves que alcançam velocidades de até 30 nós.

- Embarcações de turismo – transportam passageiros e são barcos de médio porte, geralmente embarcações com comprimento inferior a 24 m, tipo lanchas ou iate.

De acordo, com a Norma da Autoridade Marítima (NORMAM-02)/DPC são classificadas como embarcações de transporte de passageiros, pois não existe a classificação de barcos de turismo (MARINHA DO BRASIL. 2005c).

c) Navios Mercantes, e os mais comumente encontrados são:

- Navios de cruzeiro – transportam passageiros que desejam conhecer as belezas da região amazônica, possuem limitação de tamanho e calado em virtude das características da navegação fluvial.

- Graneleiros – transportam granéis sólidos ou líquidos. A navegação nos Estreitos deste tipo de embarcação não é comum, pois necessitariam de um maior calado. Mas, sabe-se que outra característica importante da região é o transporte de bauxita no estado do Pará.

d) Comboios regionais – são embarcações típicas de transporte utilizadas nas vias navegáveis da região amazônica. Normalmente, são formados de um ou mais empurradores, que transportam um conjunto de uma ou mais balsas, que navegam atreladas umas às outras.

- *Rol-on-Rol-off* foram aceitos na Amazônia, devido à mobilidade da carga entrar e sair rolando, além da dificuldade e não existência de portos ideais para atracação/desatracação das embarcações.

Conforme Medeiros (2012, p. 30), apud NOGUEIRA, (1999, p. 81), este tipo de embarcação foi uma adaptação ao modelo internacional “*rol-on-rol-off* e gerou uma alternativa ao transporte rodo fluvial”.

No início, as balsas apresentavam porte reduzido em torno de 300 toneladas de porte bruto (TPB), geralmente os comboios navegavam com até três balsas atreladas e com doze carretas em média.

- Comboios de carga geral – transportam a carga geral sobre o convés e são compostos por empurrador de uma ou mais balsas. As cargas podem ser acondicionadas sobre o convés da balsa ou no interior das carretas que são organizadas sobre o convés.
- Comboios de transporte de granéis líquidos – transportam a carga líquida no interior da balsa e são compostos por empurrador de uma ou mais balsas.
- Comboios de transporte de granéis sólidos - transportam carga a granel sólida e são compostos por empurrador de uma ou mais balsas. Normalmente, são transportados grãos de soja, milho ou minério de ferro.

2.6 Embarcação-tipo

Segundo a publicação “Arte Naval, Volume I”, literatura utilizada pela Marinha do Brasil, FONSECA (2005) descreve que:

“Embarcação é uma construção feita de madeira, concreto, ferro, aço ou da combinação desses e outros materiais, que flutua e é destinada a transportar pela água pessoas ou coisas.”

Portanto, a embarcação tipo é aquela que possui particularidades inerentes à hidrovia, para qual é projetada e que deve ser balizada e sinalizada, oferecendo boas condições de segurança às embarcações, suas cargas e passageiros, e que dispõem de áreas hidrografadas com disponibilidade de cartas de navegação.

Essa embarcação projetada precisa ter um parâmetro de comprimento, boca e calado máximo, sendo esta situação prevista para o nível de redução da carta náutica da região, que coadunam com uma embarcação hipotética chamada tipo.

Nem sempre o comboio-tipo reflete a maior embarcação que pode navegar na hidrovia, mas o dimensionamento da hidrovia reflete as dimensões do comboio-tipo.

Conforme PIANC (1997), a embarcação a navegar no Canal de Acesso projetado constitui o primeiro passo no exercício de Projeto. Entretanto, mostra-se necessário definir a

embarcação-tipo, bem como a capacidade de carga, características e dimensões que mais atenderão as questões de economicidade e segurança da navegação.

2.6.1 Características do comboio

Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos (NPCP), da Amazônia Oriental, dizem que o termo “comboio” caracteriza um grupo de embarcações que navegam de forma integrada, mas não de forma rígida (MARINHA DO BRASIL, 2017b).

As medidas geométricas relevantes para o projeto de infraestrutura da futura hidrovía dos Estreitos são: comprimento total (LOA), boca (B) e finalmente o calado (T), conforme a Tabela 2. Enquanto o comprimento total e boca são valores fixos, o calado varia de acordo com a quantidade de carga embarcada.

Tabela 2 – Características das embarcações e barcaças utilizadas na formação dos comboios

ITEM	Dimensões Utilizadas				
	Empurrador 1	Empurrador 2	Empurrador 3	Balsa RACKED	Balsa BOX
AB	702	697	601	1.044	1.044
B (boca)	12,80	12,80	12,10	10,67	10,67
P (pontal)	3,35	3,35	3,35	4,27	4,27
T (calado máximo)	3	3	3	3,66	3,66
LOA (comprimento)	45,24	42,67	39,62	59,44	60,96

Fonte: Elaboração própria

2.6.2 Tipos de formação de comboios

Nas Tabelas abaixo, seguem alguns tipos de comboios que navegam nos Estreitos e na Bacia Amazônica, não caracterizando somente o uso de um só tipo de comboio, mas sim de várias formações, conforme a necessidade no transporte de grãos.

Padovezi (2003, p. 61) diz que a capacidade de transporte do comboio em uma viagem é determinada pelas suas dimensões. E tais dimensões estão diretamente ligadas às restrições existentes das hidrovias. E complementa através de tese que os trechos com limitação de profundidade, curvas fechadas, trechos estreitos têm influência direta sobre a determinação das dimensões de um comboio.

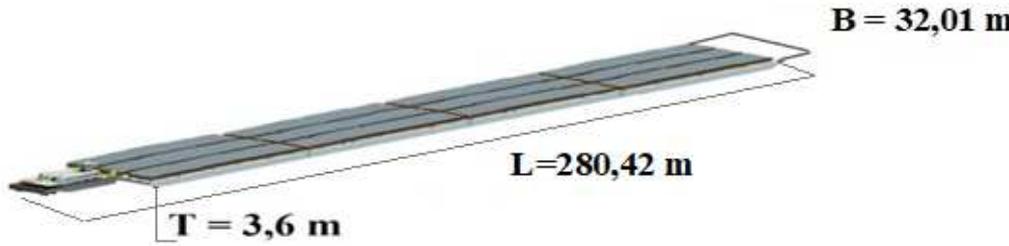
Padovezi (2003, p.64) salienta que a manobrabilidade do comboio é muito importante tanto para segurança da navegação como para o desenvolvimento econômico do transporte.

A navegação de Vila do Conde até Miritituba é realizada com as balsas descarregadas que gera menor controlabilidade do comboio, e o deixa sensível à ação dos ventos, devido não ter carga a ser levada para aquela região.

Todavia Ibid, (2003, p. 62), o calado de operação de um comboio fluvial é escolhido, geralmente, por motivos econômicos para se transportar a maior quantidade possível de cargas em uma viagem. Ou seja, há uma tendência de utilização do maior calado possível em uma hidrovia.

As principais dimensões de balsas e empurradores estão sumarizadas nas Tabelas 3 a 9 com os seus diversos tipos de formação. Para os cálculos de comprimento de cada comboio foram considerados o comprimento de balsas *raked* na proa e popa da formação das balsas e as intermediárias box, sendo utilizado na soma deste valor o comprimento do empurrador 2 ou 3, e na obtenção da boca do comboio, utilizou-se o valor correspondente da balsa *raked*, que também tem o mesmo valor da balsa box.

Tabela 3 - Formação do comboio 3x4



Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador tipo 3 ($T_{m\acute{a}x}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{m\acute{a}x}$)
280,42 m	32,01 m	3,0 m	3,6 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 3X4			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
03	04	12 balsas de 2.000 tons 12 balsas de 3.125 tons	24.000 tons 37.500 tons

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4 - Formação do Comboio 4x4

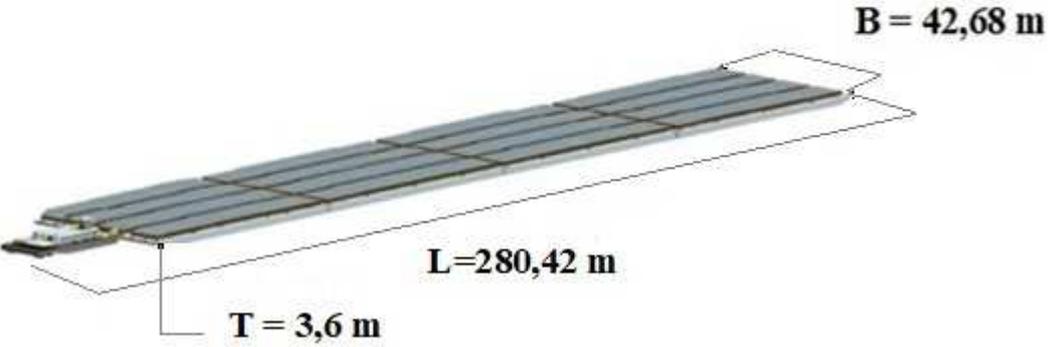


Diagrama de uma formação de comboio 4x4. O comprimento total (L) é de 280,42 m, a boca (B) é de 42,68 m e o calado (T) é de 3,6 m. A formação é composta por 4 linhas e 4 colunas de balsas.

Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador Tipo 3 ($T_{\text{máx}}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{\text{máx}}$)
240,8 m	42,68 m	3,0 m	3,6 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 4X4			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
04	04	16 balsas de 2.000 tons 16 balsas de 3.125 tons	24.000 tons 50.000 tons

Fonte: Elaboração própria

Tabela 5 – Formação do comboio 4x5

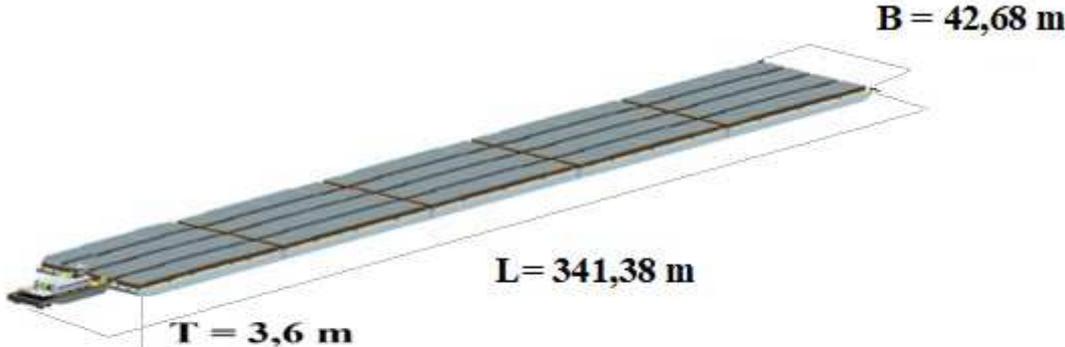
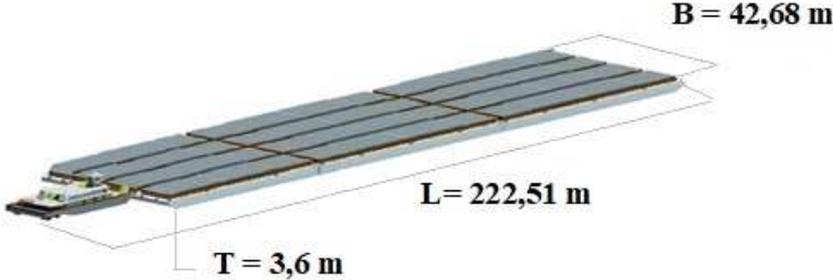


Diagrama de uma formação de comboio 4x5. O comprimento total (L) é de 341,38 m, a boca (B) é de 42,68 m e o calado (T) é de 3,6 m. A formação é composta por 4 linhas e 5 colunas de balsas.

Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador Tipo 3 ($T_{\text{máx}}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{\text{máx}}$)
341,38 m	42,68 m	3,0 m	3,6 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 4X5			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
04	05	20 balsas de 2.000 tons 20 balsas de 3.125 tons	40.000 tons 62.500 tons

Fonte: Elaboração própria

Tabela 6 - Formação do Comboio 4x3



Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador Tipo 2 ($T_{m\acute{a}x}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{m\acute{a}x}$)
222,51 m	42,68 m	3,0 m	3,6 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 4X3			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
04	03	12 balsas de 2.000 tons 12 balsas de 3.125 tons	24.000 tons 37.500 tons

Fonte: Elaboração própria

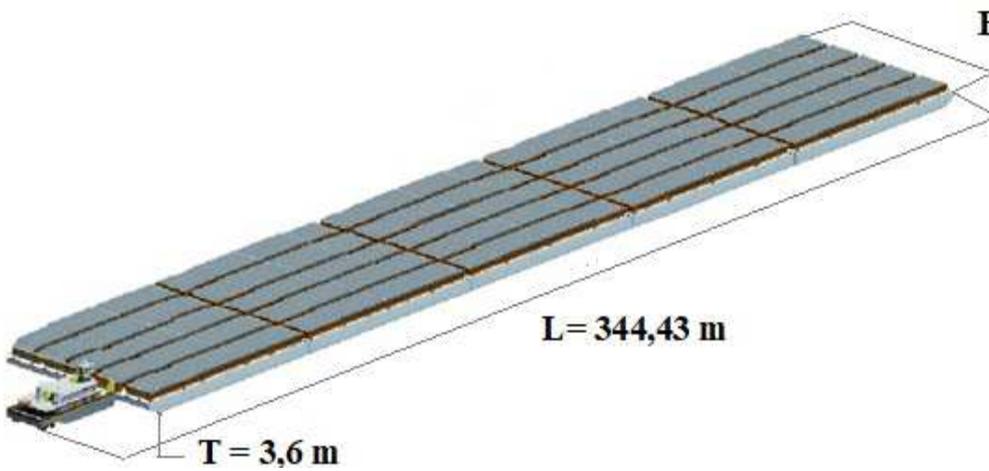
Tabela 7 - Formação do Comboio 4x4



Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador Tipo 2 ($T_{m\acute{a}x}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{m\acute{a}x}$)
283,47 m	42,68 m	3,0 m	3,6 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 4X4			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
04	04	16 balsas de 2.000 tons 16 balsas de 3.125 tons	32.000 tons 50.000 tons

Fonte: Elaboração própria

Tabela 8 - Formação do Comboio 5x5



Comprimento (LOA)	Boca (B)	Calado Máximo empurrador Tipo 2 ($T_{\text{máx}}$)	Calado Máximo Balsa ($T_{\text{máx}}$)
347,36 m	53,35 m	3,0 m	3,7 m
CAPACIDADE DE CARGA NA FORMAÇÃO 5X5			
Número de colunas	Número de linhas	Número de balsas	Capacidade de Carga
05	05	25 balsas de 2.000 tons 25 balsas de 3.125 tons	50.000 tons 78.125 tons

Fonte: Elaboração própria.

2.7 Competências e normas da Marinha do Brasil

No tocante, às atribuições da Marinha do Brasil (MB), são observadas aquelas que dizem respeito ao Art. 17 da Lei Complementar nº 97, publicada no Diário Oficial da União em 10 de junho de 1999 (BRASIL, 1999k).

Inciso IV: “implementar e fiscalizar o cumprimento de leis e regulamentos, no mar e nas águas interiores, em coordenação com outros órgãos do Poder Executivo, Federal ou Estadual, quando se fizer necessária, em razão de competências específicas”;

Inciso V: “cooperar com os órgãos federais... na repressão aos delitos de repercussão nacional ou internacional, quanto ao uso do mar, águas interiores e de áreas portuárias...”;

Parágrafo único: e “pela especificidade dessas atribuições, é da competência do Comandante da Marinha o trato dos assuntos dispostos neste artigo, ficando designado como "Autoridade Marítima", para esse fim”.

De acordo com o art. 3º, da Lei Ordinária Federal Nº 9.537, publicada no diário oficial em 12 de dezembro de 1997, cabe à Autoridade Marítima (AM), por meio das Capitânicas dos Portos da Marinha do Brasil (BRASIL, 1999l):

“...assegurar a salvaguarda da vida humana e a segurança da navegação, no mar aberto e hidrovias interiores, e a prevenção da poluição ambiental por parte de embarcações, plataformas ou suas instalações de apoio”.

Por intermédio da Diretoria de Portos e Costas (DPC) e da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), são elaboradas as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) com base na legislação nacional e nas Convenções Internacionais da Organização Marítima Internacional (IMO), ratificadas pelo Brasil. Ao total, são trinta e uma dessas normas que estão em vigor atualmente. Dentre elas, seguem abaixo as normas que são mais utilizadas na Amazônia.

Marinha do Brasil (2005c), Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior (NORMAM-02/DPC) têm o propósito de estabelecer normas da Autoridade Marítima para embarcações destinadas à navegação interior;

Normas da Autoridade Marítima para Amadores, Embarcações de Esporte e/ou Recreio e para cadastramento e funcionamento das marinas, clubes e entidades desportivas náuticas (NORMAM-03/DPC) têm o propósito de estabelecer normas e procedimentos sobre o emprego das embarcações de esporte e/ou recreio empregadas exclusivamente em atividades não comerciais, visando à segurança da navegação, à salvaguarda da vida humana e à prevenção da poluição ambiental por parte dessas embarcações no meio aquaviário (MARINHA DO BRASIL, 2003d);

Normas da Autoridade Marítima para Inspeção Naval (NORMAM-07/DPC) têm o propósito de estabelecer Normas da Autoridade Marítima sobre a Inspeção Naval (MARINHA DO BRASIL, 2003e);

Normas da Autoridade Marítima para Tráfego e Permanência de Embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (NORMAM-08/DPC), (MARINHA DO BRASIL, 2013f);

Marinha do Brasil (2011g), Normas da Autoridade Marítima para o Serviço de Praticagem (NORMAM-12/DPC) têm o propósito de estabelecer normas para o Serviço de Praticagem nas Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB);

Marinha do Brasil (2003h), Normas da Autoridade Marítima para Aquaviários (NORMAM-13/DPC) têm o propósito de estabelecer normas de procedimentos relativos ao ingresso, inscrição e à carreira dos aquaviários pertencentes aos 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º Grupos;

Segundo Marinha do Brasil (2017i), Normas da Autoridade Marítima para Auxílios à Navegação (NORMAM-17/DHN), têm o propósito de estabelecer normas, procedimentos e instruções sobre auxílios à navegação, para aplicação no território nacional e nas Águas

Jurisacionais Brasileiras (AJB), contribuindo, conseqüentemente, para a segurança da navegação, a salvaguarda da vida humana no mar e a prevenção de poluição nas vias navegáveis;

Conforme Marinha do Brasil (2017j), as Normas da Autoridade Marítima para levantamentos hidrográficos (NORMAM-25/DHN), têm o propósito de estabelecer normas e procedimentos para autorização e controle dos Levantamentos Hidrográficos (LH) realizados, em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), por órgão ou entidade não pertencente à MB;

De acordo com Marinha do Brasil (2011k), as Normas da Autoridade Marítima para Navegação e Cartas Náuticas (NORMAM-28/DHN), têm o propósito de estabelecer normas, orientações, procedimentos, e divulgar informações sobre a atividade de navegação para aplicação no mar territorial e nas vias navegáveis interiores brasileiros, contribuindo, conseqüentemente, para a segurança da navegação, bem como a salvaguarda da vida humana no mar e a prevenção de poluição ambiental por parte de embarcações de quaisquer nacionalidades; e

Segundo Marinha do Brasil (2012l), Normas da Autoridade Marítima para Aquaviários (NORMAM-30/DPC), têm por propósito de fixar procedimentos operacionais do Sistema do Ensino Profissional Marítimo (SEPM), relativos à Aquaviários.

E finalmente, são citadas as Normas e Procedimentos das Capitania dos Portos da Amazônia Oriental e Normas e Procedimentos da Capitania Fluvial de Santarém, lembrando que esta se localiza em Santarém, aquela em Belém. Dentre essas normas, destacam-se as particularidades regionais que, por muitas vezes, não estão normatizadas nas NORMAM, e passam a ter o viés regional, de acordo com as características locais.

Segundo a publicação NPCP, da CPAOR, a regra geral diz que as dimensões máximas do comboio na área dos Estreitos, considerando empurrador/balsa, serão (MARINHA DO BRASIL, 2017m):

- 1) Comprimento 181 m, boca de 37 m.
- 2) Os comboios poderão exceder as dimensões previstas na subalínea anterior até o limite de 290 m de comprimento e 55 m de boca, mediante aprovação prévia da Capitania dos Portos da Amazônia Oriental, do tipo de comboio, e desde que observados os seguintes requisitos:
 - I) o empurrador principal deve ser dotado com sistema de propulsão azimutal com pelo ou menos dois eixos de propulsão independentes, de potência mínima total de 4.890 HP;
 - II) o comboio deverá ser acompanhado por um *scort tug*, (empurrador auxiliar), que deve:

a) sistema de propulsão azimutal, com dois eixos de propulsão independentes, de potência mínima total de 1.200 HP;

III) até o momento, somente poderão navegar pelos furos do Boiuçu, Tajapurú, Limão e Ituquara.

IV) nas curvas e voltas dos furos do Boiuçu, Tajapurú, Limão, Ituquara, especialmente na volta do “S”, na volta do “Machaquali”, na curva do “Vira Saia”, na volta do “Macujubim, na volta do “Pauxis”, na volta do “Mutuquara”, na volta do “Pampeiro” e no estirão do “Piteira” (delimitado pela ilha do Piteira):

a) velocidade máxima de 5 nós;

b) não são permitidos cruzamento e ultrapassagem;

c) não é permitido abarrancar.

VI) não é permitida a navegação noturna;

VII) a precedência nas voltas e curvas é sempre do comboio maior, tendo comboios com comprimento superior a 200 m precedência sobre os navios;

IX) não poderá haver cruzamentos ou ultrapassagens entre comboios com comprimento superior 200 m. Neste caso deverá ser especificada no despacho a data e a hora aproximada que o comboio navegará pela região dos Estreitos e;

X) o comboio que primeiro iniciar a singradura pelos estreitos terá a preferência. O comboio que estiver nas proximidades da região dos Estreitos deverá aguardar abarrancado nas proximidades.

3) Os comboios com comprimento maior do que 181 m devem navegar pelos furos do Boiuçu, do Tajapurú, Limão e Ituquara, por serem mais largos e retilíneos.

Acima foi citada a regra geral para os comboios que navegam pelos Estreitos, sendo aprovada uma regra individual, ou seja, uma exceção à regra através da Portaria nº 100/CPAOR, de 30 de outubro de 2017, que autoriza a singradura de comboios no rio Pará e na região dos Estreitos, para comboio de 347,36 m de comprimento total e boca de 53,35 m na formação 5x5, ou seja, cinco colunas de cinco balsas, totalizando vinte e cinco balsas.

2.8 Análise dos limites operacionais da navegação nos Estreitos em função das características da via e dos comboios

Segundo Del Estado (2007), para limitar as condições de operação é necessário conhecer os valores das variáveis meteorológicas, ou seja, conhecer as condições ambientais

tais como ventos, ondas e correntes que têm sido habitualmente observadas como limites para a realização das diferentes manobras de navegação, aproximação, giro da embarcação, atracação, permanência ou partida das embarcações nas diferentes áreas de navegação. Não só apenas as dimensões da área, a ser analisada, dependem dos valores adotados, mas também do rebocador e auxílios à navegação que serão utilizados. Uma análise de riscos deve ser providenciada, bem como os percentuais de indisponibilidade da área devem ser considerados. Os valores estabelecidos e adotados em cada caso particular devem ser incorporados às regras operacionais do porto ou da instalação portuária que está sendo utilizada.

Dover Port (2018) estabelece regra para navegação quando a visibilidade diminui para menos de 500 metros, logo a navegação não deve ser realizada a menos que a embarcação esteja equipada com radares adequados capazes para auxiliar na manobra e tenha oficiais treinados para operar tais equipamentos.

Deve ser estabelecida norma, por exemplo, para quem terá a prioridade de passagem, quando houver a temporada de cruzeiros, e esta coincidir com a passagem de comboios, especialmente nos Estreitos.

Segundo o Manual de Operações do Porto de Vancouver, Port Metro Vancouver (2010) aplica para o trânsito de navios uma folga mínima abaixo da quilha (FAQ) de 10% e estabelece uma velocidade de navegação de 6 nós, bem como estabelece uma ordem de entrada das embarcações e condições ambientais específicas.

Para a operação segura de embarcações nas hidrovias de *Queensland* foi criado um código de conduta pelas autoridades do governo estadual e local, operadores comerciais e organizações esportivas e recreativas para fornecer orientação sobre vários aspectos de segurança da navegação, incluindo regras gerais do rio, interação com outros navios, conhecimento dos fatores ambientais, e manutenção da segurança das embarcações que trafegam na área (QUEENSLAND GOVERNMENT, 2015).

3 ÁREA DE ESTUDO

Na Figura 8, verifica-se que os Estreitos são canais fluviais que ficam localizados ao sul da ilha do Marajó e destacam-se por serem áreas navegáveis, e por não possuírem balizamento de início ao fim que auxilie na indicação dos trechos navegáveis e dos perigos à navegação.

Ambos os Estreitos possuem características distintas quanto a sinuosidade e profundidade, onde o Estreito de Breves está identificado na cor azul, sendo este mais sinuoso para a navegação, e o trecho em vermelho, trata-se do Estreito de Boiçu, onde este por sua vez é escolhido com mais frequência pelos navegantes dos comboios pelo fato de que é menos sinuoso à navegação e o amarelo uma interligação entre os estreitos de Breves e Boiçu, e estes por sua vez sofrem influência direta dos rios Amazonas e Pará.

Ainda na Figura 8, observa-se a perfeita sintonia entre a “Hidrovia do Tapajós” que influenciará no desenvolvimento da futura “Hidrovia dos Estreitos”, pois esta última representa o principal gargalo logístico ao escoamento de grãos pela via navegável, pois é o limitador do quantitativo de escoamento.

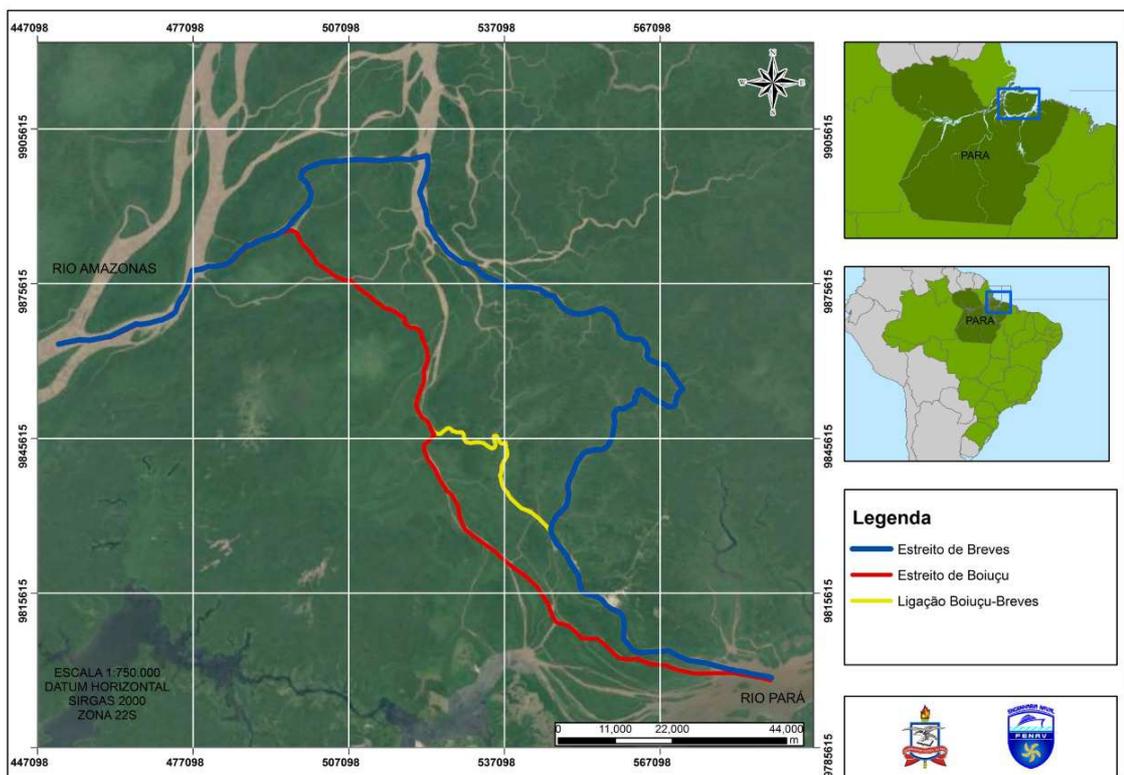


Figura 8- Região dos Estreitos

Fonte: Elaboração própria.

De acordo com a Figura 9, os Estreitos de Boiucu e de Breves são conhecidos na região amazônica pela aplicabilidade de ligar a navegação entre os Estados do Pará e seus vizinhos, como Amapá, Amazonas, além de municípios da região. Nesta mesma Figura, pode-se observar as estações maregráficas existentes na área.

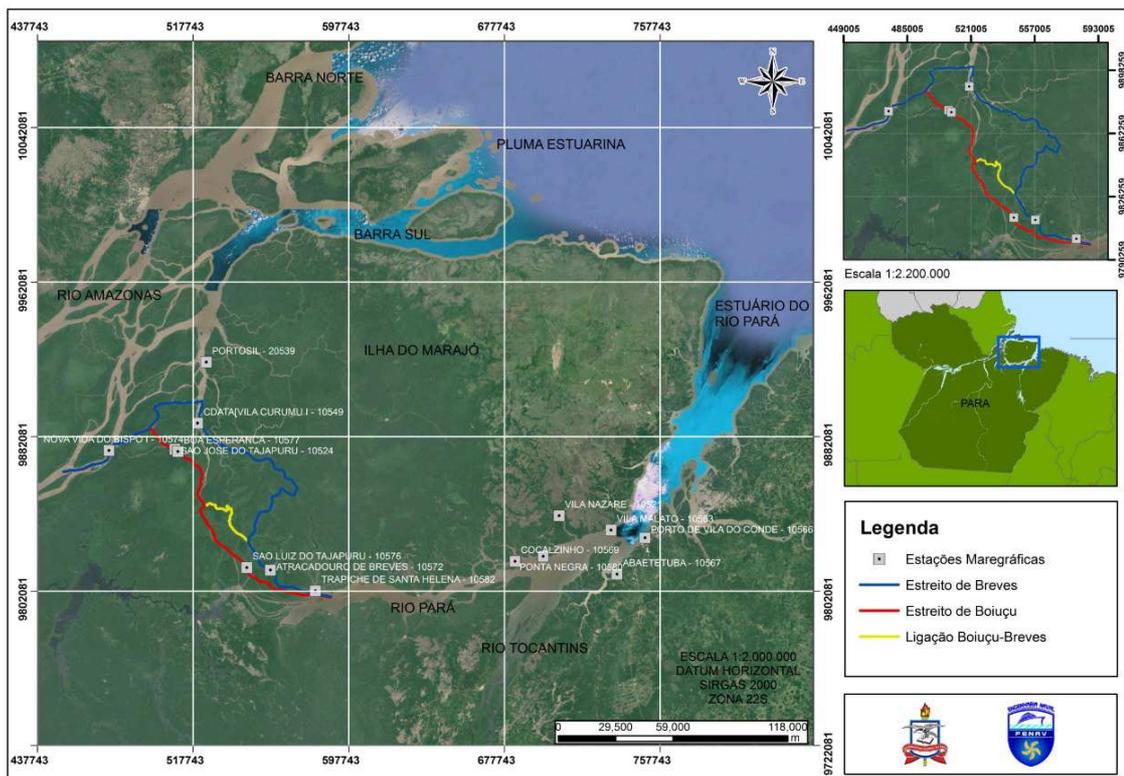


Figura 9 – Visão geral dos Estreitos

Fonte: Elaboração própria.

O Estreito de Boiucu tem profundidade em torno de 5,5 m, sinuosidade moderada, e uma extensão de 85 milhas. Apresenta a menor distância percorrida para se chegar ao porto de escoamento em Vila do Conde, quando iniciada a navegação em Miritituba, comparado ao vizinho - Estreito de Breves.

A navegação inicia-se na Baía das Bocas, carta náutica 4341, rio Pará, termina na milhagem 20, próximo à Ilha do Pinheiro, depois da Pedra do Vira Saia (20 milhas percorrida), trecho de extrema cautela, devido à presença de pedras. Da Pedra do Vira Saia até o Furo do Tajapurú, carta náutica 4343A e 4343B, percorre-se uma distância 48 milhas. Do Furo do Tajapurú até Furo do Limão, distância de 7 milhas percorrida, carta náutica 4343B. Do Furo do Limão até o Furo do Ituquara, carta náutica nº 4343B, distância percorrida de 10 milhas.

Dependendo do ponto de partida e *way points* considerados, a variação em milhas varia para mais ou para menos em torno de 5 milhas, quando considerando a extensão total do Estreito de Boiçu.

Através da Figura 10, pode-se observar o sentido inverso do escoamento de grãos, os comboios seguem a navegação com suas barcaças vazias, navegando de Vila do Conde a Miritituba.

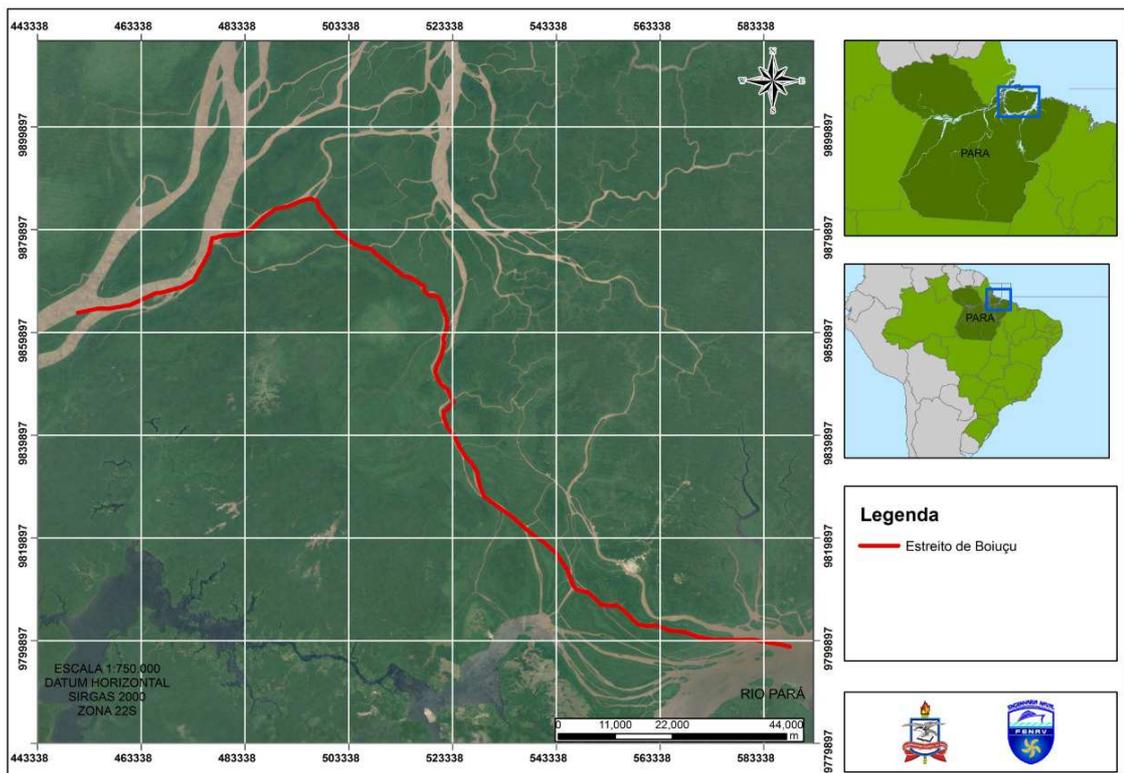


Figura 10 - Estreito de Boiçu

Fonte: Elaboração própria.

O Estreito de Breves possui uma extensão de 125 milhas e está localizado ao norte do estado do Pará. Breves é o município mais conhecido da região, situado a uma latitude de $01^{\circ} 40' 56''S$ e longitude de $050^{\circ} 28' 49''W$. É formado por um conjunto de pequenos rios e ilhas e está localizado no norte do Brasil, pertencente à mesorregião do Marajó.

Navegando de Vila do Conde a Miritituba, a navegação inicia-se na Baía das Bocas, carta náutica 4341, rio Pará até o final da Ilha do Furtado, distância de 28 milhas. Da Ilha do Furtado, carta náutica n° 4341 e 4342A até o rio Jacaré Grande, carta náutica n° 4342B, distância percorrida de 54 milhas. Do rio Jacaré Grande até a entrada do Furo do Itaquara,

carta náutica nº 243, distância percorrida de 13 milhas. Do início do Furo do Ituquara até o canal do Vieira, carta náutica nº 4342B, distância percorrida de 30 milhas.

Dependendo do ponto de partida e *way points* considerados, a variação em milhas varia para mais ou para menos em torno de 5 milhas, quando considerando a extensão total do Estreito de Breves.

De acordo com a Figura 11, nota-se a sinuosidade do Estreitos de Breves na qual é bastante acentuada em alguns trechos no qual representa um fator limitante para a utilização de forma frequente por embarcações comerciais, principalmente as de grande porte.

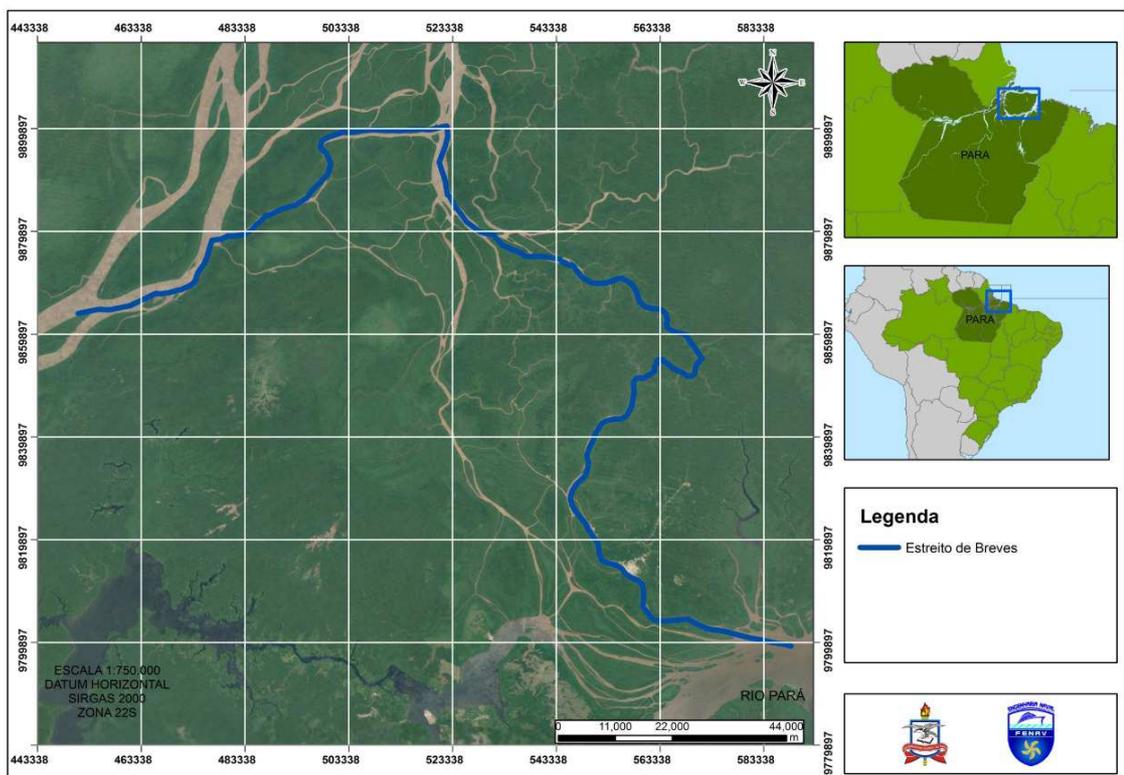


Figura 11 - Estreito de Breves
Fonte: Elaboração própria.

3.1 Características geomorfológicas da Amazônia

O grande volume de sedimentos particulados, que o rio Amazonas despeja nas águas do golfo Marajoara, é o fator responsável que compõe o suporte ecológico da faixa litorânea do Amapá, de Marajó (Pará) e do nordeste paraense e maranhense (AB'SABER, 2002).

Na realidade, porém, uma parte importante desses sedimentos argilosos é devolvida para a beira dos estuários e margens terminais de alguns rios de maior porte. O leque de lamas que se forma em frente de Marajó graças à junção do material fino descartado

pela boca do norte do Amazonas e a boca do rio Pará (Tocantins, estreitos de Breves, rio Guamá) ficou disponível para a ação das marés, em uma costa marcada por uma tropicalidade berrante (AB'SABER, 2002, p.17).

Conforme Valeriano e Rosseti (2008), a planície Amazônica é formada por sedimentos holocênicos lamosos e arenosos, e corresponde a um relevo de suave gradiente topográfico a um relevo plano de suave gradiente topográfico e altitudes entre 2 e 6.

Para se entender corretamente a gênese da zona costeira amazônica, é necessário recorrer aos conhecimentos sobre o "sobe e desce" do nível do oceano e suas consequências regionais. Sabe-se que entre 23 e 13 mil anos A.P., o nível dos mares baixou para aproximadamente 100 metros. Nesse período de tempo, os climas da Amazônia comportavam precipitações menores do que as atuais e uma sazonalidade pronunciada, enquanto o rio, por razões óbvias, era ele próprio menos volumoso. Foi esse rio ligeiramente emagrecido que se estendeu gradualmente até a linha da costa rebaixada e recuada. Devido à mudança do nível da base e à atuação forte da erosão regressiva, formaram-se *canyons* na plataforma continental, seccionando os terraços elaborados em períodos mais antigos (Pleistoceno médio e pro-parte Superior) (AB'SABER, 2002, p.17).

Na figura 12, são destacadas as unidades morfoestruturais da Ilha do Marajó que influenciam os Estreitos.

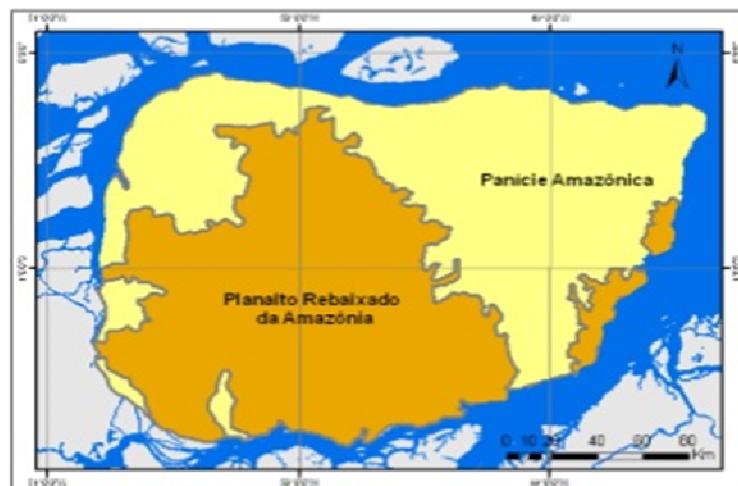


Figura 12 - Unidades morfoestruturais da Ilha do Marajó que influenciam os Estreitos

Fonte: Adaptação (Barbosa et al. 1974).

Faz parte do domínio morfoclimático das planícies inundáveis recobertas por campos e por vegetação pioneira de mangues (AB'SABER, 1977).

Subdivide-se, segundo Barbosa et al. (1974), em zonas de influência fluvial, que correspondem à planície fluvial colmatada ou planície aluvial, em zonas de influência estuarina e marinha, relativas à planície fluviomarinha ou planície costeira.

O Planalto Rebaixado da Amazônia, também chamado de Planalto do Baixo Amazonas ou Pediplano Pleistocênico, é constituído por sedimentos terciários e quaternários do grupo Barreiras/Pós-Barreiras. Essa unidade faz parte do domínio morfoclimático dos planaltos amazônicos rebaixados ou dissecados, áreas colinosas e planícies revestidas por floresta densa (AB'SABER, 1977).

Vale dizer que a erosão regressiva de grande extensividade no interior do eixo principal do Amazonas e baixos vale de seus afluentes seccionaram os terraços baixos mantidos por cascalhos (terraços de Icoaraci, Macapá) e o desvão de revelo onde hoje se localiza o delta interno de Breves (AB'SABER, 2002).

3.2 Características climáticas

Segundo Martins (2010), o clima da região é do tipo tropical úmido, caracterizado pela classificação de KOPFEN como *Afou*, ainda, como 4º úmido megatério pela classificação de THORNTWAITE.

Na Figura 13, apresenta-se o mapa de umidade do ar do Marajó e suas distribuições em porcentagem.

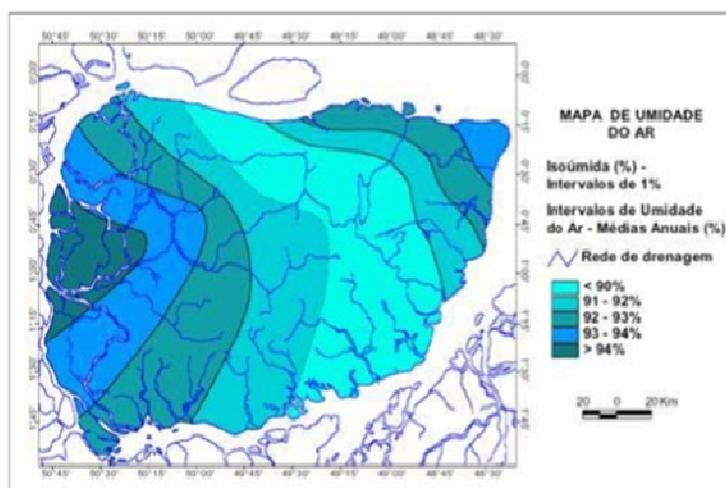


Figura 13 - Mapa de umidade do ar

Fonte: Lima et al, (2005).

As características típicas de baixas latitudes são de temperaturas elevadas, além da chuva e umidade alta no decorrer do ano.

Apresenta temperaturas médias anuais em torno de 27° C, com máxima absoluta de 35°C e mínima absoluta de 20° C. A umidade relativa do ar é superior a 80% (LIMA e KOBAYASHI, 1988), chegando até 87%.

Nota-se a influência da vegetação na umidade do ar, pela maior precipitação na zona de mata. O mapa de umidade do Ar, Figura 17, mostra que, na faixa de transição (divisão entre campo e mata) encontram-se os menores valores de umidade relativa do ar (em torno de 90%), crescendo tanto leste quando para oeste. Sendo que para a região de mata este crescimento vai até 94% (Furo de Breves), considera-se este condicionado pela vegetação, enquanto que o menor aumento em direção a região oriental é influenciado pelos ventos litorâneos presentes na região do Marajó (LIMA et al, 2005).

A ascensão do ar junto ao equador ocasiona alta precipitação na região. Essa zona de convergência de ar úmido em superfície e de formação de nuvens convectivas é chamada de Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), e constitui uma região de baixas pressões.

A ZCIT tem seu deslocamento para latitudes a sul do Equador durante o verão no hemisfério sul, e para latitudes a norte do Equador durante o verão do hemisfério norte.

E a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é uma faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende por alguns milhares de quilômetros desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul-Central, e é bem caracterizada nos meses de verão.

Na Amazônia, o regime de chuvas é formado pela localização da ZCIT e da ZCAS.

Conforme Costa (2017) e Martins (2010), o período chuvoso tem início de dezembro a maio, estendendo-se até o final de junho, com médias de precipitação anual próximas de 2.500 mm, sendo secundária a influência de marés. Já os picos de chuva acontecem entre os meses de março e abril, quando a ZCIT estaciona entre as latitudes de 0° e 3° S.

Costa (2017) complementa que no período seco, de junho a novembro, a pequena quantidade de chuva contribui para uma maior penetração das marés, modificando a água superficial para salobra.

A ZCIT está localizada na região por esse período e influencia a época de chuvas de dezembro a maio. Na época de seca, de junho a novembro, ocorre devido à migração da ZCIT para o hemisfério norte.

3.3 Características hidrodinâmicas

3.3.1 Marés

A maré na região é do tipo semidiurna com duas preamares e duas baixas mar similar por dia lunar (24 h e 50 min.).

No rio Pará, a maré tem característica semidiurna e tem forte predomínio do vento e da chuva, onde a variação máxima (sizígia) chega a ser de 5 m na foz, e diminui conforme se aproxima dos Estreitos.

A maré e a corrente de maré têm seus valores normais alterados pelas grandes enchentes e vazantes dos rios, bem como por mudanças nas velocidades do vento.

Nos Estreitos, geralmente, a corrente do rio prevalece sobre a corrente de maré, e nas marés de enchente do rio, as águas fluem rio baixo, pontuando apenas a elevação do próprio nível.

Na publicação “Tábuas de Marés” da Diretoria DHN, encontra-se a previsão de maré mais próxima para a região dos Estreitos que é do Atracadouro de Breves e, identifica-se que a duração da preamar e da baixa-mar fica em torno de 5 a 7 horas, dependendo do mês em questão. O comportamento da maré na região espelha o comportamento da vazão fluvial no rio Pará (MARINHA DO BRASIL, 2017q).

Com relação à maré, é importante salientar que o rio Amazonas tem a maior descarga fluvial do mundo. Desse modo, em sua foz, ocorrem grandes processos estuarinos e oceanográficos, pertinente à mistura da água doce com a água do mar e à descarga, bem como o transporte de sedimentos. Isso contribui com os processos de escoamento hidrodinâmico, causando assimetrias nos padrões das correntes de maré e nos tempos de enchente e de vazante.

O rio Pará pode ser classificado tanto em “estuários dominados por maré”, onde as correntes de maré desempenham um papel fundamental no transporte de sedimento como descrito por Boyed *et al.* (2006), e também em “rio com maré”, segundo Wells (1995), que possuem diversas características morfológicas e sedimentologias de estuários, onde as ondas de maré se propagam por distâncias consideráveis, continente adentro e, segundo as definições de Pritchard (1955), Kjerfve (1987) e Dyer (1977), encaixam-se como zona de maré do rio.

A influência da maré ao longo do rio Pará e do rio Tocantins apresenta altura de 1,2 m a 1,5 m, com nível médio de 0,69 m em Breves, 2,01 m no cabo Maguari e de 1,67 m em Cametá (rio Tocantins). Sendo que em Breves está a mais de 250 km da foz da baía do Marajó (COSTA, 2014).

3.3.2 Ventos

Conforme a análise da Figura 14, os ventos locais são mais intensos entre meados de agosto até início de dezembro com intensidade média abaixo de 8 km/h, caracterizando assim ventos fracos para a região, posteriormente, sofre decréscimo em sua intensidade, tendo em

vista a presença de chuvas nos meses de dezembro a maio, estendendo-se até o mês de junho com intensidade média dos ventos de 5 km/h. O quadrante que se localiza a direção dos ventos é leste (E).

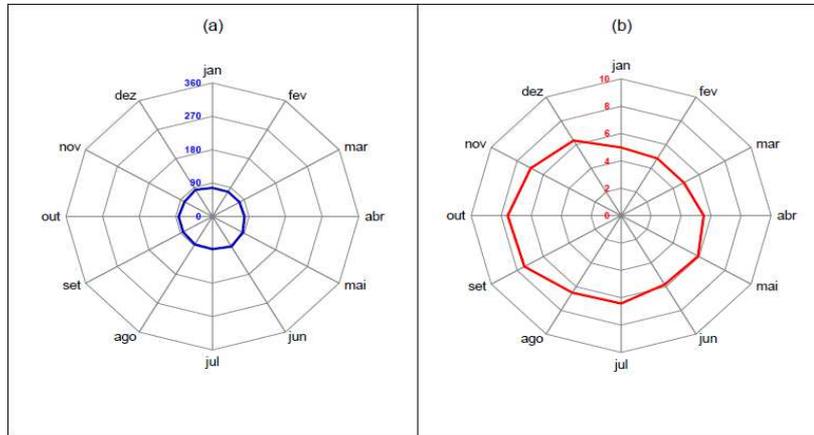


Figura 14 - Climatologia mensal do vento para Breves-PA.
(a) Direção predominante do vento em graus. (b) Velocidade média do vento em km/h.
 Fonte: INMET, (2009).

3.3.3 Correntes

Segundo Miranda et al. (2002), estuários são ambientes de transição entre o continente e o oceano, em que ocorre o encontro das águas dos rios com as águas do mar, e a consequente diluição da água salgada.

De forma geral, as águas estuarinas são biologicamente mais produtivas que as águas do rio e do oceano adjacente, em função dos processos relacionados com a circulação hidrodinâmica que aprisionam os elementos, aumentando a produtividade primária nesses ambientes.

Sendo assim, pode-se observar na Figura 15, o maior valor da corrente após 5 horas depois da preamar no rio Pará representado na Carta de Correntes de Maré, que varia de 4,0 a 2,5 nós, e na Figura 16, observa-se o menor valor da corrente, uma hora depois da preamar em Belém no valor de 0,4 a 0,3 nós.

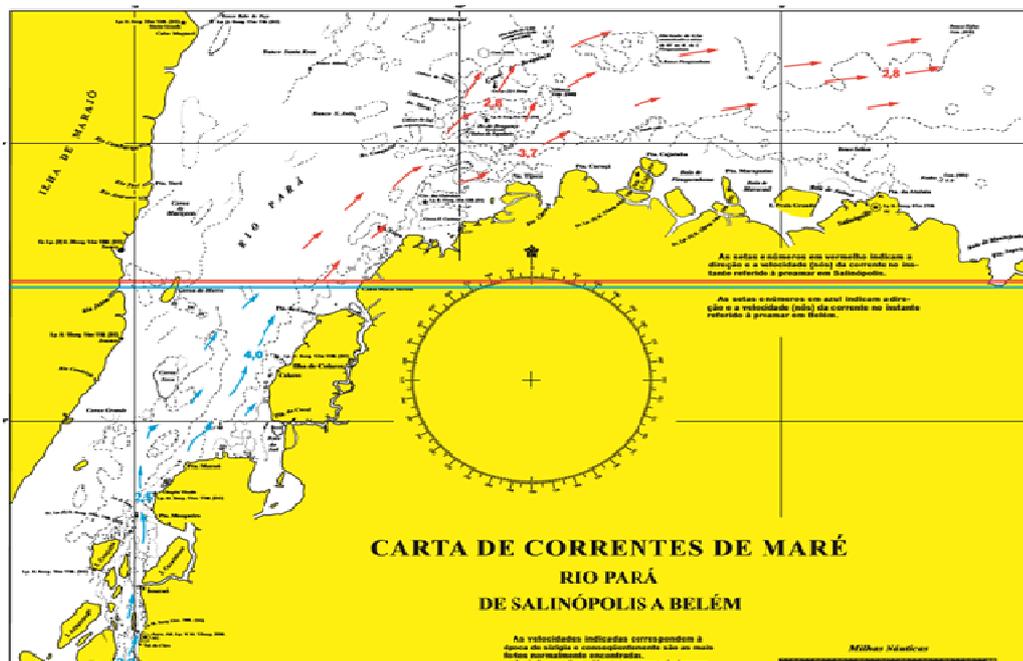


Figura 15 - Representação do maior valor da corrente 5 horas depois da preamar em Belém
Fonte: MARINHA DO BRASIL, (2018o).

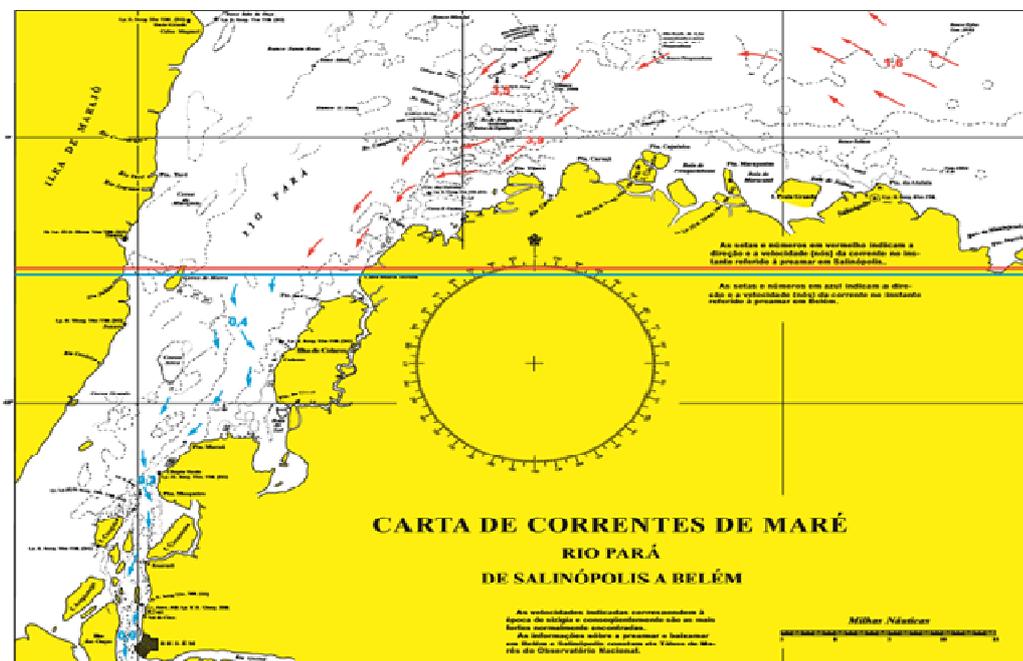


Figura 16 - Representação do menor valor da corrente, uma hora depois da preamar em Belém
Fonte: MARINHA DO BRASIL, (2018o).

É importante salientar que o ambiente estudado está localizado próximo da porção do estuário inferior do rio Pará, local de domínio fluvial sob a influência de maré dinâmica.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Efetuiu-se o dimensionamento do canal de acordo com as normas da PIANC (1997 e 2014) e USACE (1980 e 2006), seguindo as orientações da Marinha, no que tange ao emprego das Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) e Normas e Procedimentos das Capitânicas dos (NPCP/NPCF).

As normas PIANC e USACE apresentam metodologias para cálculo da largura do canal navegável, da profundidade, do comprimento mínimo dos trechos retos, do raio mínimo das curvas, entre outras recomendações.

Determinou-se esses e outros parâmetros a partir das características do comboio-tipo adotado (dimensões, velocidade, manobrabilidade), sendo intrínseco da PIANC a utilização de variáveis ambientais observadas na região de estudo, tais como ventos e seu efeito sobre a embarcação no sentido transversal, correntes e seu efeito longitudinal e transversal sobre a embarcação, regime de ondas.

4.1 Dimensionamento do canal de navegação – Norma PIANC

Os critérios básicos para a definição dos canais de navegação foram baseados na escolha de traçados que representem trechos navegáveis com segurança, e estes, por sua vez, contribuam com a segurança de manobras e operações nas Estações de Transbordo de Carga (ETC) e, assim na viabilidade da via.

O canal de navegação é uma parte da largura do canal total, geralmente deve ser dragado para permitir a passagem de embarcações com grande calado, conforme indicado na Figura 17.

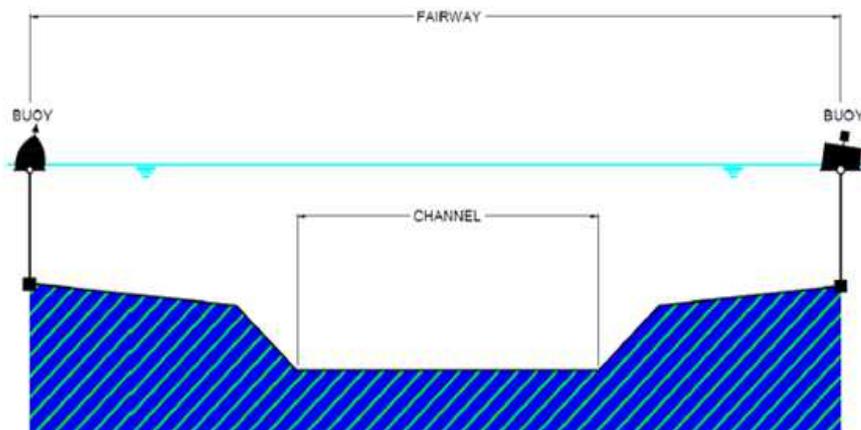


Figura 17 - Largura total do canal e canal de navegação
Fonte: PIANC, 2014.

Nos canais de navegação, o AtoN estará próximo à borda do canal para indicar os limites da navegação segura, mas naqueles com uma faixa de tráfego, as sinalizações do canal podem ser posicionados para permitir a passagem de embarcações menores em ambos os lados do canal, ou seja, tanto o canal de águas profundas quanto as faixas laterais externas podem ser sinalizadas para embarcações menores para melhoria da navegação.

4.1.1 Largura em trechos retos

No projeto da largura do canal, foram necessários: a avaliação da manobrabilidade básica, dos fatores ambientais, tais como: ventos, correntes e ondas, auxílios à navegação, tipos de carga, distância de passagem e de margem.

Para o dimensionamento do canal, em trechos retos, primeiramente foi calculada a faixa básica de manobra e depois os itens relacionados às larguras adicionais para seções retas do canal. As Tabelas de 10 a 19, retratam as somas adicionais de largura das seções retas, já a Tabela 20 especifica a largura adicional para distância das margens calculadas de acordo com as normas PIANC (1997).

Entre os fatores empregados para o cálculo das larguras adicionais estão: manobrabilidade da embarcação, velocidade da embarcação, vento pelo través, corrente pelo través, corrente longitudinal, altura significativa e comprimento de onda, auxílios à navegação, tipo de fundo, profundidade da hidrovia, nível de periculosidade de carga, distância entre margens. Todos esses itens estão representados nas Tabelas de 10 a 20.

Este item apresenta uma prática moderna no design de largura de canal que deve fornecer segurança de navegação adequada na fase de concepção conceitual.

Embora possa ser aplicado para acessar canais em todo o mundo, condições locais e aspectos ambientais devem ser considerados.

A largura total (W) de um canal de acesso com seções diretas é dada na Equação 1 para um canal de uma faixa de navegação.

$$W = W_{BM} + \sum_{i=1}^n Wi + W_{BR} + W_{BG} = W_{BM} + W_{BR} + W_{BG} \quad , (1)$$

E na Equação 2 para duas faixas de navegação:

$$W = 2W_{BM} + 2\sum W_i + W_{BR} + W_{BG} + 2W_P = 2W_M + W_{BR} + \sum W_P + W_{BG} \quad (2)$$

Em que W é a largura do canal; W_{BM} é a largura básica do canal; W_i são as larguras adicionais; W_{BR} é a distância segura da margem "encarnada" do canal; W_{BG} é a distância segura da margem "verde" do canal; e W_P é a distância segura de passagem/interação entre os navios, levando em consideração as velocidades dos navios e a densidade do tráfego.

4.1.1.1 Faixa Básica de Manobra (W_{BM})

Na tabela 9, observa-se a largura da faixa básica de manobra (W_{BM}), representa a largura que o comboio necessita para navegar com segurança em condições ambientais e operacionais favoráveis. Por sua vez, calcula-se através do múltiplo da boca (B) do comboio, quando esta é considerada manobrabilidade boa, calcula-se através $1,3B$, manobrabilidade moderada, calcula-se através de $1,5B$ ou manobrabilidade fraca, calcula-se através de $1,8B$.

Tabela 9 - Faixa de Manobra Básica

Manobrabilidade Básica	Boa	Média	Pobre
Faixa de Manobra Básica (W_{BM})	$1,3B$	$1,5B$	$1,8B$

Fonte: PIANC, (1997).

4.1.1.2 Fatores ambientais e outros fatores (W_i)

Para o cálculo das larguras adicionais em trechos retos, iniciou-se considerando a velocidade desenvolvida pelo comboio-tipo no canal de navegação. Essa velocidade deve ser localizada na Tabela 10, a qual pode ser enquadrada em alta, quando desenvolve velocidades maiores que 12 nós, podendo ser moderada, quando é maior que 8 nós, limitada a 12 nós, e baixa, quando o comboio-tipo desenvolve velocidades entre 5 a 8 nós.

Tabela 10 - Dimensionamento do Canal de Navegação, item velocidade do navio

Larguras Adicionais para Seções Retas (W_i)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
a) Velocidade do navio (nós)		
alta > 12	0,1B	0,1B
moderada > 8 - 12	0	0
baixa 5 - 8	0	0

Fonte: PIANC, (1997).

O segundo passo, trata-se do item vento pelo través em nós na região estudada localizado na Tabela 11 e que está dividido em vento brando ≤ 15 nós, pertencente à escala Beaufort ≤ 4 para toda e qualquer velocidade desenvolvida pelo comboio, vento moderado > 15 até 33 nós, pertencente à escala Beaufort > 4 até 7, sendo desta vez considerada as velocidades como alta, moderada e baixa, fazendo assim, a escolha a partir da velocidade desenvolvida pelo comboio na via definida na Tabela 10. Para o vento forte > 33 até 48, pertencente à escala Beaufort > 7 até 9, realiza-se o mesmo procedimento explicitado acima no se refere à escolha da velocidade.

Tabela 11 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item vento pelo través

Larguras Adicionais para Seções Retas (Wi)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
b) Vento pelo través (nós)			
brando ≤ 15 (\leq Beaufort 4)	Toda	0	0
moderado $> 15-33$ ($>$ Beaufort 4 - Beaufort 7)	Alta	0,3B	-
	Moderada	0,4B	0,4B
	Baixa	0,5B	0,5B
forte $> 33 - 48$ ($>$ Beaufort 7 - Beaufort 9)	Alta	0,6B	-
	Moderada	0,8B	0,8B

Fonte: PIANC, (1997).

O terceiro passo encontra-se na Tabela 12, trata-se do item corrente pelo través em nós, sendo dividido em desprezível $< 0,2$ para toda e qualquer velocidade, fraca de 0,2 até 0,5, moderada $> 0,5$ até 1,5 e forte $> 1,5$ até 2,0. As três últimas são enquadradas na velocidade alta, moderada ou baixa, seguindo o procedimento da Tabela 10, de acordo com a velocidade do comboio.

Tabela 12 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item corrente pelo través

Larguras Adicionais para Seções Retas (Wi)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
c) Corrente pelo través (nós)			
desprezível $< 0,2$	Toda	0	0
fraca 0,2 - 0,5	Alta	0,1B	-
	Moderada	0,2B	0,1B
	Baixa	0,3B	0,2B
moderada $> 0,5 - 1,5$	Alta	0,5B	-
	Moderada	0,7B	0,5B
	Baixa	1,0B	0,8B
forte $> 1,5 - 2,0$	Alta	0,7B	-
	Moderada	1,0B	-
	Baixa	0,7B	-

Fonte: PIANC, (1997).

O quarto passo encontra-se na Tabela 13, trata-se do item corrente longitudinal em nós, e está dividido em fraca $\leq 1,5$ para toda e qualquer velocidade, moderada $> 1,5$ até 3 e forte > 3 , sendo estas duas últimas enquadradas na velocidade alta, moderada ou baixa seguindo o procedimento da Tabela 10, de acordo com a velocidade do comboio.

Tabela 13 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item corrente longitudinal

Larguras Adicionais para Seções Retas (W_i)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
d) Corrente longitudinal (nós)			
fraca $\leq 1,5$	Toda	0	0
moderada $> 1,5 - 3$	Alta	0	-
	Moderada	0,1B	0,1B
	Baixa	0,2B	0,2B
forte > 3	Alta	0,1B	-
	Moderada	0,2B	0,2B
	Baixa	0,4B	0,4B

Fonte: PIANC, (1997).

O quinto passo encontra-se na Tabela 14, trata-se do item altura significativa de onda H_s e comprimento λ (m), está dividido em altura de onda $\leq a 1$ e comprimento ≤ 1 para toda e qualquer velocidade, altura de onda $>$ que 1 até 3 m e comprimento igual a largura, e altura de onda superior a 3 e comprimento maior que a largura, sempre de acordo com a velocidade desenvolvida na via, de acordo com a Tabela 10.

Tabela 14 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item altura significativa de H_s e λ

Larguras Adicionais para Seções Retas (W_i)	Velocidade da Embarcação	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
e) Altura significativa de onda H_s e comprimento λ (m)			
$H_s \leq 1$ e $\lambda \leq 1$	Toda	0	0
$3 > H_s > 1$ e $\lambda = L$	Alta	$\approx 2,0 B$	0
	Moderada	$\approx 1,0 B$	0
	Baixa	$\approx 0,5 B$	0
$H_s > 3$ e $\lambda > L$	Alta	$\approx 3,0 B$	0
	Moderada	$\approx 2,2B$	0
	Baixa	1,5B	0

Fonte: PIANC, (1997).

O sexto passo encontra-se na Tabela 15, trata-se do item referente aos auxílios à navegação, encontra-se dividido em excelentes com controle de tráfego com base em terra com valor nulo para canal abrigado, bom, moderado e com baixa visibilidade ocasional e moderado com baixa visibilidade frequente.

Tabela 15 - Dimensionamento do Canal de Navegação, item auxílios à navegação

Larguras Adicionais para Seções Retas (Wi)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
f) Auxílios à Navegação		
excelentes c/ controle de tráfego c/ base em terra	0	0
Bom	0,1B	0,1B
moderado, com baixa visibilidade ocasional	0,2B	0,2B
moderado com baixa visibilidade frequente	$\geq 0,5B$	$\geq 0,5B$

Fonte: PIANC, (1997).

O sétimo passo, encontra-se na Tabela 16, trata-se do item referente ao tipo de fundo do canal de navegação, encontra-se dividido em: se profundidade $\geq 1,5 T$ (sendo T, calado), então admitirá valor nulo, ou se profundidade $< 1,5 T$ para canal interno de águas abrigadas, então, o fundo pode ser liso e mole, tendo o seu valor de correspondência igual 0,1B, liso ou inclinado e duro com valor de correspondência igual 0,1B e, fundo do canal irregular e duro com valor de correspondência igual a 0,2B.

Tabela 16 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item tipo de fundo

Larguras Adicionais para Seções Retas (Wi)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
g) Tipo de fundo		
se profundidade $\geq 1,5 T$	0	0
se profundidade $< 1,5 T$, então:		
liso e mole	0,1B	0,1B
liso ou inclinado e duro	0,1B	0,1B
irregular e duro	0,2B	0,2B

Fonte: PIANC, (1997).

O oitavo passo encontra-se na Tabela 17, trata-se do item referente ao tipo de fundo do canal de navegação, encontra-se dividido em profundidade da hidrovia maior ou igual a $1,5T$ (sendo T, calado), admite-se valor nulo para o item profundidade, se a profundidade estiver entre $1,25T$ até $1,5T$, considera-se valor de 0,2B. Caso, a profundidade seja menor que $1,25 T$, admite-se o valor de 0,4B.

Tabela 17 – Dimensionamento do Canal de Navegação, item profundidade da hidrovia

Larguras Adicionais para Seções Retas (Wi)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
h) Profundidade da hidrovia		
$\geq 1,5 T$	0	$\geq 1,5 T - 0,0$
$1,5 T - 1,25 T$	0,1B	$1,5 T - 1,15 T - 0,2B$
$< 1,25 T$	0,2B	$< 1,15 T - 0,4B$

Fonte: PIANC, (1997).

O nono passo, encontra-se na Tabela 18, trata-se do item referente ao nível de periculosidade da carga, está dividido em baixa, média e alta periculosidade.

Tabela 18 - Dimensionamento do Canal de Navegação, item periculosidade da carga

Larguras Adicionais para Seções Retas (W_i)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
i) Nível de periculosidade		
Baixo	0	0
Médio	$\geq 0,5 B$	$\geq 0,4B$
Alto	$\geq 1,0 B$	$\geq 0,8B$

Fonte: PIANC, (1997)

4.1.1.3 Largura Adicional para a Folga Navio-Margem (W_{Br} ou W_{Bg})

Na Tabela 19, verifica-se o enquadramento quanto à largura adicional para distância das margens em relação à velocidade desenvolvida na via, no canal interno de águas abrigadas, que se subdivide em margens de canal inclinadas e baixios, e penhascos, barragens e estruturas.

Tabela 19 – Largura adicional para distância das margens

Larguras para distância de margens (W_{BR}) e (W_{BG})	Velocidade da Embarcação	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
Margens de canal inclinadas e baixios	Alta	0,7B	-
	Moderada	0,5B	0,5B
	Baixa	0,3B	0,3B
Penhascos, barragens e estruturas	Alta	1,3B	-
	Moderada	1,0B	1,0B
	Baixa	0,5B	0,5B

Fonte: PIANC, (1997).

As Tabelas de 10 a 19, retratam as somas adicionais de largura das seções retas, já a Tabela 20 especifica a largura adicional para distância das margens calculadas de acordo com as normas PIANC (1997).

Entre os fatores empregados para o cálculo das larguras adicionais estão: manobrabilidade da embarcação, velocidade da embarcação, vento pelo través, corrente pelo través, corrente longitudinal, altura significativa e comprimento de onda, auxílios à navegação, tipo de fundo, profundidade da hidrovia, nível de periculosidade de carga, distância entre margens. Todos esses itens estão representados nas Tabelas de 10 a 20.

De acordo com a Figura 21, observa-se fatores importantes a serem considerados tais como a distância entre o navio e o banco, a folga abaixo da quilha com relação h / T , corte

transversal e simetria do canal, inclinação do banco ou estruturas do banco e a velocidade do navio.

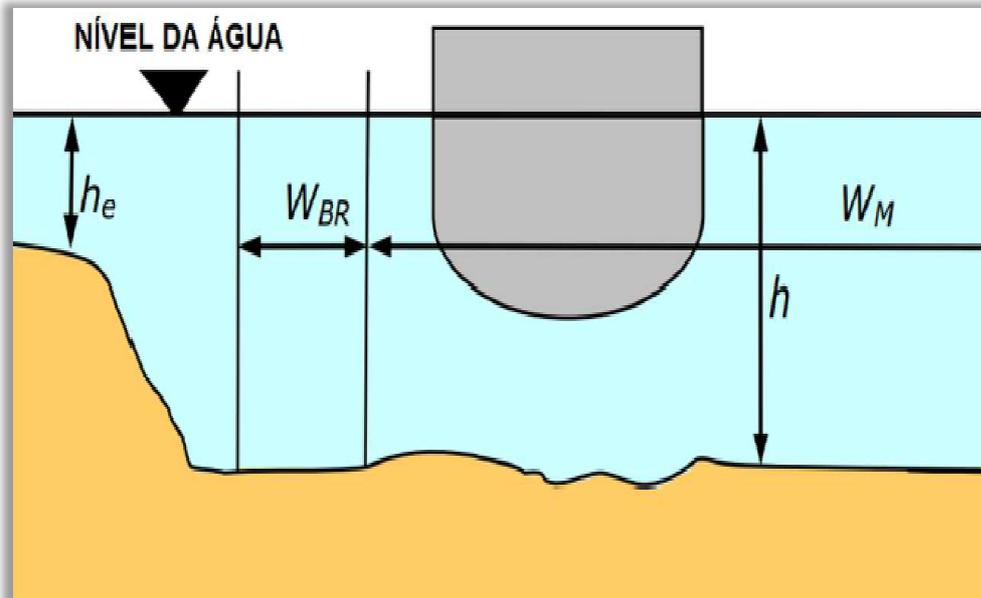


Figura 18 - Distância à margem WB
Fonte: PIANC, 2014.

Um canal com as margens submersas pode fazer com que a embarcação guie incontrolavelmente pelo efeito de interação com as margens. Esse efeito pode ser evitado quando se disponibiliza largura extra fora das faixas de manobra.

Importantes fatores são levados em consideração tais como velocidade do navio, inclinação do banco em relação a margem, simetria do canal, folga abaixo da quilha e distância entre o navio e o banco.

A embarcação ao navegar adjacente às margens de um canal experimenta a oscilação do fluxo de água em volta do casco que proporciona a formação de forças hidrodinâmicas. E para impossibilitar que forças adversas provoquem um fluxo assimétrico, faz-se necessário uma folga à margem (PIANC, 2014).

4.1.1.4 Largura adicional para a distância de cruzamento em tráfego bidirecional (W_p)

Para o canal de via dupla, deve-se considerar os dados da Tabela 20 que contém, a largura para distância de passagem (W_p), realiza-se o enquadramento referente a velocidade do navio, bem como a densidade de cruzamentos de acordo se o canal externo é exposto a mar

aberto ou é um canal interno de águas abrigadas, nos quais os valores obtidos são utilizados na formulação da equação 4, indicada acima.

Tabela 20 - Largura adicional para distância das margens para dupla faixa

Larguras para Distância de passagem (W_p)	Canal Externo exposto a mar aberto	Canal Interno águas abrigadas
Velocidade do navio (nós)		
- alta > 12	2,0B	-
- moderada > 8 – 12	1,6 B	1,4B
- baixa 5 – 8	1,2B	1,0B
Densidade de cruzamentos		
- baixa	0,0	0,0
- moderada	0,2B	0,2B
- alta	0,5B	0,5B

Fonte: PIANC, (1997).

A Figura 19, evidencia a representação dos elementos gráficos da largura de um canal de uma ou dupla faixa de navegação, utilizados nas tabelas 10 a 20 e equações 1 e 2.

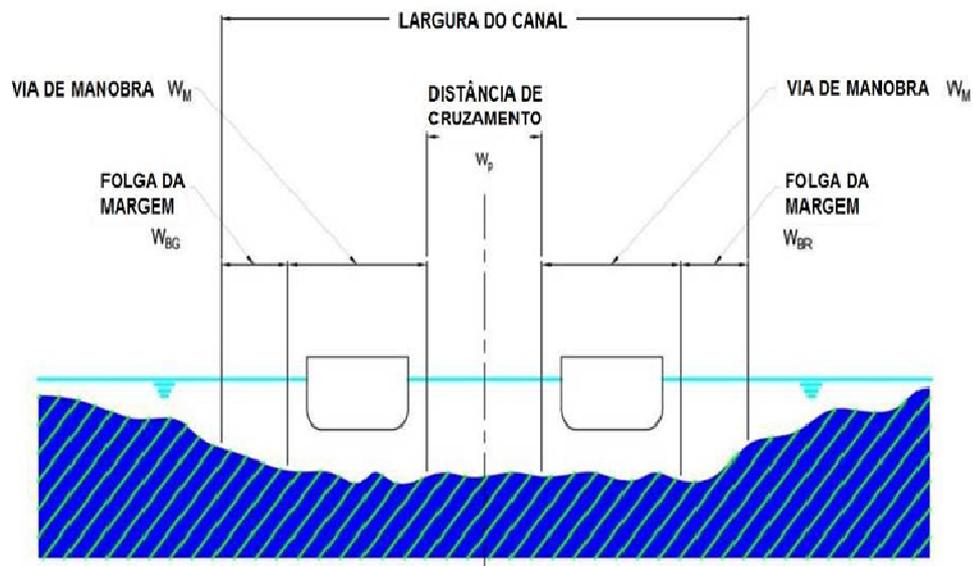


Figura 19 - Elementos da largura de um canal de uma ou dupla faixa

Fonte: PIANC, 1997, p. 25.

O canal de navegação é geralmente dragado para permitir a passagem de navios de grande calado conforme indicado na Figura 19. Em muitos canais dedicados, o AtoN estará próximo à borda do canal para indicar os limites da navegação segura, mas nos canais com faixa de tráfego, os marcadores podem ser posicionados para permitir a passagem de

embarcações menores em ambos os lados do canal dragado. Em outros casos, tanto o canal de águas profundas quanto as faixas externas para embarcações menores podem ser sinalizadas

Posteriormente, a identificação do volume de tráfego das embarcações que trafega nos Estreitos pode servir para cálculo mais preciso, quanto à real densidade desse tráfego, e assim identificar se é necessário a utilização de canal de mão dupla ou duplo sentido. Para tal, faz-se necessário a instalação na região de uma base de controle de tráfego que identifique a baixa ou a alta densidade de cruzamentos, e feita esta identificação deve-se considerar no momento de instalação da sinalização da futura hidrovia dos Estreitos.

4.1.2 Largura em trechos curvos

Deduz-se que o comboio desenvolva sua derrota sem o auxílio de *scort tug* na via, sendo assim, qualquer curva, que interligue trechos retos dos Estreitos, deve levar em consideração a capacidade de esse comboio guinar para qualquer bordo.

Caso o raio da curva seja pequeno, o comboio poderá apresentar impedimentos para efetuar a manobra de forma autônoma, e o auxílio de rebocadores pode ser imprescindível.

Na Figura 20, verifica-se a interligação de duas curvas sucessivamente, o uso de simuladores vai orientar a forma mais adequada de coordená-las. O posicionamento correto na primeira é de suma importância para que se entre na segunda curva da melhor maneira.

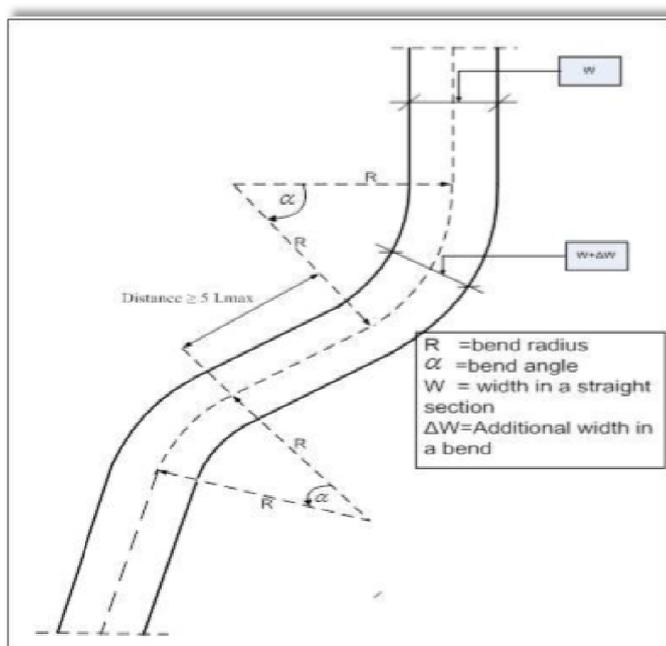


Figura 20 - Curvas
 Fonte: PIANC, 2014; p. 76.

No exterior, muitos canais não são naturais, geralmente são retos, diferentemente dos canais naturais brasileiros, mas a orientação da Norma é a utilização de curvas quando estas interliguem duas seções retas.

4.1.2.1 Raio de curvatura (R_c) e trechos em transição

A curvatura do canal aproxima-se das duas linhas laterais logo após a curva, e deve-se considerar a habilidade do giro do comboio e o ângulo de leme utilizado, onde a raio da curva é igual a curva de giro do comboio, calculada pela equação 3:

$$R = L_{OA} / K_R \delta_R \quad (3)$$

Em que: L_{OA} : comprimento do navio entre perpendiculares;

K_R : índice não dimensional de giro; e

δ_R : ângulo de leme.

A Tabela 21, fornece o índice não dimensional da capacidade de giro de 13 navios obtidos pela análise do giro a 90°, adicionadas as equações não lineares do movimento de manobra do navio.

Os cálculos são realizados com o ângulo de leme a 20° em águas rasas e a uma profundidade/calado de 1, 2 (h/T).

Tabela 21 - Raio de Curvatura Mínimo

Número	Tipo de Embarcação	Raio de Curvatura (LOA)
1	Cargueiro	5
2	Pequeno Cargueiro	6
3	Conteneiro Pós-Panamax	7
4	Conteneiro Panamax	6
5	Graneleiro de super dimensões	6
6	Graneleiro de grandes dimensões	6
7	Graneleiro de pequenas dimensões	5
8	VLCC	5
9	Navio tanque pequeno	5
10	LNG	4
11	Carga Geral Frigorífica	5
12	Cruzeiro	4
13	Balsa	5

Fonte: PIANC, (2014).

O raio de curvatura resulta da razão profundidade/calado e ângulo do leme. A PIANC orienta a utilização da Tabela 21, em nível conceitual, considerando a variação do tipo de embarcação.

O raio da curva de giro decorre da razão profundidade/calado e ângulo do leme. A nível conceitual é aconselhável que utilize-se a Tabela 21, na qual a variante é o tipo de embarcação (PIANC, 2014).

Duas curvas consecutivas necessitam de uma seção reta de transição em torno de cinco vezes o comprimento total (LOA) do comboio tipo. Caso as curvas sejam realizadas na mesma direção pode ser considerada três vezes o comprimento total do comboio tipo.

O comboio, que possui uma manobrabilidade entre boa e moderada em águas calmas, profundas e sem a interveniência de ventos, deve realizar uma guinada com o leme todo carregado para um bordo com um raio inicial, aproximadamente de 2 a 3 vezes o comprimento do comboio, aumentado para 5 vezes ou mais a uma relação profundidade/calado de 1,10.

Por conseguinte, quando o comboio estiver navegando num trecho reto e se passar para um trecho curvo da via, far-se-á necessário calcular um novo raio de curvatura, de acordo com a linha de profundidade/calado.

Conforme o comboio guina, ele desliza lateralmente, e como resultado tangencia uma faixa de trajetória superior à largura da sua boca, que pode variar 30 a 40%, o que se refere à linha de profundidade/calado de 1,10.

4.1.3 Profundidade

Conforme PIANC (1997), a profundidade de um canal de navegação é definida através dos seguintes critérios, tais como: calado do navio em repouso, *squat*, altura da maré, movimento vertical induzido por ondas, margem de segurança em função do tipo de fundo e densidade da água e seu efeito no calado do navio. Na Figura 21, são verificados os fatores determinantes da profundidade do canal.

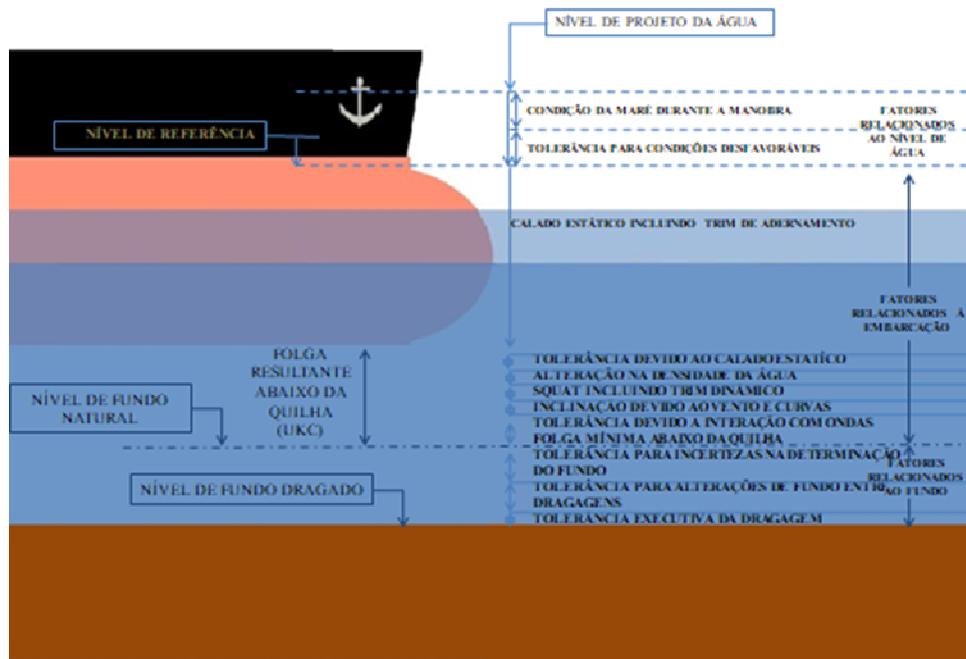


Figura 21 - Fatores determinantes da profundidade do canal

Fonte: Adaptado PIANC, (1997).

E para que se obtivesse o valor do calado do navio seria preciso a soma de todos os itens citados acima. A partir do valor do calado do navio é calculada a relação entre a profundidade local/calado. Esta relação deve estar dentro dos valores mínimos de segurança, conforme Tabela 22.

Tabela 22 - Valor apropriado de segurança com relação profundidade/calado

Condição do Mar	Mínima relação entre profundidade e calado
Águas abrigadas	1,1
Ondas até 1 metro	1,3
Ondas com períodos e direções desfavoráveis	1,5

Fonte: PIANC, (1997)

Segundo PIANC (2014) o número de Froude é o parâmetro adimensional mais notável no qual determina a resistência da embarcação ao movimento em águas rasas sendo função de sua velocidade e da profundidade do Canal.

O Número de Froude de Profundidade (F_{nh}) deve ser menor do que 0,7. A resistência hidrodinâmica ao movimento de uma embarcação em águas rasas é regida pelo Número de Froude de Profundidade (F_{nh}), que é, de modo geral, a razão adimensional entre velocidade e a celeridade de uma onda em águas rasas. Ele é definido na Equação 4 como:

$$F_{nh} = \frac{v}{\sqrt{g \cdot h}} \quad , (4)$$

Em que: v é a velocidade através da água (m/s); h é a profundidade em águas tranquilas (m); e g é a aceleração da gravidade (m/s²).

Outro elemento essencial para a definição da profundidade é o efeito *squat*, o qual representa a tendência de uma embarcação afundar a popa e adquirir trim quando em movimento, dessa maneira reduzindo a lâmina d'água sob sua quilha.

Desse modo, conforme PIANC (2014), verifica-se na Figura 22, o efeito do *squat*.

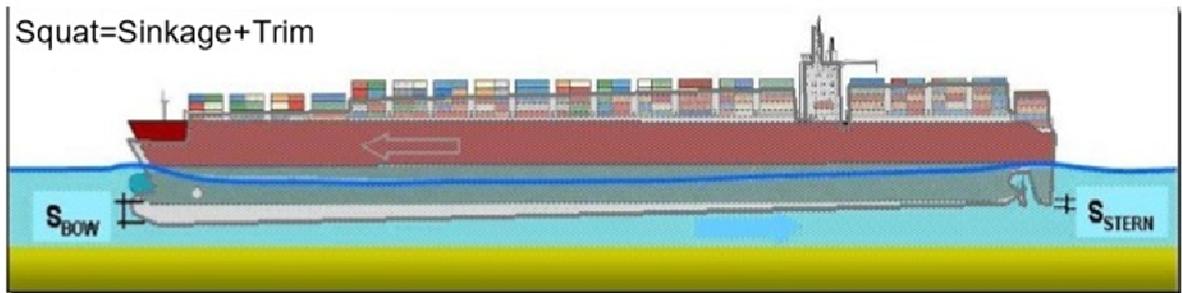


Figura 22 - Efeito Squat na proa e popa
Fonte: PIANC, (2014).

ROBIJNS (2010) esclarece que devido à diminuição do nível de água e o deslocamento da água no entorno do navio ocorre o efeito *squat*, ou seja, um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido sofre um empuxo que é igual ao peso do volume do fluido deslocado pelo corpo (Lei de Arquimedes).

O *squat* depende muito da velocidade e é acentuado (podendo se tornar crítico) em águas rasas. Assim, é prudente verificar se a velocidade e a profundidade não causam valores de *squat* excessivos que possam comprometer a manobrabilidade da embarcação.

O *squat* pode ser estimado a partir de várias formulações empíricas citadas na Tabela 23, dentre elas, pode-se empregar a Equação 5 de Barrass³, de acordo com a PIANC (2014):

$$S_{\text{máx}} = \frac{C_b \cdot V k^2}{100/K} \quad , (5)$$

Em que: $S_{\text{máx}}$ é o *squat* máximo; C_b é o coeficiente de bloco; Vk é a velocidade da embarcação (nós); e K é o coeficiente K .

Barrass3 definiu o coeficiente adimensional K como através da Equação 6:

$$K = 5,74S^{0,75} \quad ,(6)$$

Quando, o $S = 0,25$, o coeficiente adimensional de $K = 2$, o denominador da fórmula será 50, quando se tratar de canal restrito. E se $K = 1$, o denominador permanece 100, quando se tratar de canal irrestrito. E estes tipos de canais são observados através da Figura 23. Neste caso, o denominador do *squat* máximo é 50 por tratar-se de canal restrito. E as fórmulas de *squat* em relação às configurações do canal irrestrito, restrito e restrito ao topo estão descritas na Tabela 23.

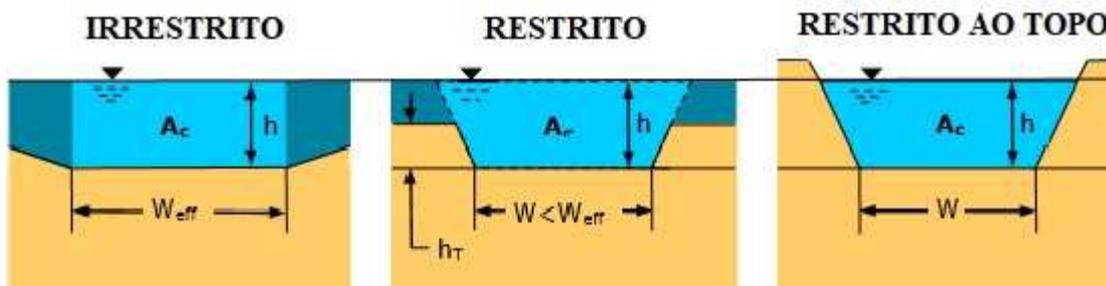


Figura 23 - Tipos de canais

Fonte: PIANC, (2014).

Tabela 23 - Fórmulas de *squat* em relação às configurações do canal

Squat Fórmula	Configuração		
	Irrestrito	Restrito	Restrito ao topo
Tuck (1966)	Sim	Sim	Sim
Huska/Guliev (1976)	Sim	Sim	Sim
ICORELS (1980)	Sim	Sim	Não
Barrass3 (2007)	Sim	Sim	Sim
Eryuzlu2 (1994)	Sim	Sim	Não
Romisch (1989)	Sim	Sim	Sim
Yoshimura (1986)	Sim	Sim	Sim

Fonte: PIANC, (2014).

Notas:

1. Somente Barrass3 e Romisch prevê o *squat* na proa e popa S_s
2. Outros valores máximos de *squat*, usualmente tem como referência a proa
3. ICORELS, muitas vezes é utilizado para canal restrito, apesar de ter sido originalmente destinado apenas para o canal irrestrito.

Outra maneira de se estimar o *squat* é por intermédio do método gráfico esboçado na Figura 33.

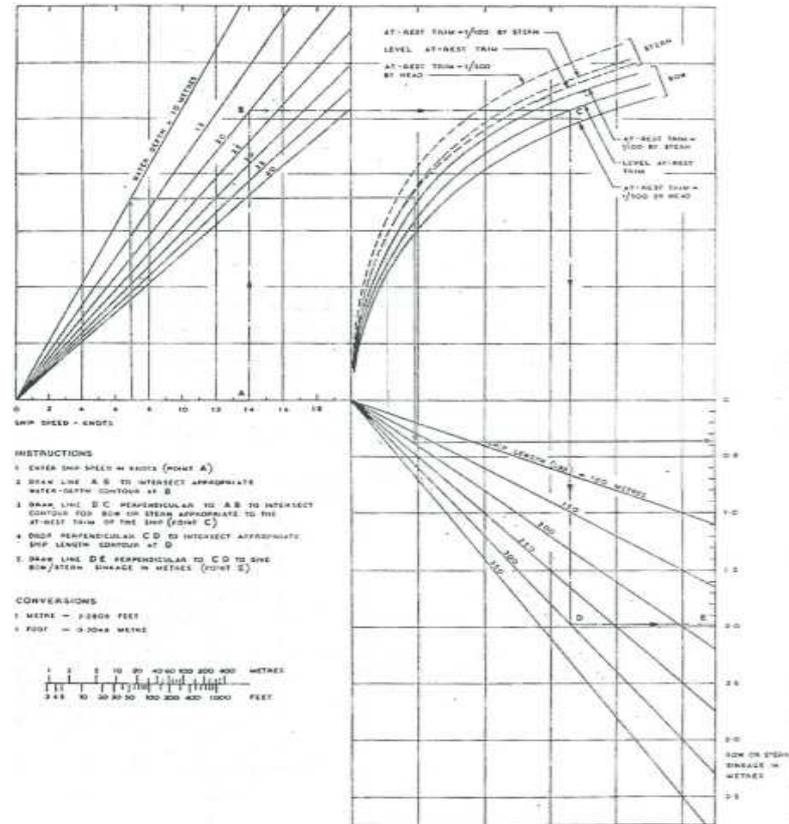


Figura 24 - Quadro de estimativa de Squat para navios de forma cheias

Fonte: PIANC, (1997).

Considera-se, então, a velocidade desenvolvida na via. E se traça uma linha AB de modo a interceptar a reta de profundidade em B. Logo após, traça-se uma linha perpendicular à AB, de modo que seja interceptada a curva para popa relativo ao trim, em repouso do comboio (ponto C). Baixa-se a perpendicular CD de modo a interceptar a linha relativa ao comprimento do navio em D. Depois, traça-se a linha DE perpendicular a CD para obter o afundamento de popa em metros (Ponto E).

Então, para o efeito *squat*, a velocidade relativa entre o navio e a água é influenciada pelas dimensões da via, de forma, que as fórmulas de *squat* são desenvolvidas para águas rasas, irrestritas lateralmente ou para canais artificiais.

Tendo em vista que a futura Hidrovia dos Estreitos, que é uma via natural, onde não há realização de dragagem em seus trechos, conclui-se que podem ocorrer grandes variações de profundidade, causando fenômenos de *squat* constantes ou transientes.

Quando a profundidade da água de um canal de acesso diminui gradualmente, a resistência do navio aumenta. Isto reduz sua velocidade e, como resultado, o *squat* também é reduzido. Em contrapartida, a situação se torna crítica quando o navio está passando de águas profundas para uma área rasa com mudança abrupta na profundidade. Em tais casos, o

comboio pode adentrar a área rasa a toda força (velocidade para águas profundas), o que resultaria em um *squat* significativa.

O *squat* deve ser levado em consideração, quando navegando em águas rasas por representar item de fundamental importância para desenvolvimento de uma navegação segura, sendo este observado em cada trecho da via navegável, assim, calculando o pé de piloto resultante, bem como consultando os limites mínimos considerados pelas normas de segurança. Atualmente, não há menção sobre o pé de piloto a ser levado em consideração na área dos Estreitos em Norma.

4.1.4 Área mínima da seção transversal

Ao iniciar o cálculo da seção mínima da seção transversal (A_c), outros fatores são encontrados, localizados em fórmula. Então, empreende-se a seguinte fórmula do fator de bloco (S):

$S = A_s/A_c$, esta equação é representada na Figura 25, em que:

S é o fator de bloco, A_s é a área da seção imersa da embarcação e A_c é a área da seção do canal.

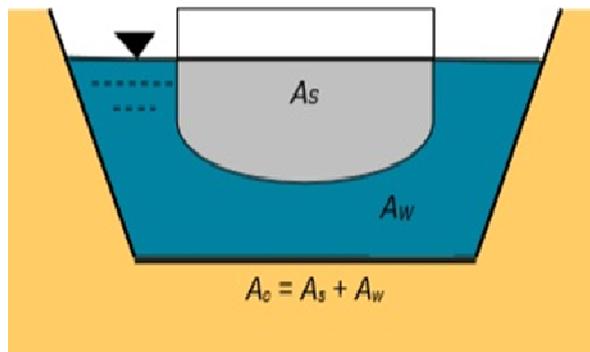


Figura 25 - Área da seção transversal do comboio e do canal

Fonte: PIANC, (2014).

O $A_s = 0.98BT$, geralmente é dado para explicar o raio da quilha, embora alguns pesquisadores utilizem $A_s = B.T$, uma vez que o erro é pequeno em relação a outras incertezas. O valor do fator de bloco (S) considerado foi de 0,25.

4.1.5 Ângulo de deriva

Os efeitos do vento e das correntes são particularmente importantes e influenciam no *design* da largura do canal, pois as embarcações adentram sob a ação de forças de vento e de corrente que geram um ângulo de deriva na embarcação.

Os ventos de través afetarão o comboio em todas as velocidades conforme ilustrado na Figura 41, mas terão seu maior efeito nas baixas velocidades. Isso fará com que o comboio navegue lateralmente ou assuma um ângulo de deriva, fazendo-se necessário uma largura de canal suficiente para a navegação do comboio que permita uma navegação segura.

É improvável que um comboio possa manter um curso constante com baixa velocidade em um vento de proa.

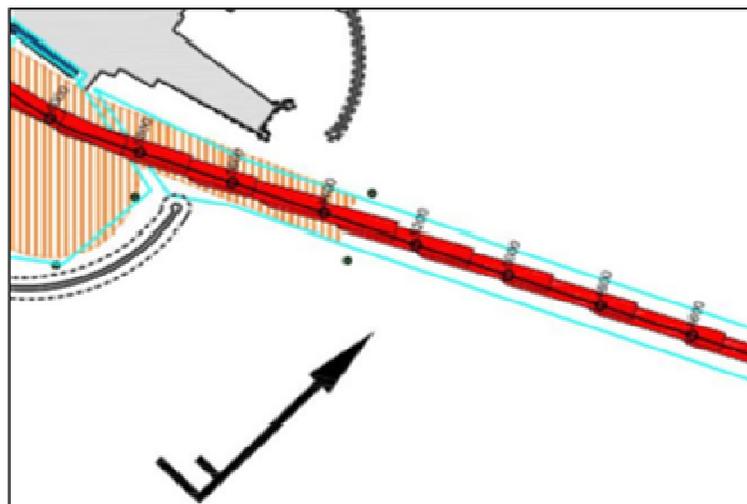


Figura 26 - Vento pelo través
Fonte: PIANC, (2014).

Para manter o curso do comboio, faz-se necessário delinear o abatimento para compensar o ângulo de deriva gerado pela ação dos ventos ou correntes.

É recomendável que os limites das condições de navegação nos Estreitos sejam selecionados de tal forma que o ângulo de deriva β não exceda aos valores especificados na Tabela 24 e, que o comboio navegue na menor velocidade de trânsito permitida, no caso quando existe alguma determinação de velocidade efetuada pela Capitania dos Portos ou Autoridade Portuária, na qual este comboio esteja adentrando, que neste caso são as instalações das Estações de Transbordo de Carga (ETC).

As condições do canal são diferenciadas através da relação de profundidade/calado (h/T), em que h é a profundidade da água e T é o calado do comboio.

Calcula-se o ângulo de deriva β , assumindo que o seno é a soma dos senos dos ângulos de deriva das diferentes ações das forças que atuam no comboio, expressa através da Equação 7:

$$\text{sen } \beta = (\text{sen } \beta)_{\text{vento}} + (\text{sen } \beta)_{\text{corrente}} + (\text{sen } \beta)_{\text{ondas}} + (\text{sen } \beta)_{\text{rebocador}} \quad , (7)$$

Em que: β é o ângulo de deriva.

A ação da força do ângulo de deriva no comboio tem sua condição de profundidade do canal em relação ao calado representada na Tabela 24.

Tabela 24 – Ângulo de deriva e a relação entre h/T

Condição de profundidade do canal em relação ao calado	β (graus)
Canais com áreas de $h/T \leq 1.2$	
• Trechos normais	5
• Pontos singulares	10
Canais com áreas de $h/T \ 1.2 < h/T < 1.5$	
• Trechos normais	10
• Pontos singulares	15
Canais com áreas de $h/T \geq 5$	
• Trechos normais	15
• Pontos singulares	20

Fonte: PIANC, (2014).

Segundo a publicação NPCP, da CPAOR, que considera os possíveis danos, que podem ser causados às margens, às instalações nelas localizadas e às embarcações atracadas, é proibida a passagem de embarcações em velocidade superior a 5 nós e em distância inferior a 150 metros das margens em locais de concentração de embarcações, trapiches, flutuantes e portos organizados (MARINHA DO BRASIL, 2017b).

Nas demais situações, pode-se utilizar como base as velocidades mínimas V_s da Tabela 25 encontradas na PIANC.

Tabela 25 – Velocidade do comboio em relação a área de navegação

Áreas de Navegação	Velocidade do comboio (V_s)	
	m/s	nós
Áreas fora do porto (ex: canal de navegação dos Estreitos):		
<i>Faixas de canal</i>		
• Longas (> 50 Lpp)	4 – 7,5	8 – 15
• Curtas (< 50 Lpp)	4 – 6	8 – 12
• Fundeadouro	1 – 1.5	2 – 3
• Área de manobra	2 – 3	4 – 6
• Área de terminais	1 – 1.15	2 – 3
Entrada do porto	2.4	4 – 8
<i>Área do porto</i>		
• Fundeadouro	1 – 1.15	2 – 3
• Canal	3 – 5	6 – 10
• Área de manobra	2 – 3	4 – 6
• Área de terminais e berços de atracação	1 – 1.15	2 – 3

Fonte: PIANC, (2014).

4.1.6 Ângulo de deriva e leme

O ângulo de deriva causado pelas forças do vento β pode ser obtido teoricamente através da solução das equações de equilíbrio que dizem a respeito do ângulo de deriva e de leme necessário para compensar o rumo do comboio, quando sob as forças do vento, que são derivadas das equações de movimentos *sway* and *yaw*.

Então, conclui-se que para cada ângulo de deriva existe um ângulo de leme correspondente. As soluções das equações de equilíbrio do ângulo de deriva β e o ângulo de leme δ são dadas pelas Equações 8 e 9:

$$\beta = \mu \frac{Y'_w(\theta_w)N'_\delta - N'_w(\theta_w)Y'_\delta}{Y'_V N'_\delta - N'_V Y'_\delta} \quad , (8)$$

$$\delta = \mu \frac{Y'_w(\theta_w)N'_V - N'_w(\theta_w)Y'_V}{Y'_V N'_\delta - N'_V Y'_\delta} \quad , (9)$$

Em que: β é o ângulo de deriva e δ é o ângulo de leme.

4.1.7 Manobrabilidade

A margem de manobrabilidade (MM) é usada para definir a folga média abaixo da quilha do navio. É o sumário dos fatores do UKC, tais como: profundidade, calado, *squat* e

leme, e tem como objetivo estabelecer requisitos mínimos de UKC que contribuam para uma manobrabilidade adequada, quando o comboio está em movimento.

Deve-se notar que esta verificação de MM é separada dos cálculos de UKC que inclui os efeitos dos movimentos de onda. A manobrabilidade do comboio pode ser definida como a capacidade que o comboio possui em executar as manobras pretendidas sem auxílio de rebocadores. A capacidade do comboio para manobrar à sua velocidade média de projeto diminuirá quando a folga entre o fundo do canal e a quilha do comboio for reduzida e inferior a certo valor crítico.

A margem de manobrabilidade é o valor crítico da distância necessária a ser mantida do fundo do comboio e do fundo do canal de navegação. A distância entre a quilha do comboio e o fundo do canal deve exceder sempre um valor mínimo para garantir uma manobrabilidade adequada.

Este componente de MM vertical também afetará os movimentos horizontais que conduzem ao aumento de riscos horizontais, uma vez que um comboio com um MM muito pequena se torna muito lento na manobra, portanto, aumenta os riscos de colisões ou de necessidade de maior largura do canal para que a navegação seja efetuada com segurança.

Os movimentos do comboio tais como *heave, pitch e roll* não têm efeito significativo na manobrabilidade. O valor limite de MM depende do tipo do comboio, da largura do canal, alinhamento, e do tipo de tráfego da via (se é de faixa única ou dupla).

A PIANC estabelece um valor mínimo de 5% do calado ou 0,6 m, o que for maior, sendo este o valor de MM adequada e admitida para os Estreitos.

4.2 Dimensionamento do canal de navegação – Norma USACE

As dimensões do canal necessárias para a navegação dependem do alinhamento do canal, do tamanho do comboio, e se o tráfego acomoda uma ou duas faixas de navegação. O tráfego de uma faixa de navegação é justificado quando existe um baixo volume de tráfego, e quando rotas de passagem são providas de trechos longos, em que o controle de tráfego e a comunicação são mantidos eficientemente.

Dimensionar a via para um tráfego irrestrito de duas faixas de navegação resulta numa via navegável muito mais segura e eficiente. As dimensões e o alinhamento da canaleta fornecidas podem afetar o custo da construção e da manutenção e do desenvolvimento do tráfego da via, isto quando se refere a vias projetadas.

Um canal reto pode reduzir o comprimento da Hidrovia e exigir menos largura do canal do que um canal sinuoso. No entanto, os canais de rios naturais tendem a meandros com a maior parte do comprimento do canal em águas restritas e com a existência de curvas com várias curvaturas. Em rios, nos quais transportam o sedimento, os percursos retos e longos tendem a ser instáveis e difíceis de manter, devido à constante mudança desses sedimentos.

4.2.1 Largura em trechos retos

A largura mínima do canal necessária para manter a segurança da navegação em canais retos depende do tipo e do tamanho dos equipamentos em geral, que são utilizados no canal de águas interiores, alinhamento, velocidade das correntes, intensidade dos ventos, bem como a definição dos limites do canal, auxílios à navegação disponibilizados, e se a via é de uma faixa ou dupla faixa de tráfego.

Nas Figuras 27 e 28, observa-se que a largura mínima do canal deve ser providenciada de acordo com o tamanho do comboio, e as lazeiras entre o comboio e os limites do canal, bem como o espaço requerido para o comboio, quando este for de dupla faixa de navegação.

A norma da USACE (2006) para largura do canal em trechos retos se define em função da:

a) largura do canal medida no fundo acrescida das distâncias de segurança das margens;

Para uma faixa de navegação, calculou-se a largura mínima do canal através de $W = 3,0B$. Para tráfego em duas faixas, calculou-se a largura através da Equação 10:

$$W = 4,5 \left(\frac{B_{\text{comboio1}} + B_{\text{comboio2}}}{2} \right) \quad , (10)$$

Em que: W é a largura do canal e B é a boca do navio.

b) corrente e direção da corrente; e

c) qualidade dos auxílios à navegação.

Ao projetar um canal, faz-se necessário observar se as correntes estão na mesma direção para minorar a ação de correntes pelo través e a utilização de um ângulo de deriva. É

imprescindível que um canal possua o maior número de seções reta interligadas por curvas de raio grande.

Se no estudo ficar constatado que a passagem em trechos curvos é obrigatória, faz-se primordial realizar um estudo minucioso para cada curva.

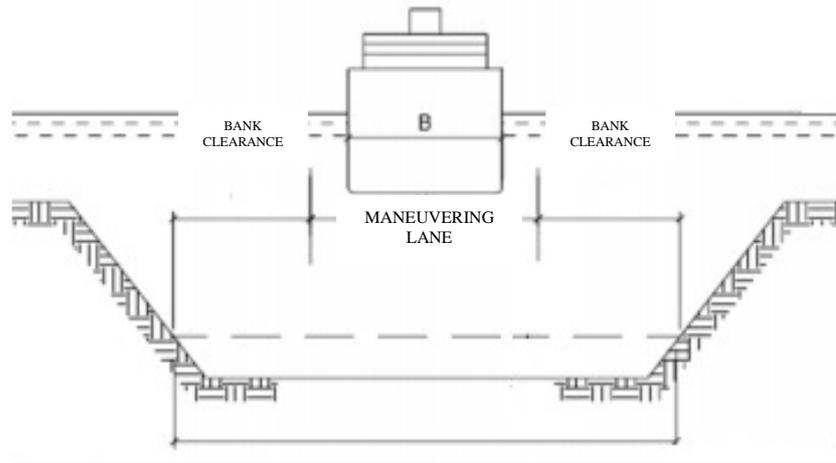


Figura 27 - Largura do canal para uma faixa de navegação
Fonte: USACE, (2006).

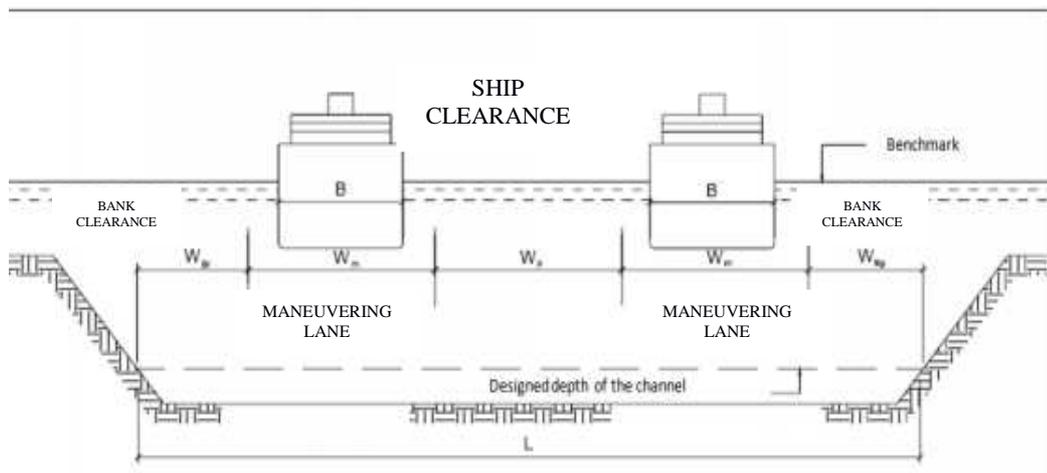


Figura 28 - Largura do canal para duas faixas de navegação
Fonte: USACE, (2006).

A norma da USACE (1980) orienta através de sua publicação uma folga mínima de 40 pés (12,19 m), entre o limite da via navegável e o comboio, isto se não houver cruzamento, e caso exista, essa folga passa a ser de 20 pés (6,10 m), e mais uma folga mínima entre comboios em cruzamento de 50 pés (15,25 m). É o que descreve na Tabela 26, as larguras mínimas.

Tabela 26 – Larguras mínimas

Largura da Boca	Largura do Canal (pés e metros)	
	Com cruzamento	Sem cruzamento
105/32	300/91,4	185/56,4
70/21,3	230/70	150/45,7
50/15,3	190/58	130/39,6

Fonte: USACE, (1980).

Tendo em vista que a boca do comboio estudado é superior às larguras mínimas descritas, realizou-se uma prévia do cálculo através de interpolação dos valores acima para obter a largura mínima necessária para a navegação nos Estreitos de Boiúçu e Breves para o canal com cruzamento e sem cruzamento.

4.2.2 Largura em trechos curvos

Utilizou-se a mesma sistemática da PIANC quanto ao cálculo de trechos curvos, sendo seguida as recomendações da USACE referente ao canal alargado, e o ângulo de deflexão, adotou-se a largura a ser acrescentada, conforme o ângulo da curva em questão.

A largura do canal também é delimitada em função da velocidade da corrente e dos tipos de auxílios à navegação que são empregados para demarcar o canal. A Tabela 27, da USACE, informa os valores adicionais recomendados; se a corrente for superior a três nós é recomendado à análise em simuladores de manobras.

Então, considerou-se que o balizamento em ambos os Estreitos fosse adequado e para a corrente máxima de 1,5 nós adotou-se $w = 3,0B$.

Tabela 27 - Largura em função da corrente e auxílios à navegação

Tipo de canal	Velocidade da corrente	Largura Auxílio à navegação adequado	Largura Auxílio à navegação moderado
Canal – águas profundas	0,0 a 0,5 nós	2,5	3,0
	0,5 a 1,5 nós	3,0	3,5
	1,5 a 3,0 nós	3,5	4,0
Canal – águas rasas	0,0 a 0,5 nós	3,0	3,5
	0,5 a 1,5 nós	4,0	4,5
	1,5 a 3,0 nós	5,0	5,5
Canal – margens imersas	0,0 a 0,5 nós	2,75	3,5
	0,5 a 1,5 nós	3,25	4,0
	1,5 a 3,0 nós	4,0	5,0

Fonte: Adaptado USACE, (2006).

Há um componente crítico para o enquadramento das curvas dos Estreitos pelos padrões estabelecidos, pois não há hipótese do canal não apresentar balizamento. Somente o Estreito de Boiuçu possui sinalização localizada na pedra do Vira Saia.

A embarcação possui mais dificuldades durante as guinadas, o USACE recomenda que o canal deva ser alargado em função do seu ângulo de deflexão.

O valor de largura a ser incrementado à largura do canal é dado em função da geometria da curva, conforme a Tabela 28.

Tabela 28 - Largura adicional em função da deflexão do canal

Ângulo de inclinação do canal (em graus)	R/L	LARGURA a ser incrementada	Configuração Tipo de curva
0 – 10	0	0	Em ângulo
10 – 25	3 – 5	2,0 - 1,0	Atalho (eutoff)
25 – 35	5 – 7	1,0 - 0,7	Ápice (apex)
35 – 50	7 – 10	0,7 - 0,5	Curvada (curved)
> 50	> 10	0,5	Círculo (circle)

Fonte: USACE, (2014).

4.2.3 Profundidade

As normas da USACE para profundidade são estabelecidas em função do movimento do navio como *roll*, *pitch* e *yaw*, resposta do navio à agitação de ondas, levando em consideração altura, período, comprimento e velocidade de propagação da onda, direção relativa da onda em relação ao navio, comprimento e boca do navio, período natural em *roll*, *pitch* e *yaw* do navio, calado e folga abaixo da quilha do navio, profundidade do canal e altura das margens. Também se leva em consideração os valores de afundamento da embarcação na presença de ondas. Esses valores podem ser auferidos através da PIANC, através de análises da teoria de faixas usados na engenharia naval, estudos em simuladores de manobras, estudos em modelos reduzidos, medição direta a bordo do navio.

4.2.4 Área mínima da seção transversal

Para determinar a largura do canal, os critérios básicos utilizados são a área da seção transversal, a relação da profundidade/calado e requisitos de manobrabilidade. Os testes devem indicar que a resistência ao deslocamento do comboio no canal restrito diminui, e que

a área da seção do canal e a área da seção submersa do comboio são aumentadas de 6 a 7 vezes, e diminui quando a relação entre estes dois fatores citados aumenta.

A resistência ao avanço do comboio e a força necessária para deslocar o comboio é aumentada se o calado representa mais do que 75% da profundidade disponível, e ocorre em canais de largura restrita, tais como um canal restrito ou eclusa.

4.2.5 Velocidade limite

De acordo com a PIANC (2014), o movimento do navio a uma determinada velocidade (V_S) em um canal ou canal restrito com o fator de bloco (S) causará um fluxo de retorno.

Como resultado, o nível da água diminuirá devido à Lei de Bernoulli, o que provoca uma redução adicional da área de seção transversal líquida da via navegável e, portanto, uma amplificação do fluxo de retorno e do afundamento do nível da água.

Devido a este efeito, o *squat* de um navio aumentará mais do que a função quadrática da velocidade do comboio. Uma solução estacionária para o fluxo de retorno e o afundamento só é possível para velocidades de navio que não excedam uma velocidade crítica V_{Cr} , que é dada através da Equação 11:

$$\frac{VC_r}{\sqrt{g \cdot h_m}} = \left[\frac{2}{3} \right] \cdot \left(1 - S + \frac{V_{cr}^2}{2 \cdot g \cdot h_M} \right) \left(1 - S + \frac{V_{cr}^2}{2 \cdot g \cdot h_m} \right)^{1,5} \quad ,(11)$$

Em que: VC_r é a velocidade crítica, g é a gravidade e h_m é a profundidade da água.

Observa-se que a velocidade crítica esta presente nos dois lados da equação acima. E a solução da Equação 12 é dada por:

$$\frac{VC_r}{\sqrt{g \cdot h_m}} = K_c = \left(\frac{2 \operatorname{sen}(\operatorname{arcsen}(1 - S))}{3} \right)^{1,5} = \left[2 \cos \left(\frac{\pi}{3} + \frac{\operatorname{arccos}(1 - 3)}{(3)} \right) \right]^{1,5} \quad ,(12)$$

Em que: VC_r é a velocidade crítica, g é a gravidade e h_m é a profundidade da água.

De acordo com a Figura 24, k_c é igual a 1 e a velocidade crítica é igual a K_c é igual a 1 e a velocidade crítica é igual a $\sqrt{g \cdot h_m}$ (com valor limite de $\sqrt{g \cdot h}$), isto para águas rasas sem restrição ($S = 0$), mas diminui muito rapidamente com o aumento do fator de bloco (S).

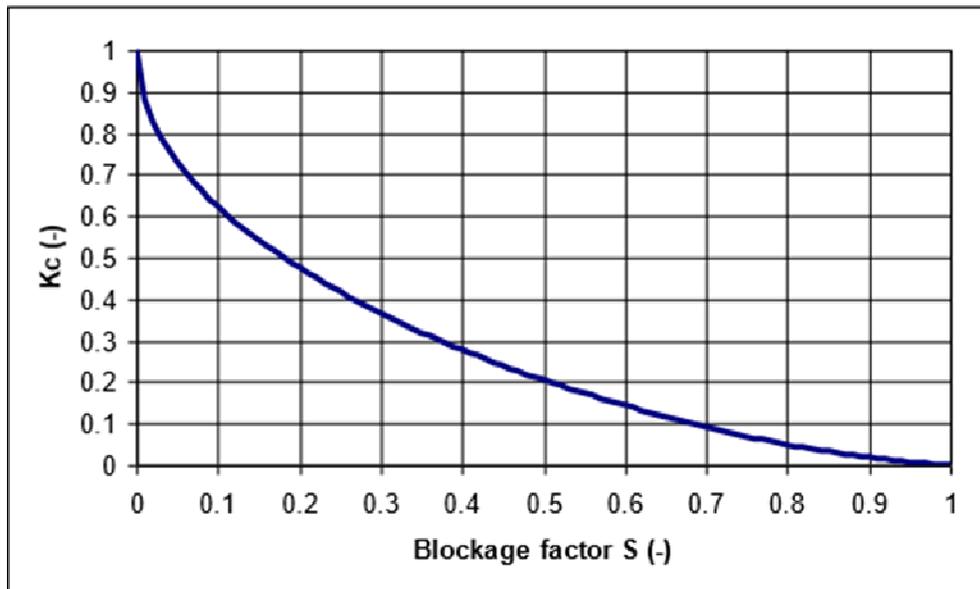


Figura 29 - Fator de bloco (S) para o canal
Fonte: PIANC, (2014).

Como mostrado na Figura 29, K_c é igual a 1 e a velocidade crítica é igual a $\sqrt{g \cdot h_m} M$ gh (com valor limite de $\sqrt{g \cdot h}$), isto para águas rasas sem restrição ($S = 0$), mas diminui muito rapidamente com o aumento do fator de bloco (S).

O *squat* aumenta com a velocidade para uma dada profundidade de água. A velocidade do navio é dada por V_s em m/s e V_k em nós. A velocidade do navio é a velocidade em relação à água, de modo que as correntes fluviais e as correntes de maré devem ser levadas em consideração. Os valores de V_k superiores a 6 nós produzem *squat* significativo.

4.3 Limites operacionais

Os limites operacionais podem ser estabelecidos mediante fatores ambientais, pois caso o UKC seja muito baixo, as ondas muito altas, a corrente muito forte, a velocidade do vento em uma escala Beufort elevada, a velocidade do comboio muito baixa ou a visibilidade muito fraca, o comboio pode estar em perigo.

No caso dos Estreitos, os ventos e as ondas são baixas, tendo em vista a área de desenvolvimento da navegação a ser abrigada, os demais elementos merecem ser considerados na avaliação dos limites operacionais, mas estes não serão objeto de estudo a não ser o UKC.

Os limites operacionais também podem depender de fatores baseados no navio, tais como o tipo de rebocador ou empurrador empregado no comboio, manobrabilidade, equipamentos e sistemas de navegação, e que podem ter um impacto significativo na avaliação de condições limitantes durante a navegação com segurança nos Estreitos.

Diferentes trechos podem ter diferentes limites operacionais, e estes por sua vez podem conter auxílios à navegação tais como uma sinalização adequada ou balizamento que proporcione melhores condições de navegação a via, futura Hidrovia dos Estreitos.

Além disso, o tipo de carga (especialmente, carga perigosa) pode afetar os limites ou procedimentos operacionais, mas que neste caso não terá influência, tendo em vista que a carga é granel sólido. Os limites operacionais são restritivos e possuem um impacto significativo nas operações e necessitam de criteriosa análise.

A avaliação dos limites operacionais na via dos Estreitos de Boiuçu e Breves foi realizada nos seguintes fatores: folga abaixo da quilha (UKC), calado máximo recomendado e velocidade limite.

4.3.1 Ângulo de deriva

Estudos têm sido realizados para se ter mais conhecimento sobre as larguras adicionais em curvas e tem se providenciado através de modelos computacionais, as larguras de diferentes tipos de comboio com variados tamanhos, além da inserção de curvas na navegação realizada para se obter parâmetros de comportamento que assumam e mantenham um ângulo de alinhamento do canal que se refere ao ângulo de deriva.

A largura do canal necessária é ligada ao ângulo de deriva que o comboio assume no momento da guinada e depende de muitos fatores, e o mais importante é o raio de curvatura, comprimento do comboio e a largura da curva até cerca de 90°.

Outros fatores afetam o ângulo de deriva tais como alinhamento e velocidade das correntes, velocidade do comboio com respeito às correntes, calado, profundidade do canal, se a navegação, por ventura é realizada a favor ou contra a corrente, condução do comboio somente com as máquinas ou utilizando os lemes de flanco quando descendo o rio, alinhamento e posicionamento o comboio entrando na curva.

Em regra geral, o ângulo de deriva, Figura 30, assumido pelo comboio aumenta rapidamente quando o raio da curva diminui de 4 a 5 vezes o comprimento do comboio.

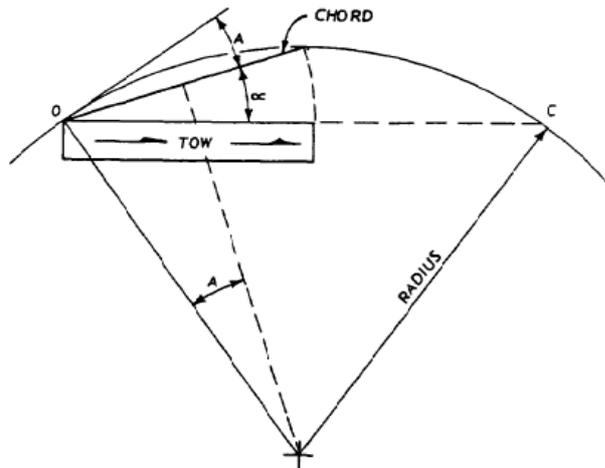


Figura 30 - Ângulo de deriva α

Fonte: USACE, (1980).

Se o ângulo de deflexão assumido pelo comboio é conhecido, então a largura do canal necessária pode ser determinada a partir de uma das Equações 13 e 14 a seguir:

$$CW_1 = (\text{sen } \alpha_d \cdot L_1) + W_1 + 2C \quad , (13)$$

$$CW_2 = (\text{sen } \alpha_u \cdot L_1) + W_1 + (\text{sen } \alpha_d \cdot L_2) + W_2 + 2C + C_t \quad , (14)$$

Em que: CW_1 é a largura do canal para uma faixa de navegação (em pés), CW_2 é a largura do canal para dupla faixa de navegação (em pés), α_d é o ângulo de deflexão descendo o rio (em graus), α_u é o ângulo de deflexão subindo o rio (em graus), L é o comprimento do comboio em pés, boca do comboio (em pés), C é a lazeira necessária entre o comboio e o limite canal para uma navegação segura, C_t é a largura mínima necessária entre a passagem dos comboios em dupla faixa de navegação (em pés).

4.3.2 Manobrabilidade

A capacidade de manobra do comboio varia dependendo do tamanho e número de lemes e da força propulsora do empurrador, bem como dos equipamentos especiais, tais como os propulsores do tipo Kort Nozzles e o thruster de proa.

Alguns rebocadores/empurradores são equipados com lemes de flanco que proporcionam a inversão dos lemes para ré e que podem ser usados para a melhoria da eficiência nas curvas ou em determinados trechos que exijam maior capacidade de manobra.

A manobra com os lemes de flanco consiste em reverter os lemes para adiar o movimento do empurrador e assim colocar o comboio na posição desejada, ou até mesmo mover o comboio lateralmente.

Os lemes de flanco são dependentes da direção das correntes, e a proa do empurrador não pode ser manobrada para a posição desejada somente pelo uso dos lemes, necessitando de potência de máquina. Os empurradores podem ter dois propulsores iguais controlados independentemente que pode realizar uma manobra de torção, onde se coloca uma manete para vante e outra para ré.

Os lemes de flanco aumentam a rapidez da manobra e a força necessária para movimentar o comboio, bem como aumenta o custo da operação dos empurradores/rebocadores.

Bow Thrusters são forças localizadas na parte de vante do empurrador ou da balsa de proa, que pode melhorar a manobrabilidade do reboque consideravelmente, entretanto, por várias razões não são adicionados ao projeto.

Os projetos de empurradores devem considerar equipamentos especiais de governo, mas muitas vezes estes tipos de melhorias não estão previstas, e isto faz com que os comboios operem com força insuficiente e acabe não proporcionando manobras seguras.

4.3.3 Lâmina de água sob a quilha (UKC)

A lâmina de água sob a quilha é conhecida como *under keel clearance* (UKC) ou folga abaixo da quilha (FAQ), e é distância mínima que deve haver entre o fundo da embarcação e o fundo do rio. Resulta da estimativa de afundamento paralelo do casco e será utilizado como uma verificação das condições de operação em trechos rasos da via.

As peculiaridades dos acessos aos portos, estações de transbordo de carga (ETC), e terminais de uso privado (TUP) na Amazônia diferenciam-se através de características próprias de cada um. Nessa mesma forma, essa diversificação também ocorre com as embarcações que trafegam na região que possuem características diferenciadas no que tange as suas formas, calado e propulsão.

Então, para garantir a segurança da navegação, faz-se necessário fixar uma Folga Abaixo da Quilha (FAQ) com relação a profundidade que possibilite a navegação segura, a qualquer tempo, permitindo uma lazeira apropriada para cada trecho de passagem do comboio por áreas consideradas críticas.

Salienta-se que os Estreitos é uma área abrigada que não esta sujeita a ação de ondas que venha a afetar a segurança da navegação, de qualquer forma é importante assegurar uma lâmina d'água adequada sob a quilha, pois os comboios como qualquer outra embarcação são passíveis dos movimentos verticais tais como arfagem, caturro e balanço que podem ser acentuados nos momentos das guinadas das curvas que combinados com o *squat* diminuem a lâmina d' água abaixo da quilha, de modo a aumentar o risco da embarcação tocar o fundo.

Utilizou-se a Equação 15 para cálculo da FAQ:

$$FAQ = (P + M).FS \quad , (15)$$

Em que: P é a profundidade do local reduzida ao nível de redução da Carta ou Croqui, M é a variação do nível do rio para o mês considerado ou altura da maré no momento, obtida da Tábua das Marés e FS é o decimal do fator de segurança. O Fator de Segurança é o somatório das variáveis empíricas x 100. (Observação: o somatório P + M pode ser substituído pela profundidade do local, se conhecida).

As variáveis empíricas estão divididas em natureza do fundo, incertezas da área, movimentos provocados pelo mar e *squat*.

Natureza do Fundo: fundos sólidos, como rocha e coral, tendem a causar maiores danos aos navios, bem como a tornar mais difíceis os desencalhes. Em compensação, fundos de lama fluida podem até admitir calados maiores que a profundidade, na ausência de outros fatores de risco (normalmente, camadas de lama fluida de densidade inferior a 1,2 Kg/l não são consideradas nas batimetrias). Os Fatores de Segurança (% da profundidade) recomendados em função do fundo são:

- Lama macia = 2,6% da profundidade mínima (Pm);
- Areia = 5,0% da Pm;
- Pedra = 8,0% da Pm.

Incerteza da Área - Informações de batimetrias desatualizadas, variações de densidade da água, seja em razão de chuvas, seja por predominância de rios ou marés e movimento dos sedimentos no leito, são fatores que, com base no conhecimento local, devem

ser considerados e a eles atribuídos um percentual equivalente à incerteza. Neste caso, atribuiu-se um fator de segurança de 1,0%;

Movimentos Provocados pelo Mar - As vagas causam movimentos verticais nos navios, que devem ser levados em conta. Para um estado do mar três (3) na Escala Beaufort, os seguintes valores devem ser considerados:

- área Abrigada (águas interiores protegidas) = 3% da PM;
- área Normal (águas interiores que sofrem efeitos do mar alto) = 6,6% da PM;
- área Desabrigada (águas submetidas ao embate direto do mar) = 13,3% da PM.

Normalmente, a presença de condições de mar acima de três (3) Escala Beaufort, deve resultar em cuidados adicionais do navegante, onde a altura das vagas deve ser considerada.

Squat: O deslocamento do navio em águas rasas (até 1,5 vezes o seu calado) causa variações de pressão na massa líquida, que podem derrubar o navio, além de afetar seriamente a capacidade de governo. Esse fenômeno, denominado efeito *squat*, é importante para o estabelecimento de fatores de segurança e deve ser considerado em conjunto com a velocidade. Os seguintes valores aproximados de fator de segurança devem ser considerados:

- Velocidade 4 nós - 1,5%;
- Velocidade 6 nós - 3,3%;
- Velocidade 8 nós - 6,0%;
- Velocidade 10 nós - 9,3%.

Dessa maneira, a recomendação de um fator de segurança para compensar o efeito *squat* deverá estar relacionada com uma velocidade de evolução.

4.3.4 Calado máximo recomendado

O Comandante, indubitavelmente, é quem decide a melhor forma de conduzir a embarcação. E para um planejamento de viagem adequado é fundamental a mensuração do calado, de acordo com a profundidade local, e assim evitar infortúnios na navegação.

Para tal, deve certificar-se de informações que contribuam para a navegação segura, bem como orientar-se através de auxílios e aderir procedimentos técnicos.

Desse modo, não necessariamente, um calado menor que a profundidade local de uma determinada região, faz com que a embarcação siga sua singradura com segurança, pois é primordial a análise de questões de largura do canal, fundo do leito do rio, fatores ambientais

como vagas, mudança na densidade da água, quando esta ocorrer, onde todas essas nuances ocasionam variações no calado ou influenciam a manobrabilidade do navio.

Portanto, utilizou-se a Equação 16 para obter o calado máximo:

$$CMR = (P + M) - FAQ \quad , (16)$$

Em que: P é a profundidade do local reduzida ao nível de redução da Carta ou Croqui, M é a variação do nível do rio para o mês considerado ou altura da maré no momento, obtida da Tábua das Marés e FAQ é a folga abaixo da quilha.

O calado máximo para cada trecho considera a aplicação do fator de segurança à profundidade do local, item este, aplicado na formulação da FAQ, logo acima. Faz-se necessário o acompanhamento das variações típicas de maré ou fluviométricas da região.

5 ESTUDO DE CASO: ESTREITOS DE BOIUÇU E BREVES

O estudo elaborado visou verificar a Viabilidade Técnica das Condições de Navegabilidade dos Estreitos de Boiuçu e Breves e análise de dados secundários obtidos através de levantamentos bibliográficos.

5.1 Estudo de navegabilidade

5.1.1 Dimensões do comboio tipo

Para calcular todos os demais dados para o dimensionamento dos canais de navegação e para analisar as restrições do Estreito do Boiuçu e Breves, necessitou-se obter primeiramente das dimensões das embarcações que utilizam os dois trechos.

O comboio estudado é composto por 25 barcaças na formação 5x5, ou seja, composto de 5 colunas e 5 linhas, sendo duas destas linhas de balsa tipo raked na proa e na popa com 59,44 m cada pertencente ao conjunto das barcaças com um total de 118,88 m de comprimento para estas duas linhas e três linhas com 60,96 m de comprimento para cada barcaça com um total de 182,88 m, e o comprimento referente ao empurrador é em torno de 45,24 m, sendo a boca de cada barcaça de um total de 10,67 m.

O comboio apresenta as seguintes dimensões: $L= 347$ m, $B= 53,35$ m e $T= 3,7$ m, e estes dados estão representados nas Figuras 31 e 32. Na Tabela 2, pode-se verificar os valores utilizados para as barcaças, excetuando-se o rebocador.

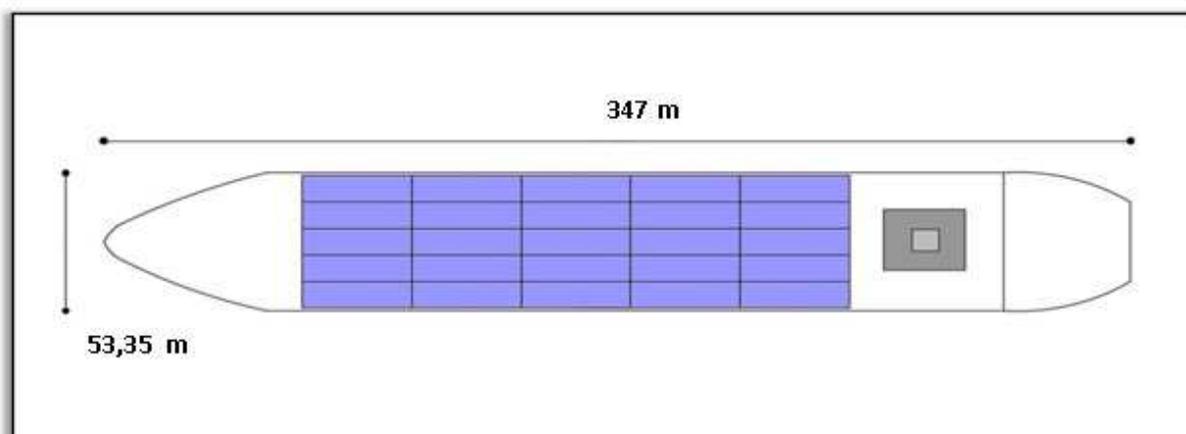


Figura 31 - Planta Comboio

Fonte: Elaboração própria

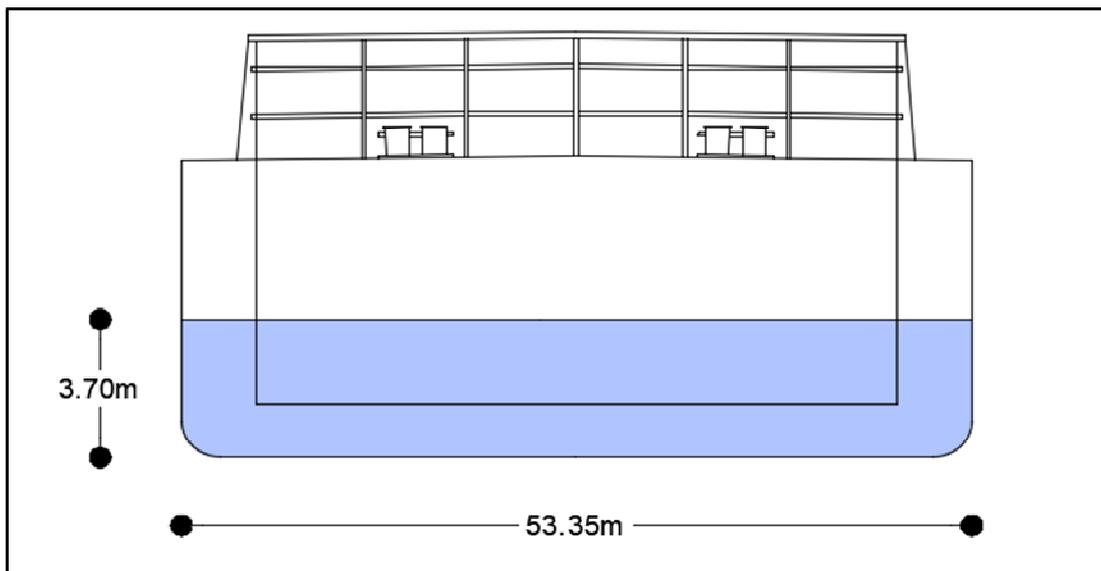


Figura 32 - Seção Comboio

Fonte: Elaboração própria

5.2 Geometria dos canais de navegação

Os parâmetros geométricos dos canais de navegação foram definidos tendo por base padrões normativos vigentes. A definição dos parâmetros do canal de navegação teve como pressuposto principal a segurança das embarcações que utilizarão a via.

Adicionalmente as análises desenvolvidas para a otimização dos parâmetros geométricos, em função das características dos navios e da fluuabilidade da lâmina d'água, uma série de simulações foram implementadas levando em consideração peculiaridades geomorfológicas da via navegável.

Os parâmetros adotados na definição geométrica do canal de navegação, foram:

- **Largura do canal:**

A largura do canal de navegação, para o tráfego de navios, foi definida tendo por referência a Equação 1 definida em Materiais e Métodos.

Com base na Equação 1 e nos parâmetros característicos do comboio tipo de projeto, foi aferida uma largura para o canal de navegação em trechos retos de 160 m, conforme Figura 49.

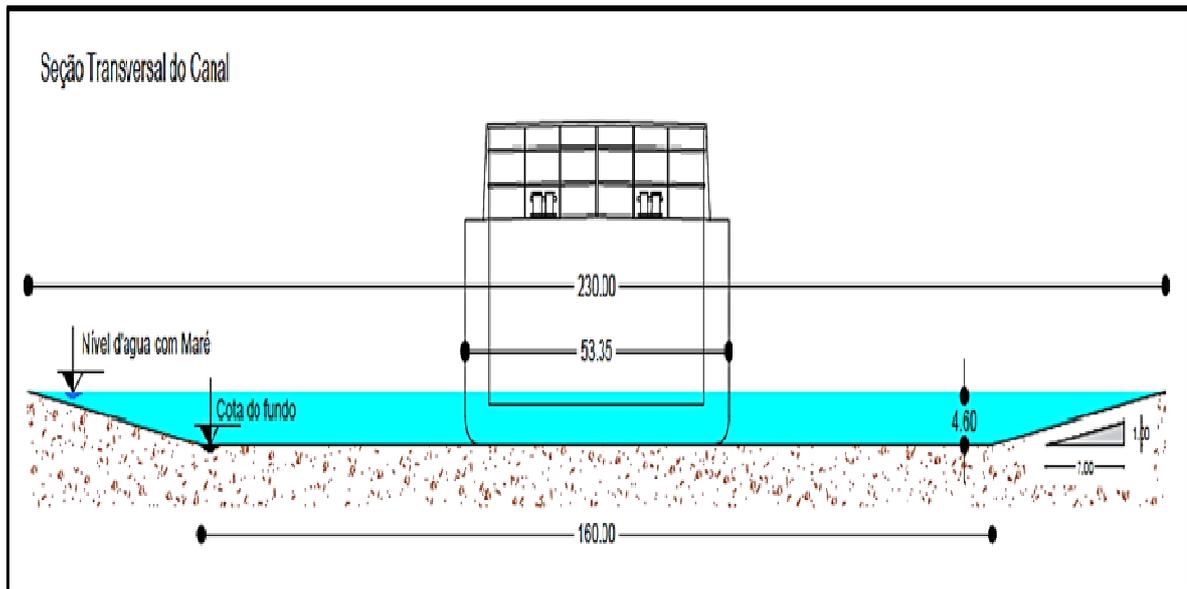


Figura 33 - Seção transversal tipo largura 160 m
 Fonte: Elaboração própria

Foi criado também um canal de navegação com largura de 200 m, para ser utilizado para fins comparativos com o canal tipo, conforme Figura 50.

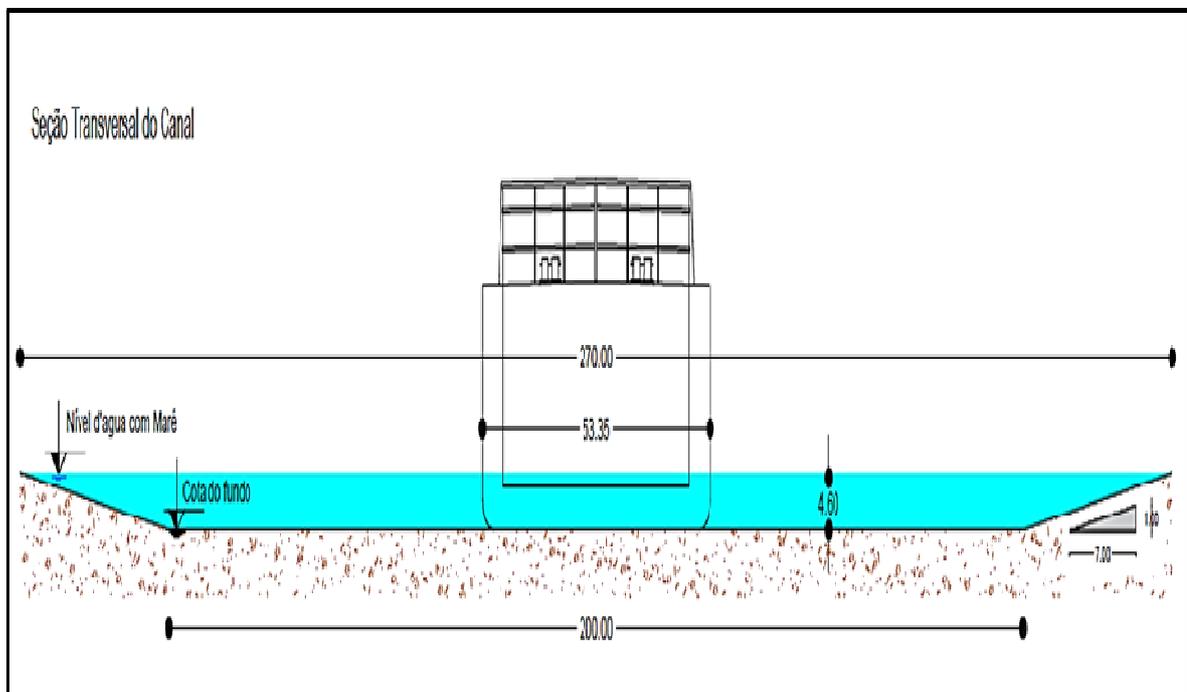


Figura 34 - Seção transversal largura 200 m
 Fonte: Elaboração própria

5.3 Raios de curvatura e tangentes

Visando a uma otimização dos custos das obras, o canal de navegação teve a sua geratriz traçada em áreas de maiores profundidades e com as menores restrições hidrodinâmicas possíveis.

Os raios de curvatura médios utilizados no traçado foram 3.470 m (correspondente a dez vezes o comprimento do comboio), 1.735 (correspondente a cinco vezes o comprimento do comboio), 1.041 (correspondente a três vezes o comprimento do comboio) e em alguns casos foram utilizados raios de 694 m (que corresponde a 2 vezes o comprimento do comboio).

5.4 Profundidades

As análises de navegabilidade desenvolvidas tiveram por base a adoção de um comboio com calado de 3,70 m. A profundidade necessária a navegação do comboio tipo de projeto teve por base o calado com a adição de uma folga a ser mantida entre fundo do rio e a quilha da embarcação, denominada de pé de piloto. O pé de piloto utilizado foi de 0,90 m, da metodologia USACE.

5.5 Referências de navegabilidade

Para a composição das profundidades mínimas necessárias a navegação do comboio, foi adotado um calado de 3,70 m e um pé de piloto de 0,90 m. Assim, entende-se que a profundidade necessária à navegação é de 4,60 m.

Com base nas considerações acima, foi estabelecido um plano de referência para a análise das condições de navegabilidade e da identificação de áreas e volumes a serem dragados.

Para tal, as plantas presentes nas Figuras 37 a 106, deste trabalho, que apresentam dados de navegabilidade e de dragagem, tiveram por base, sem a adição da amplitude de maré, a adoção das seguintes faixas de profundidades:

Na Figura 35, verifica-se as faixas de restrição, conforme caracterização abaixo.

- **Faixa com Restrição:** Profundidades menores que 4,60 m na cor: 
- **Faixa sem Restrição:** Profundidades maiores que 4,60 m na cor: 

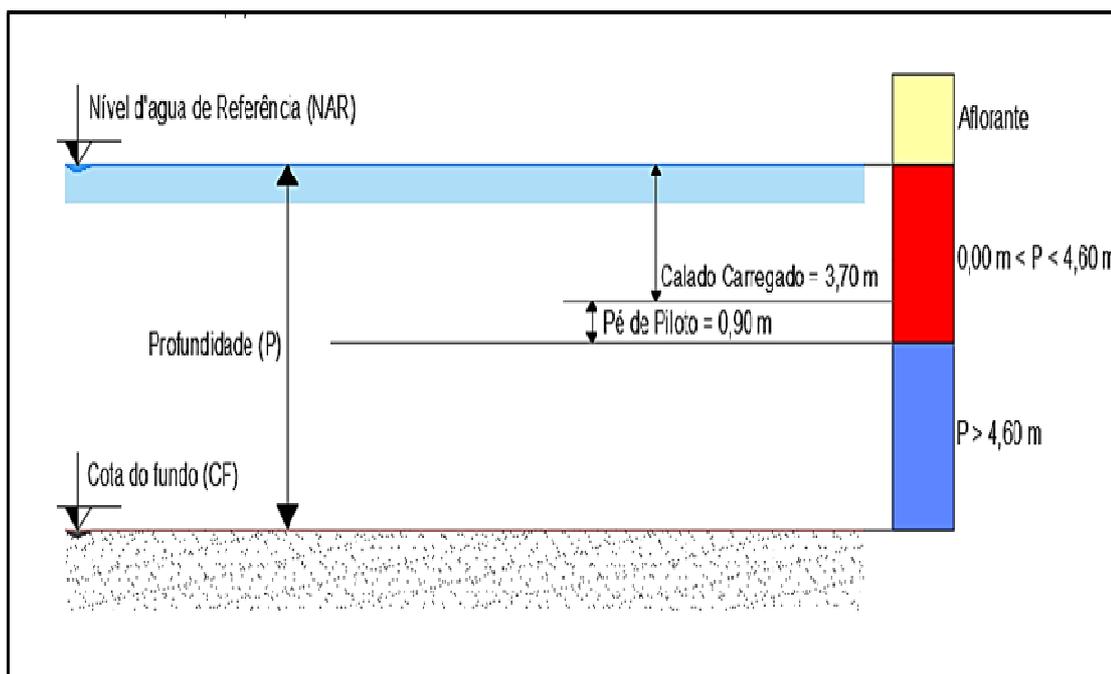


Figura 35 - Níveis de Referência

Fonte: Elaboração própria

5.6 Áreas com restrições

As áreas com restrições serão apresentadas nas plantas presentes nas Figuras 37 a 106, e aparecerão representadas por áreas na cor vermelha. Estas restrições, deverão passar por um processo de escavação denominado de dragagem.

5.7 Plantas dos Estreitos de Breves e Boiuçu

A altura das águas sobre/sob o NR foram extraídas do ábaco de correção existente nas cartas Náuticas/DHN 4342A, 4342B, 4343A e 4343B, onde a representação da articulação das cartas é vista na Figura 36. Então, produziu-se a seguir 28 plantas para o Estreito de Boiuçu, como também 42 plantas para o Estreito de Breves.

As plantas do Estreito de Boiuçu estão descritas pela sigla BO (Boiuçu) seguida do número da curva e identificadas em cada planta de acordo com a ordem crescente, assim também ocorre com as plantas do Estreito de Breves somente que a identificação é através da sigla BR (BREVES).

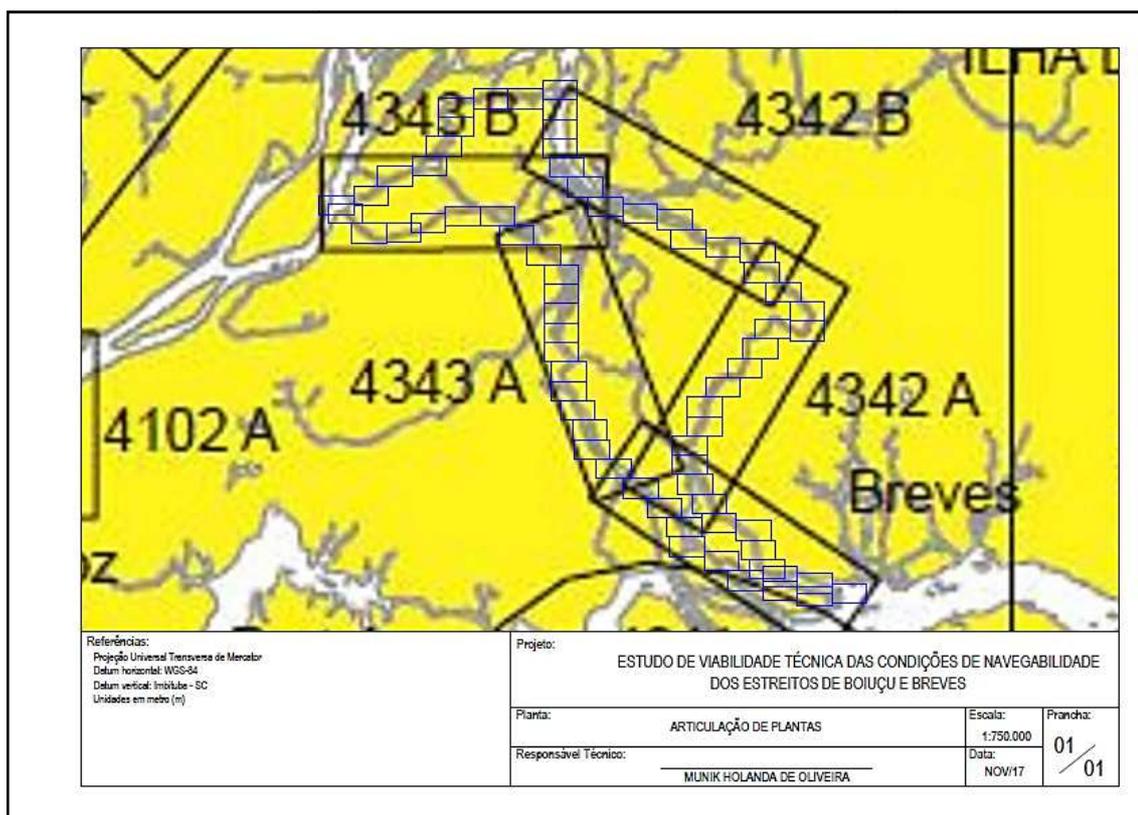


Figura 36 – Articulação de Plantas

Fonte: Elaboração própria.

Cada curva mostra o seu ângulo de inclinação e o seu raio no qual pode se identificar as curvas que demonstram maiores dificuldades de manobra para o comboio em estudo.

A largura e o raio da curva são estimados a partir da curva de giro do comboio, então escolhe-se um ângulo de leme médio para a curva, raio e largura adequados serão dados para uma delimitação de uma determinada razão profundidade/calado.

Outro fator importante é a manobrabilidade do comboio que muda consideravelmente em águas rasas, portanto a velocidade do navio é importante no transcurso da avaliação do canal, pois não deve ser muito baixa que venha a afetar a manobrabilidade e possa fazer com que o tempo de passagem pelo canal seja tão longo que exceda o período disponível de maré e nem tão alta que venha a comprometer a segurança.

Logo a seguir, inicia-se as Figuras de 37 a 106 referente a cada Estreito levando em consideração a largura do Canal e o ângulo utilizado para realizar as guinadas em cada curva em específico.

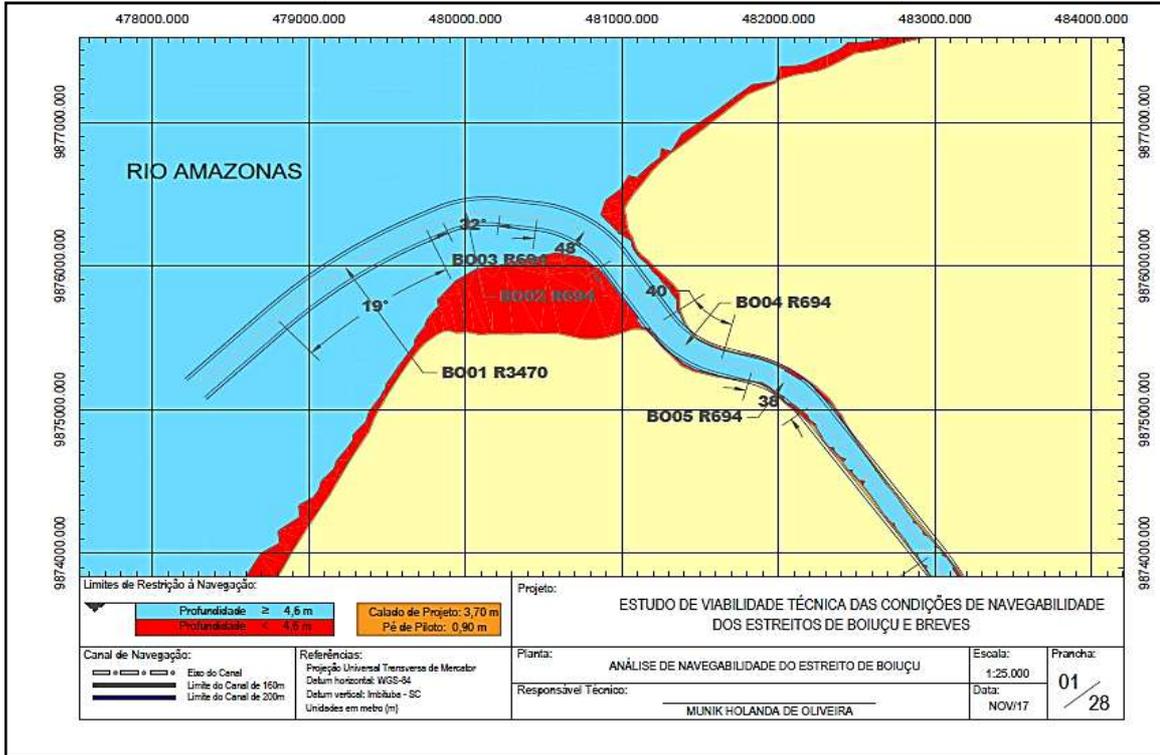


Figura 37 – Estreito de Boiçu Planta 1

Fonte: Elaboração própria.

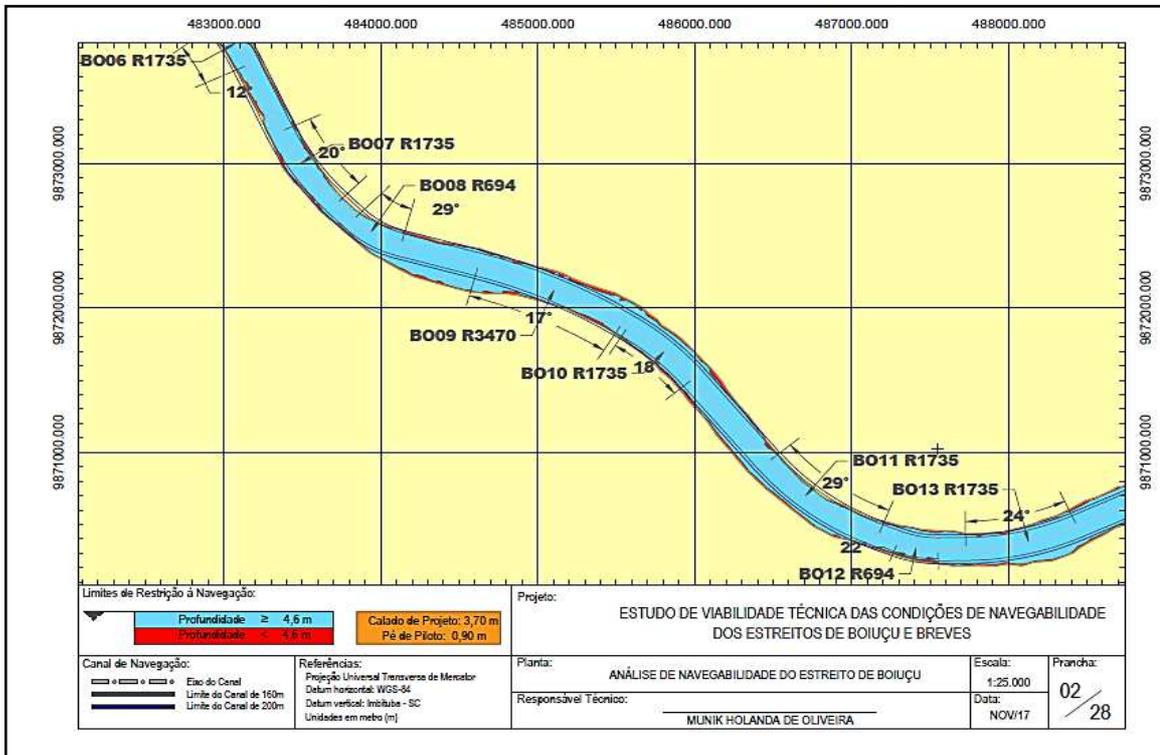


Figura 38 - Estreito de Boiçu - Planta 2

Fonte: Elaboração própria.

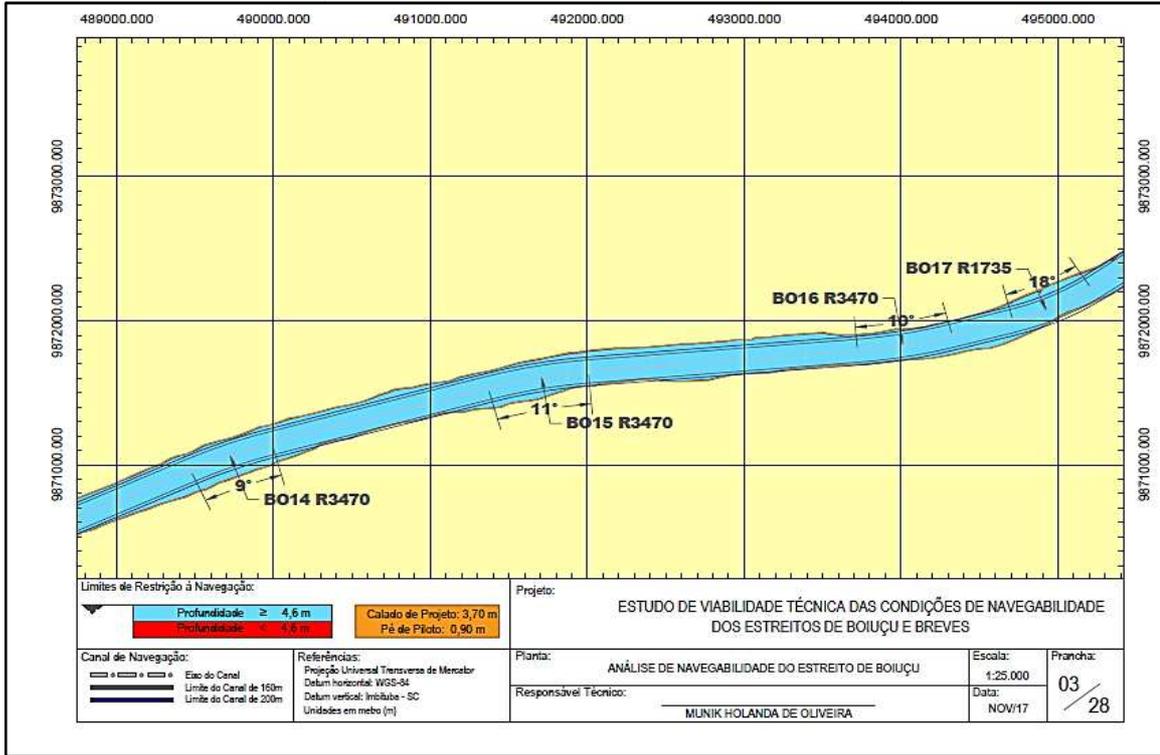


Figura 39 - Estreito de Boiçu - Planta 3
 Fonte: Elaboração própria.

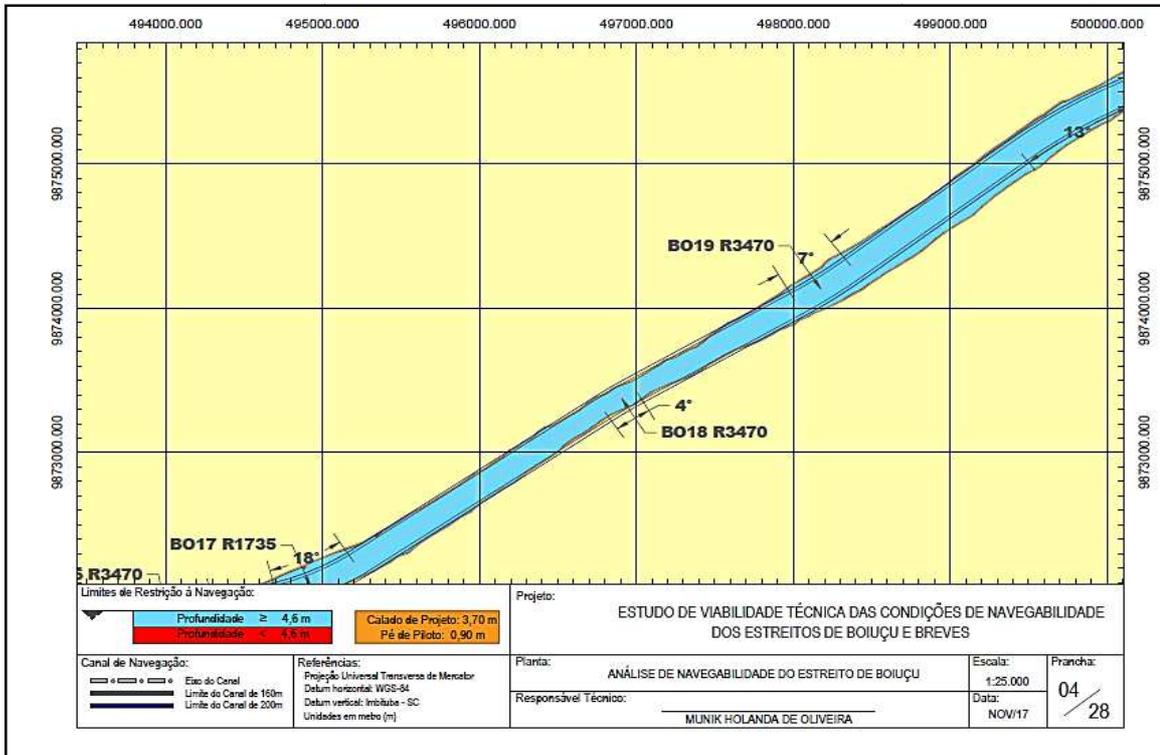


Figura 40 - Estreito de Boiçu - Planta 4
 Fonte: Elaboração própria.

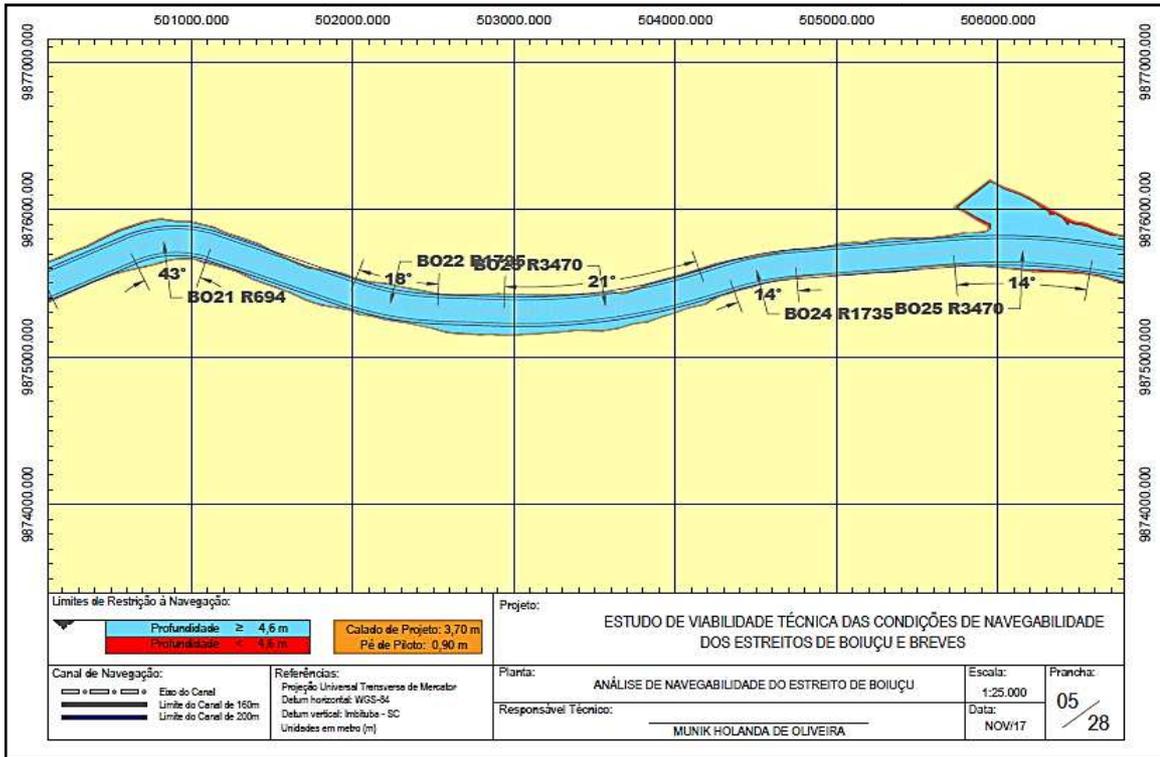


Figura 41 - Estreito de Boiuçu - Planta 5

Fonte: Elaboração própria.

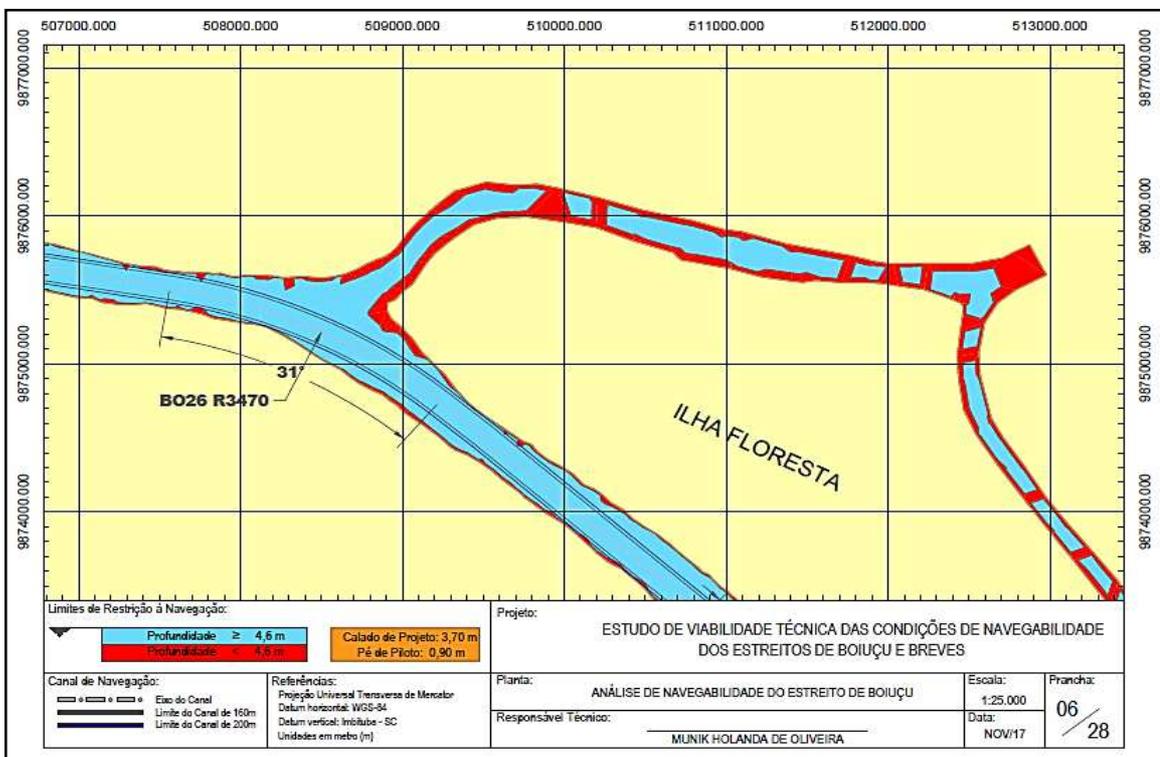


Figura 42 - Estreito de Boiuçu - Planta 6

Fonte: Elaboração própria.

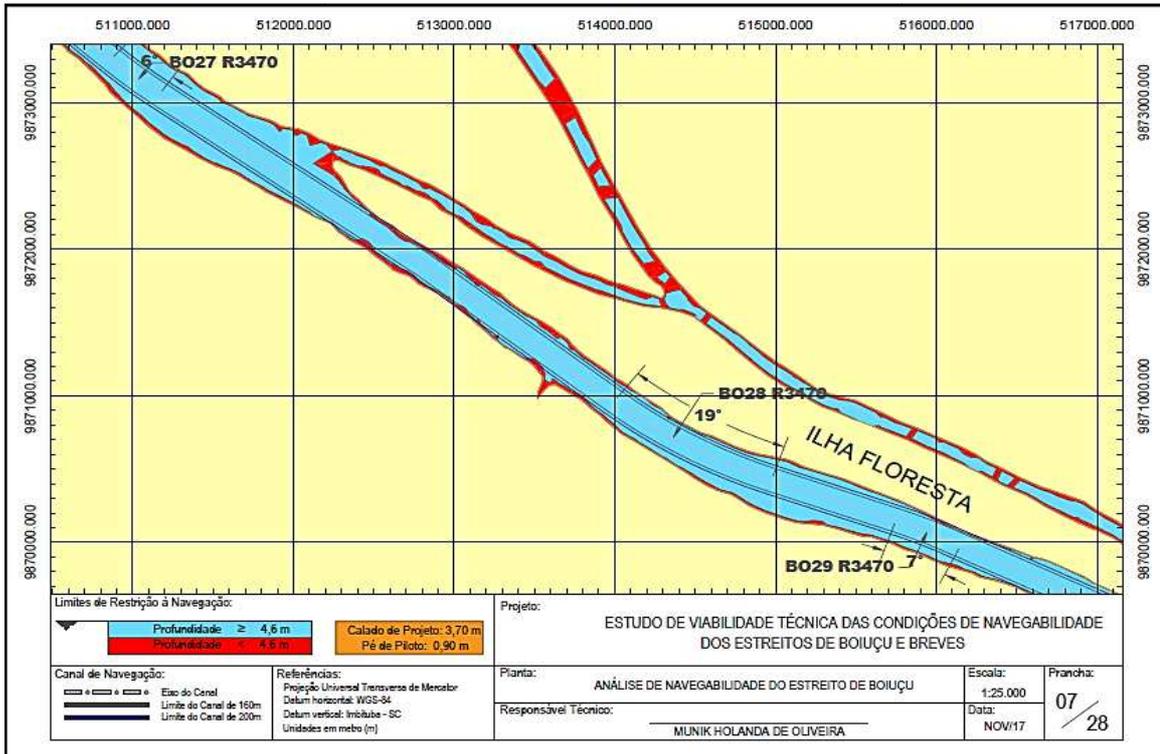


Figura 43 - Estreito de Boiúçu - Planta 7
 Fonte: Elaboração própria.

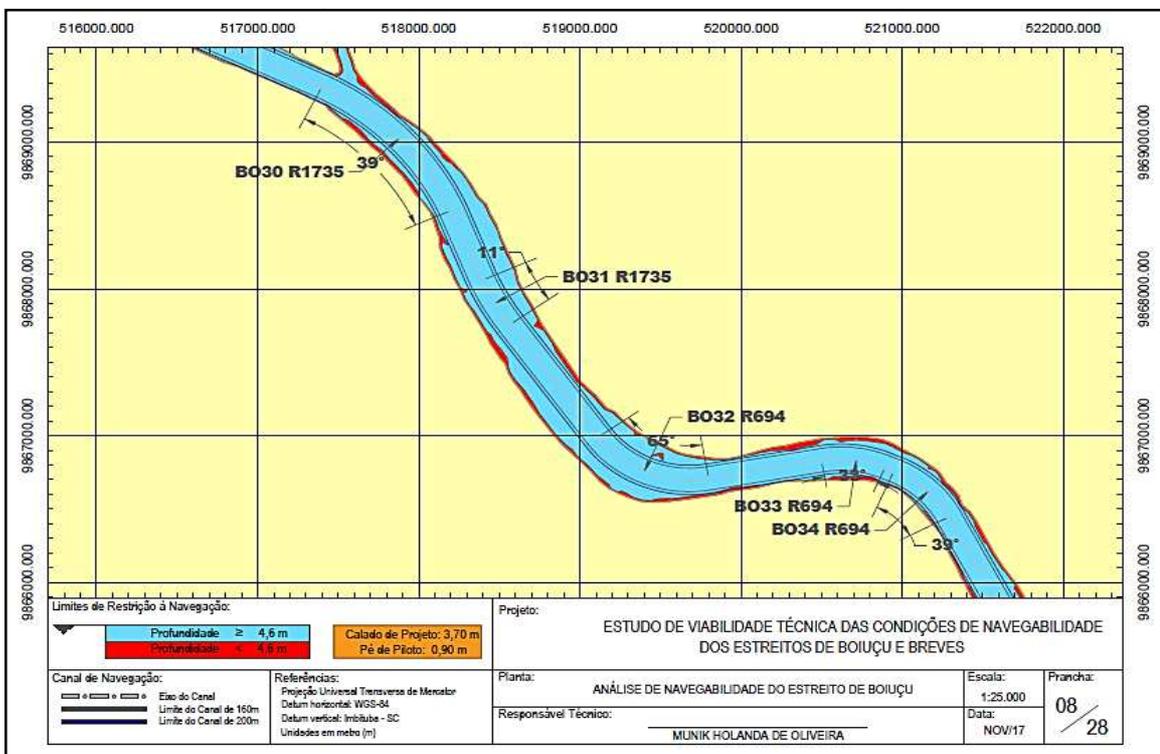


Figura 44- Estreito de Boiúçu - Planta 8
 Fonte: Elaboração própria.

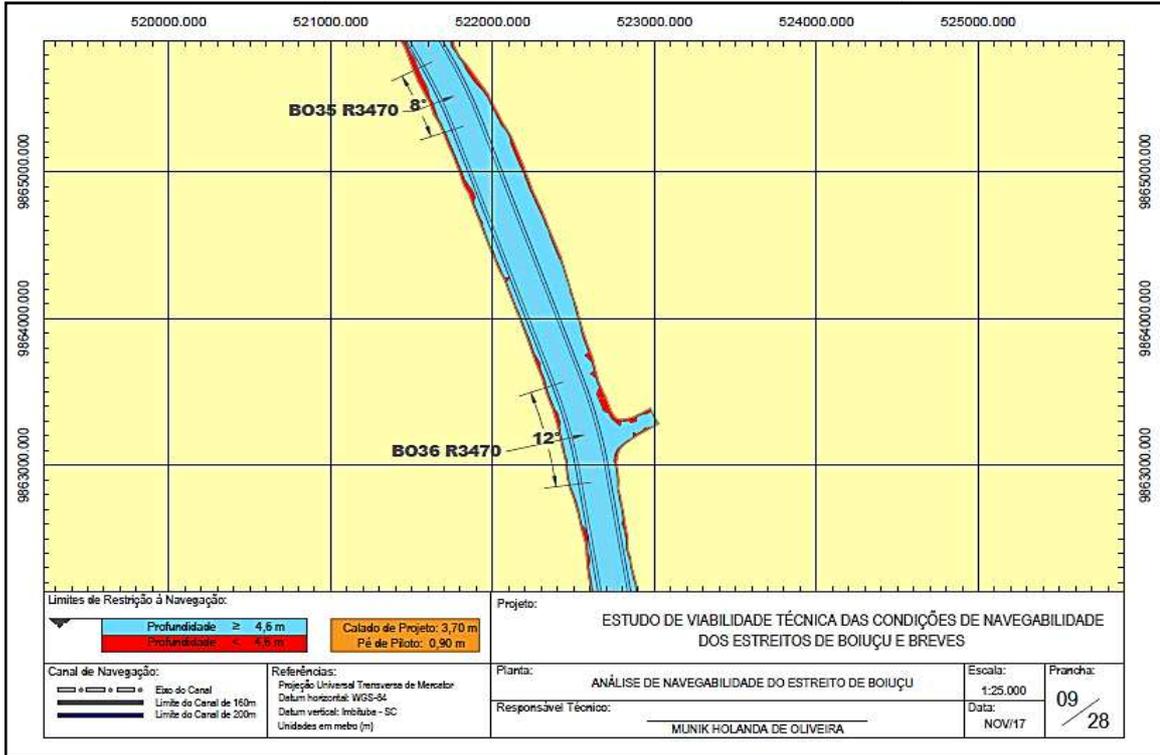


Figura 45 - Estreito de Boiçu - Planta 9

Fonte: Elaboração própria.

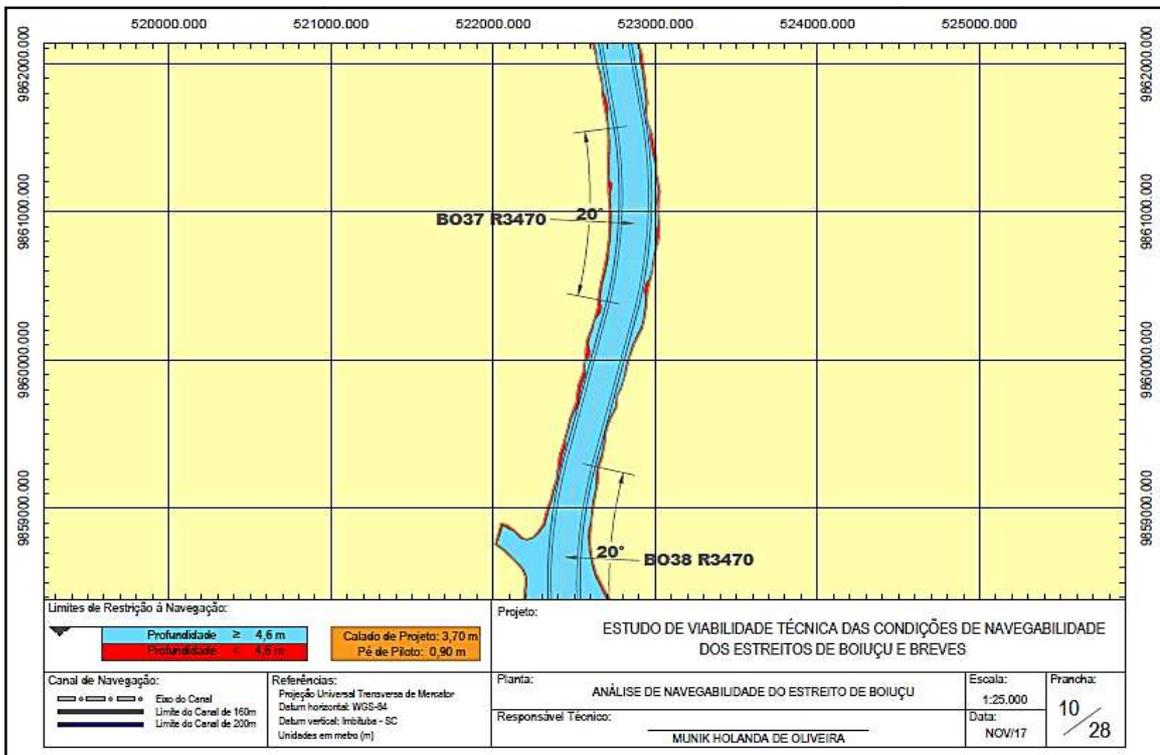


Figura 46- Estreito de Boiçu - Planta 10

Fonte: Elaboração própria.

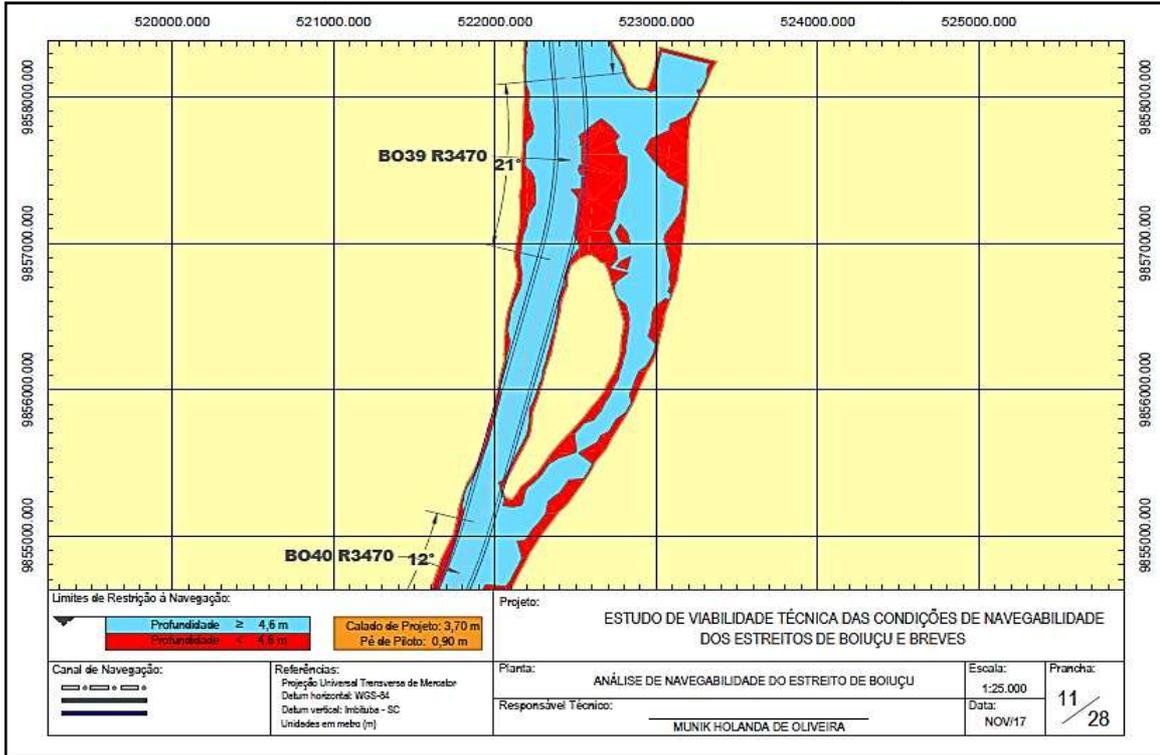


Figura 47 - Estreito de Boiçu - Planta 11

Fonte: Elaboração própria.

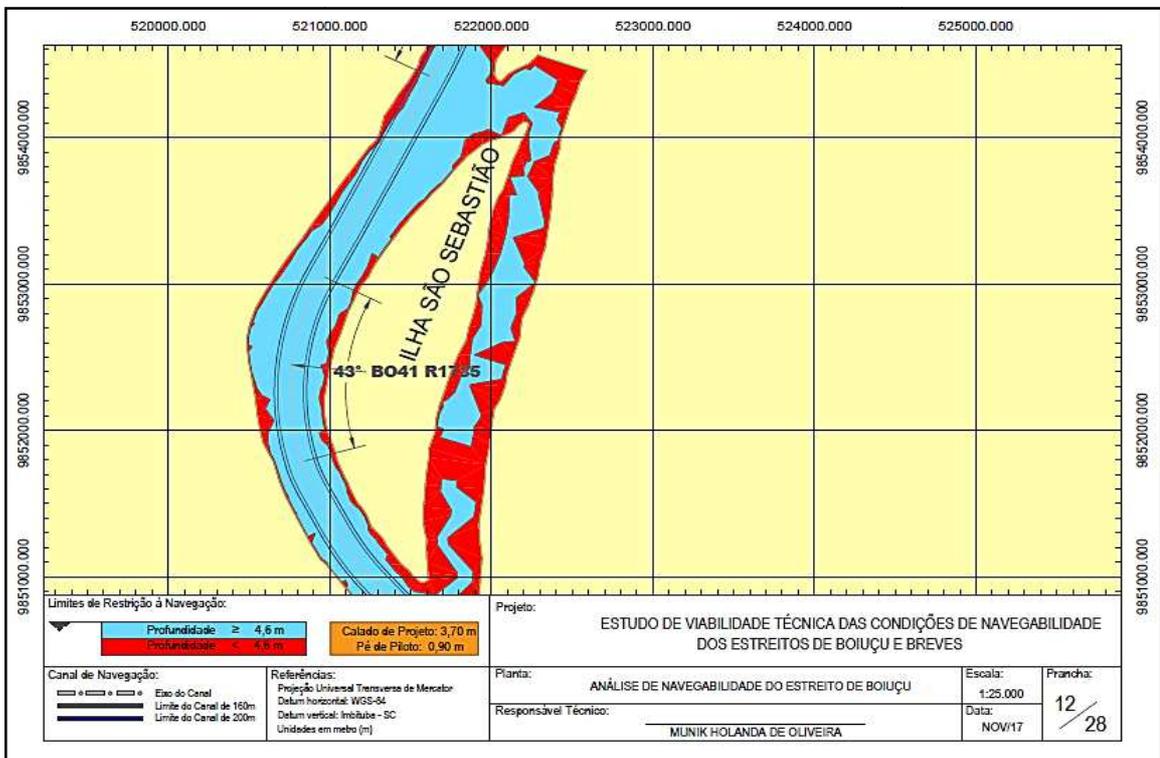


Figura 48 - Estreito de Boiçu - Planta 12

Fonte: Elaboração própria.

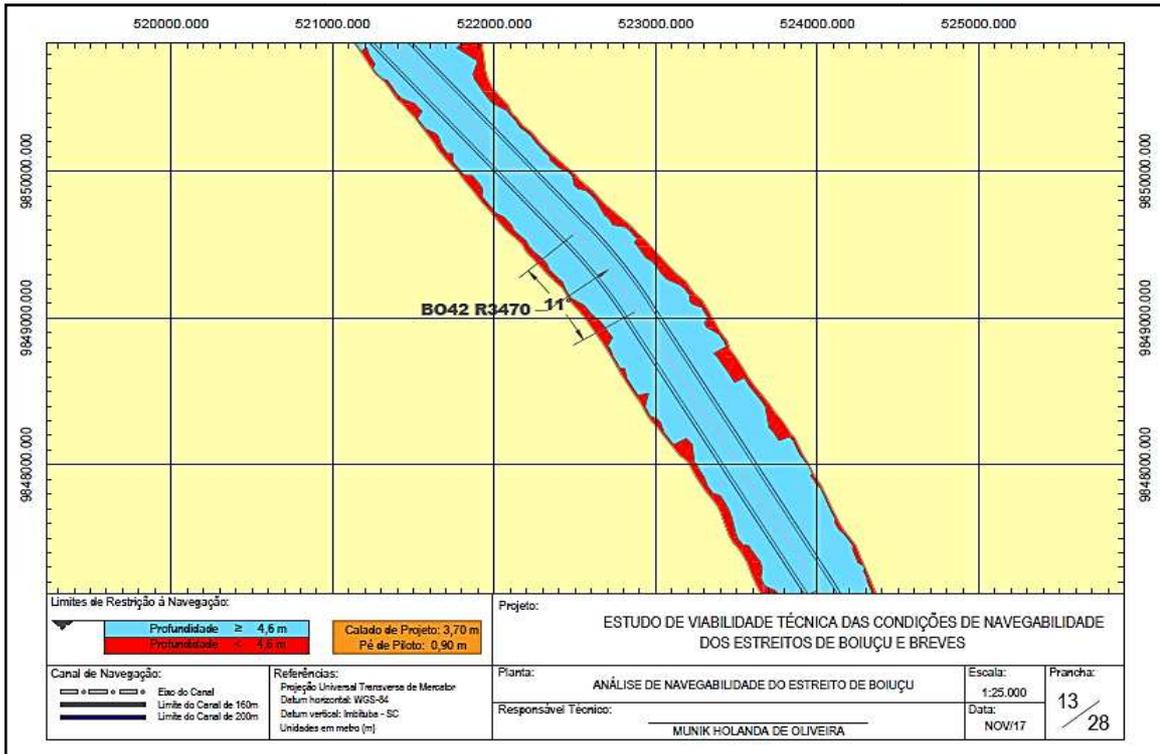


Figura 49 - Estreito de Boiçu - Planta 13
 Fonte: Elaboração própria.

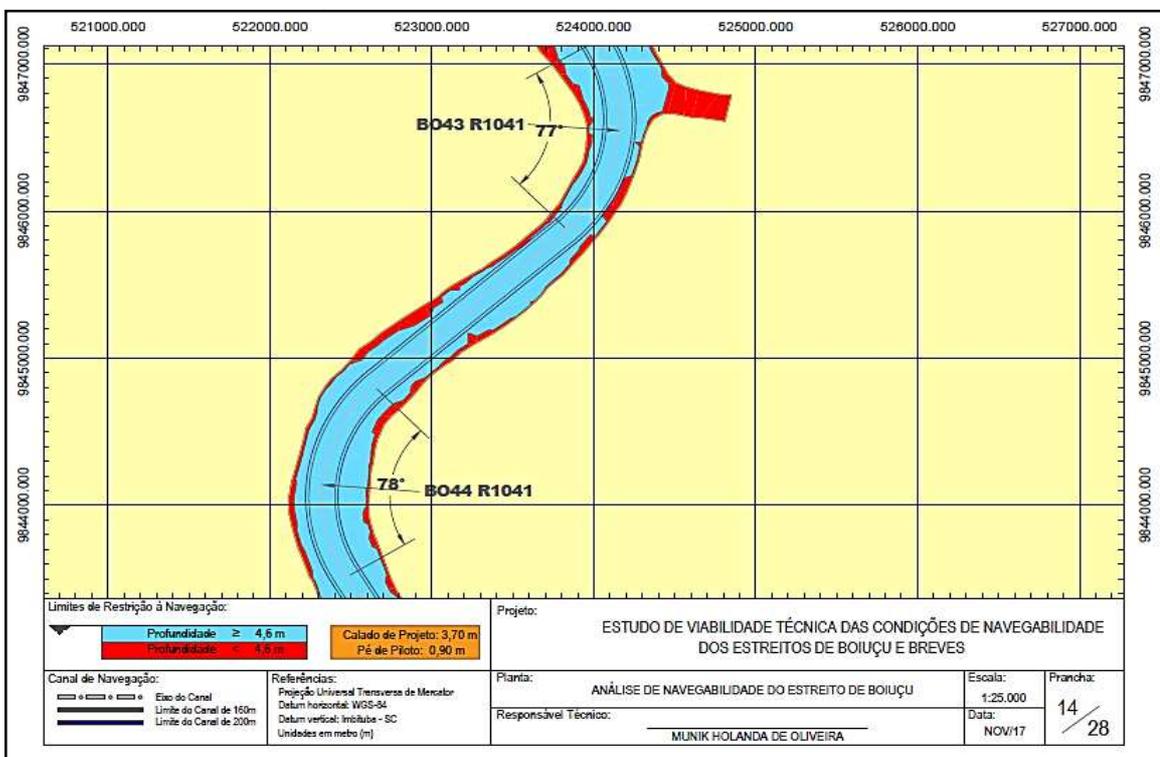


Figura 50 - Estreito de Boiçu - Planta 14
 Fonte: Elaboração própria.

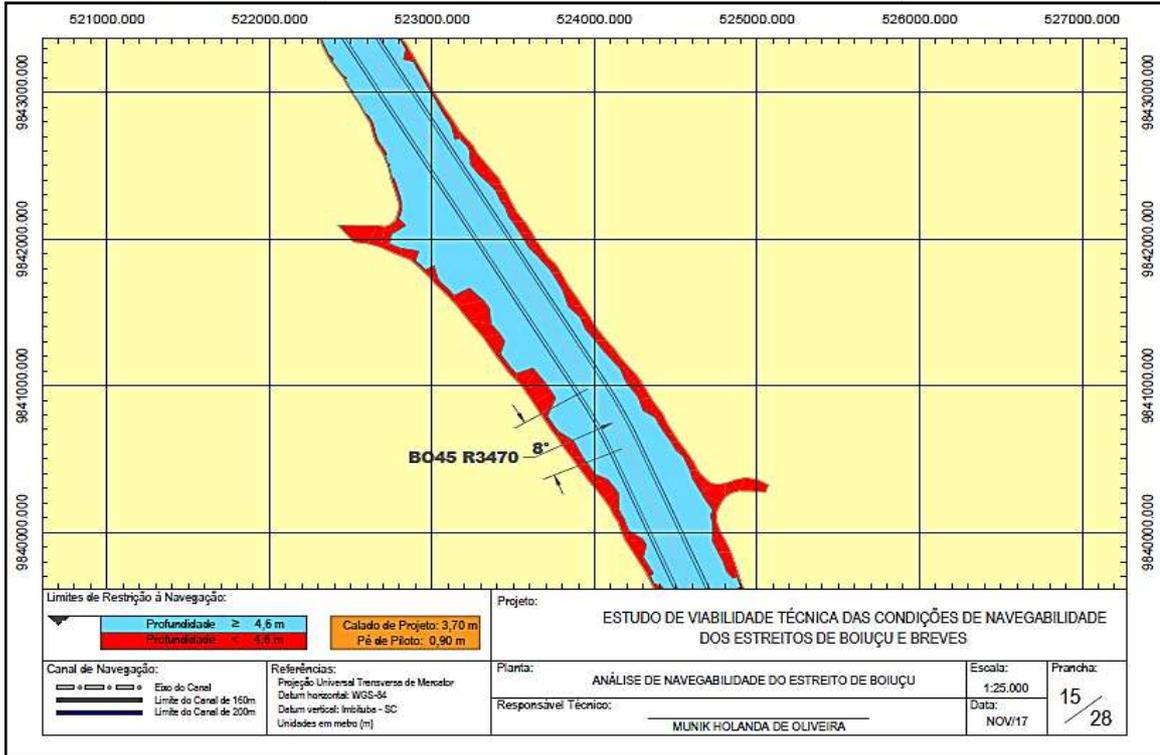


Figura 51 - Estreito de Boiúçu - Planta 15
 Fonte: Elaboração própria.

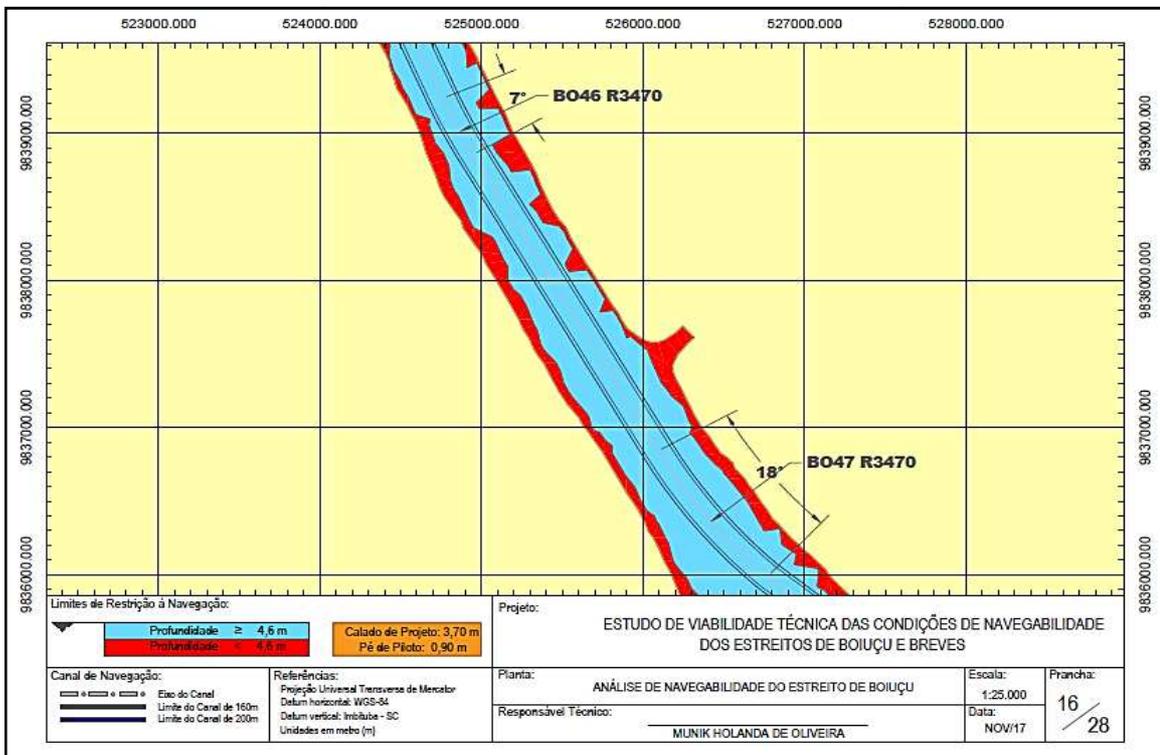
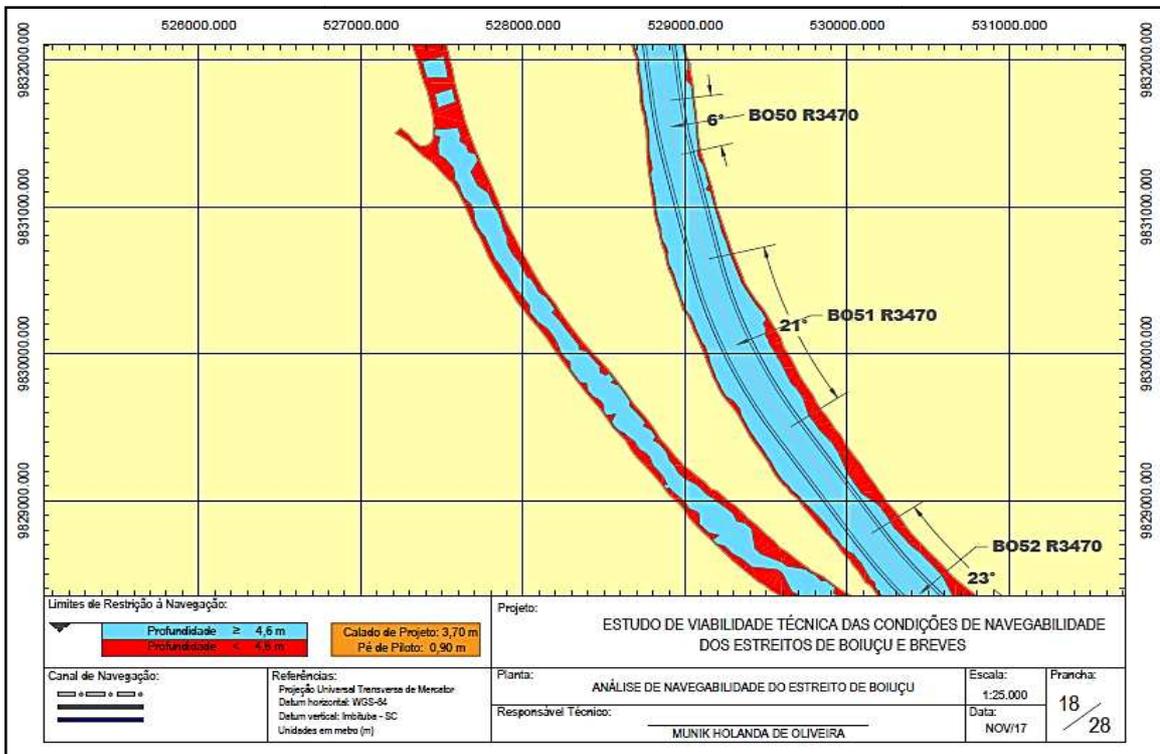
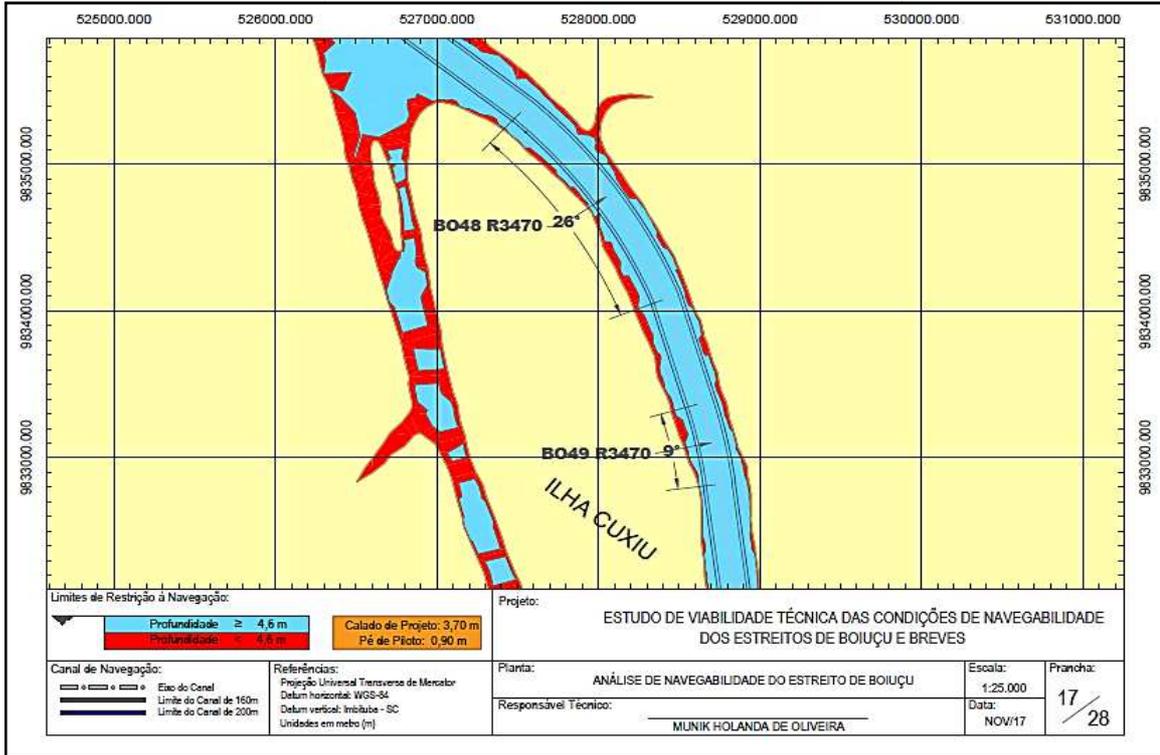


Figura 52 - Estreito de Boiúçu - Planta 16
 Fonte: Elaboração própria.



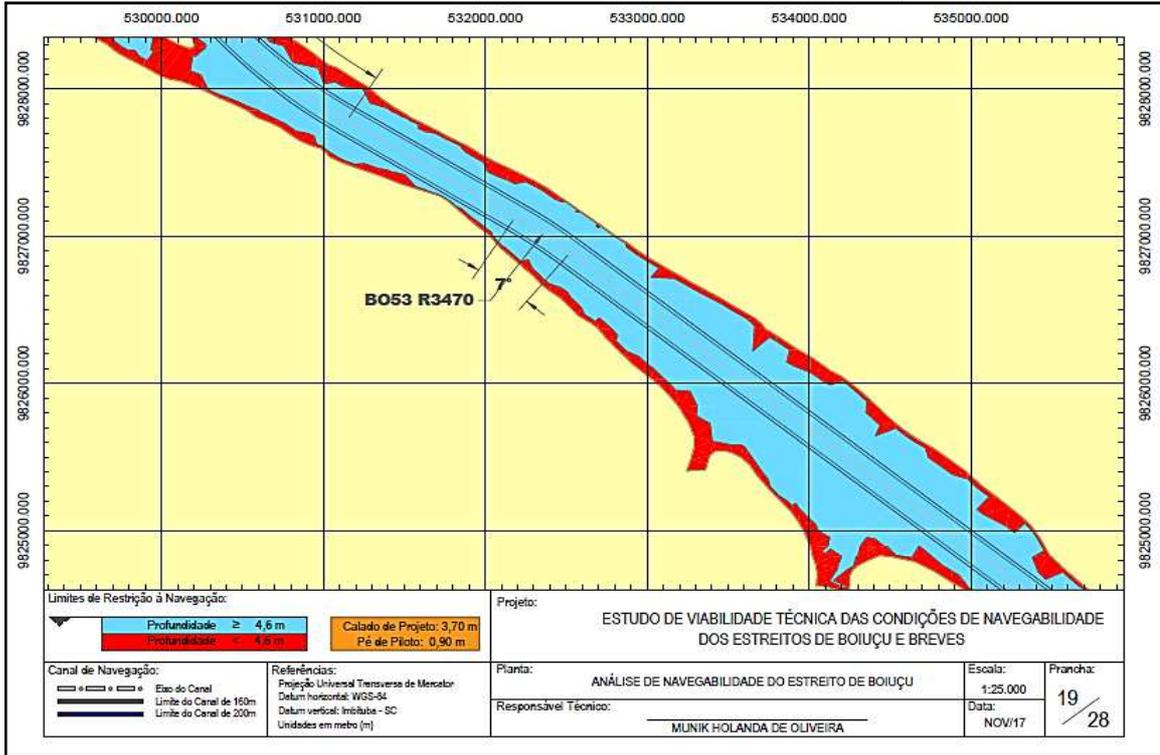


Figura 55 - Estreito de Boiúçu - Planta 19
Fonte: Elaboração própria.

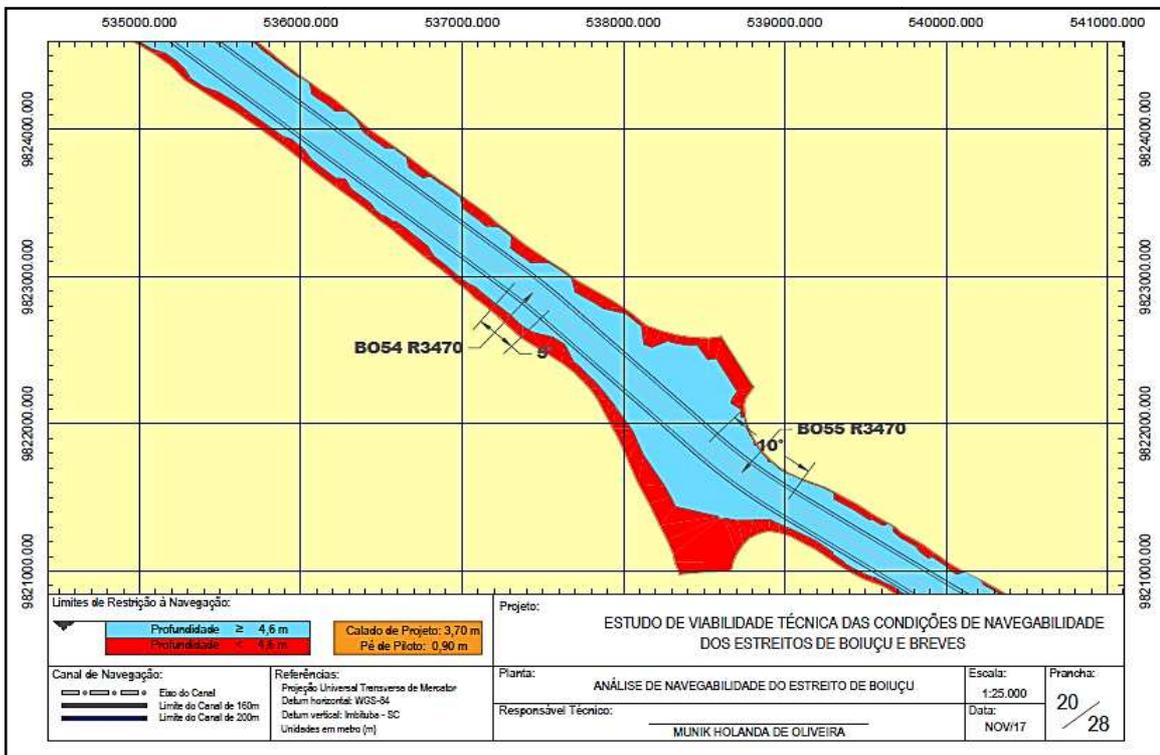


Figura 56 - Estreito de Boiúçu - Planta 20
Fonte: Elaboração própria.

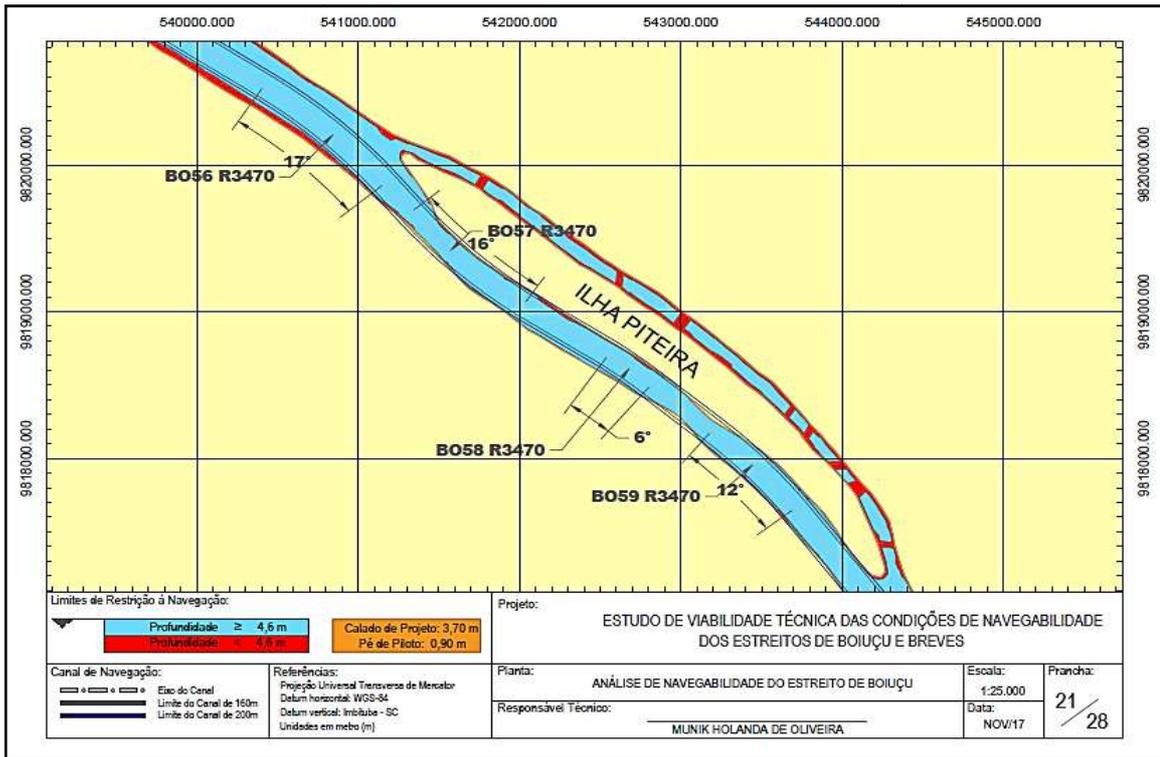


Figura 57 - Estreito de Boiçu - Planta 21
 Fonte: Elaboração própria.

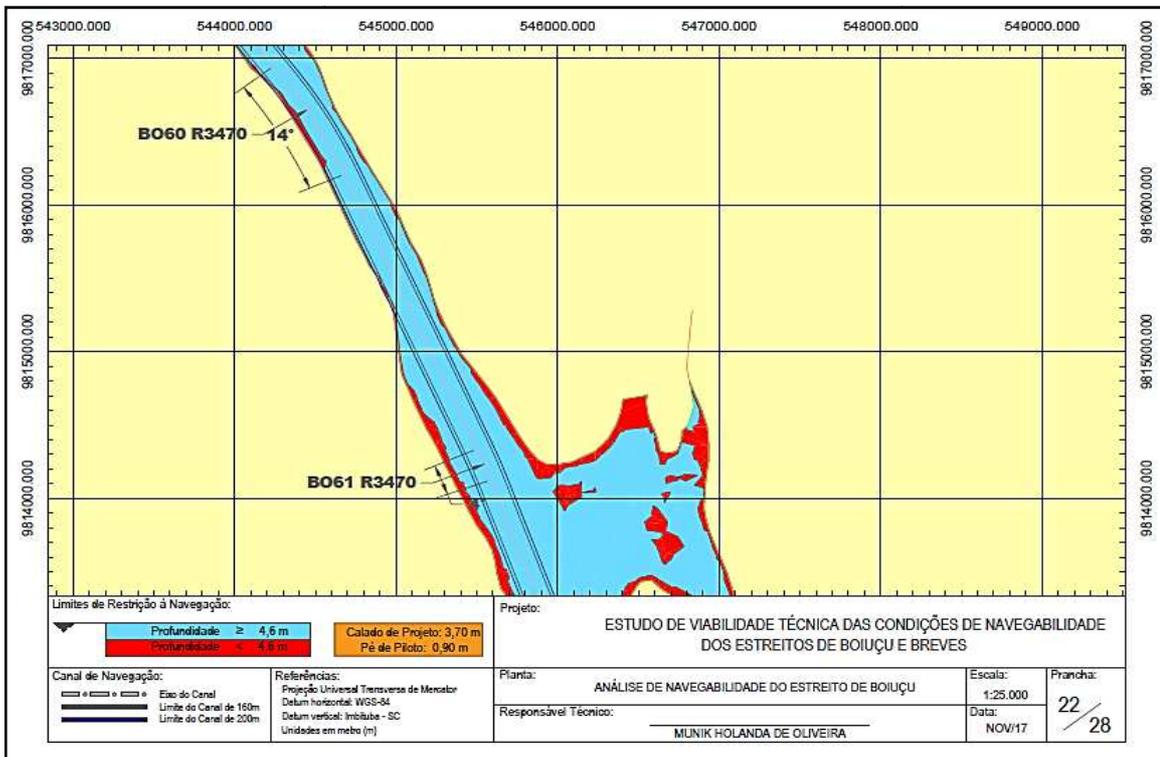


Figura 58 - Estreito de Boiçu - Planta 22
 Fonte: Elaboração própria.

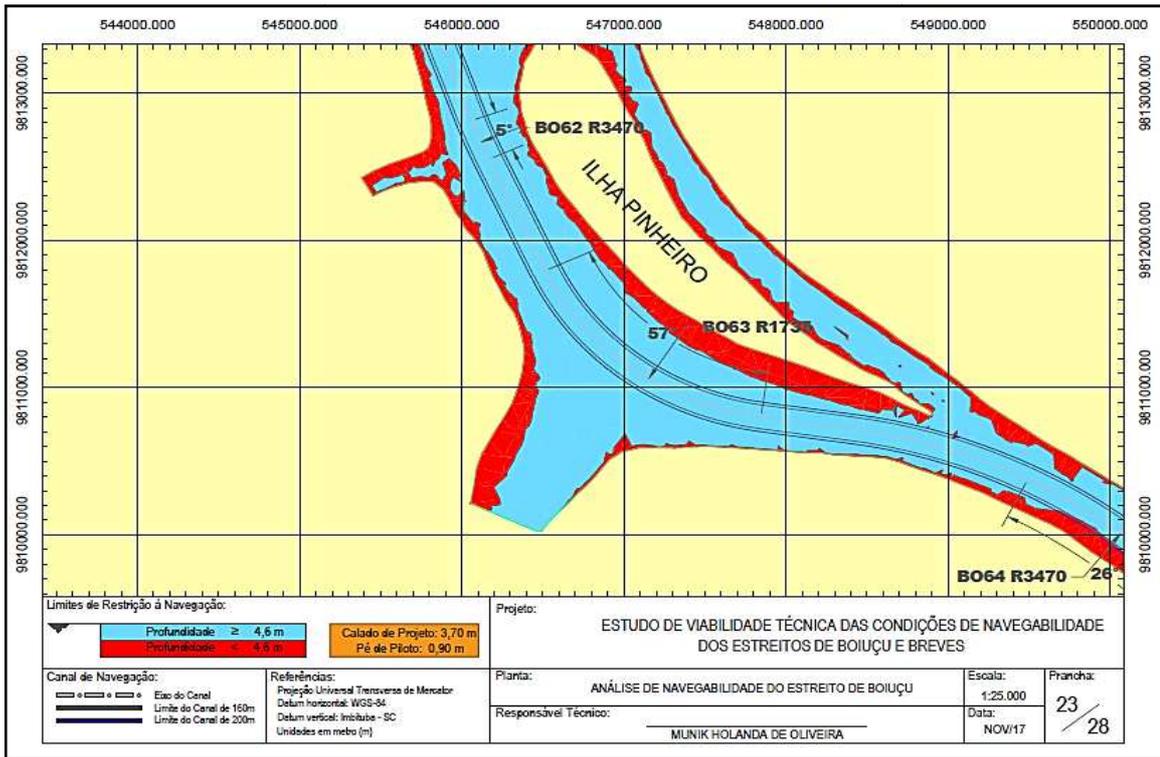


Figura 59 - Estreito de Boiçu - Planta 23
 Fonte: Elaboração própria.

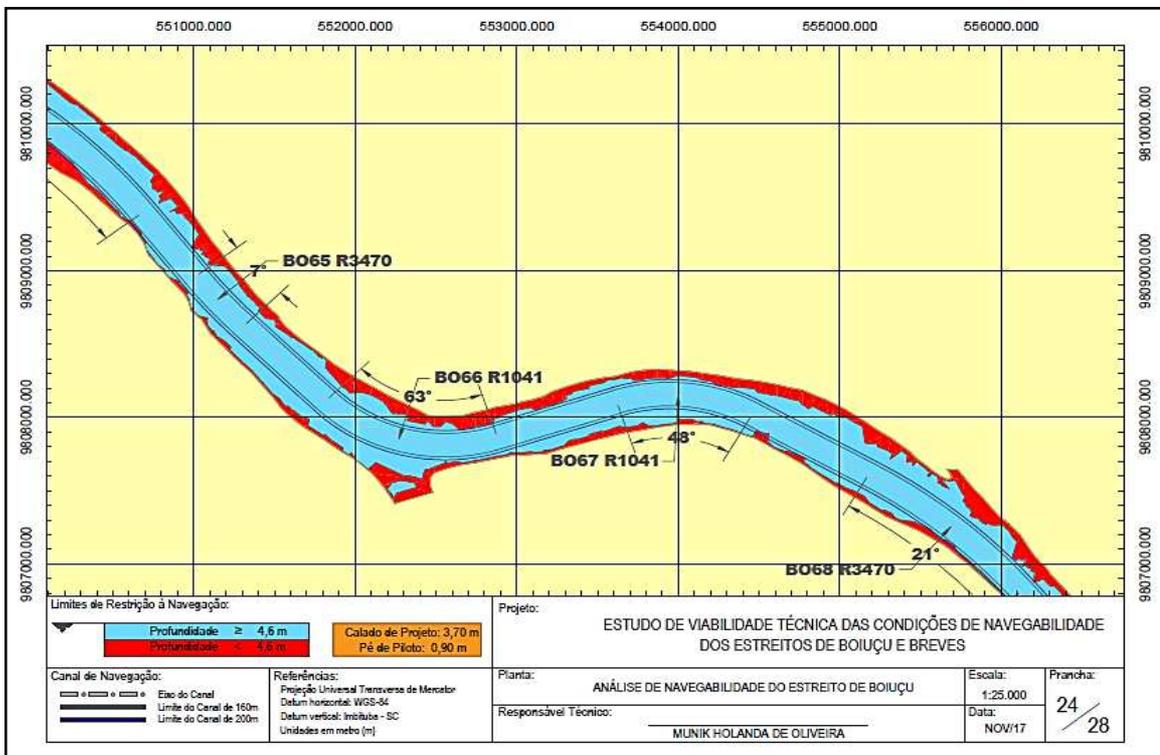


Figura 60 - Estreito de Boiçu - Planta 24
 Fonte: Elaboração própria.

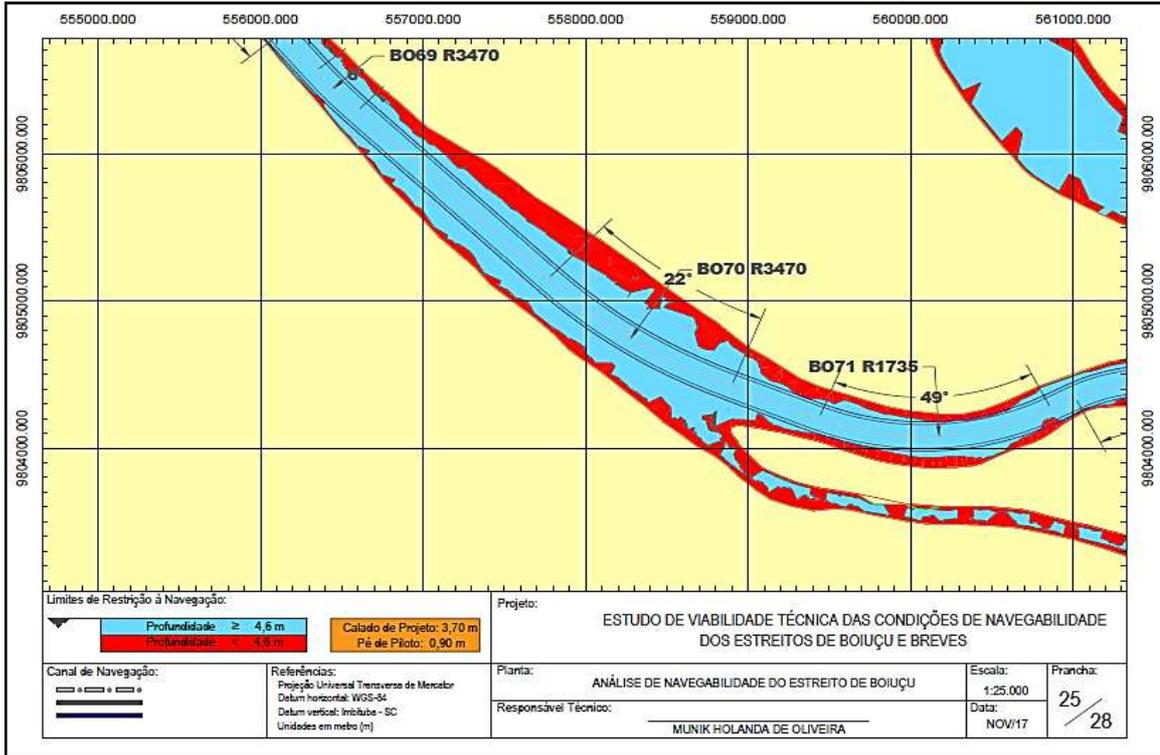


Figura 61 - Estreito de Boiuçu - Planta 25

Fonte: Elaboração própria.

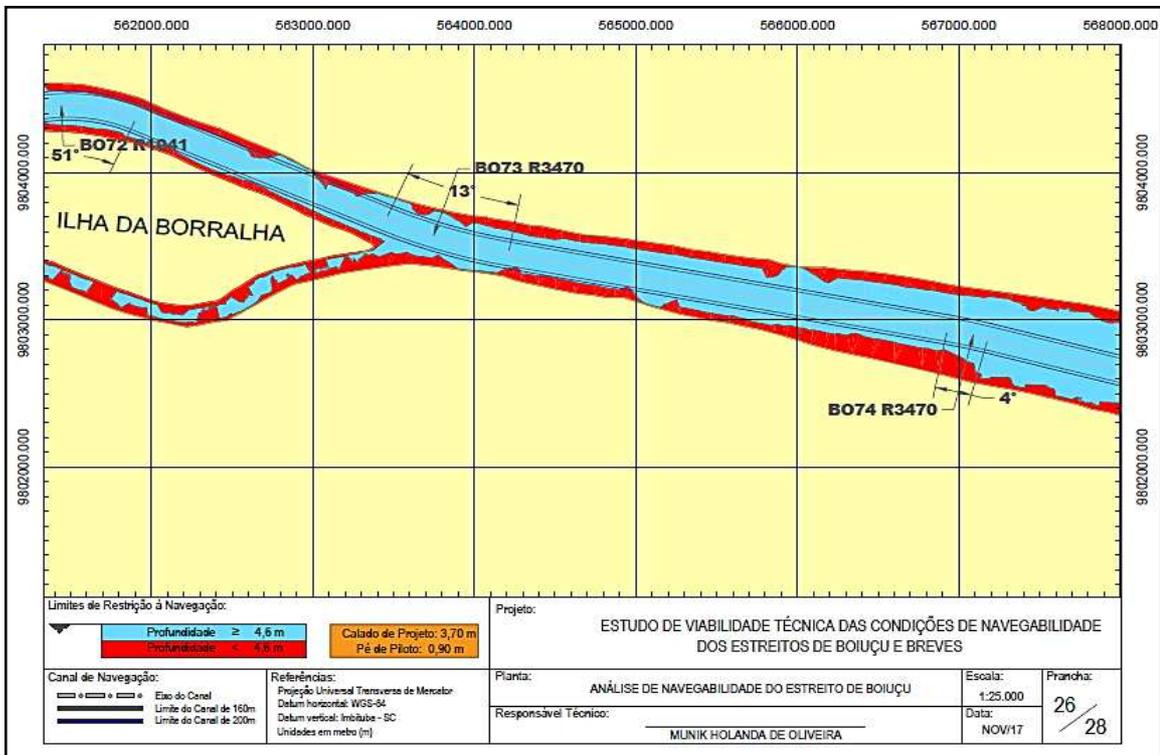
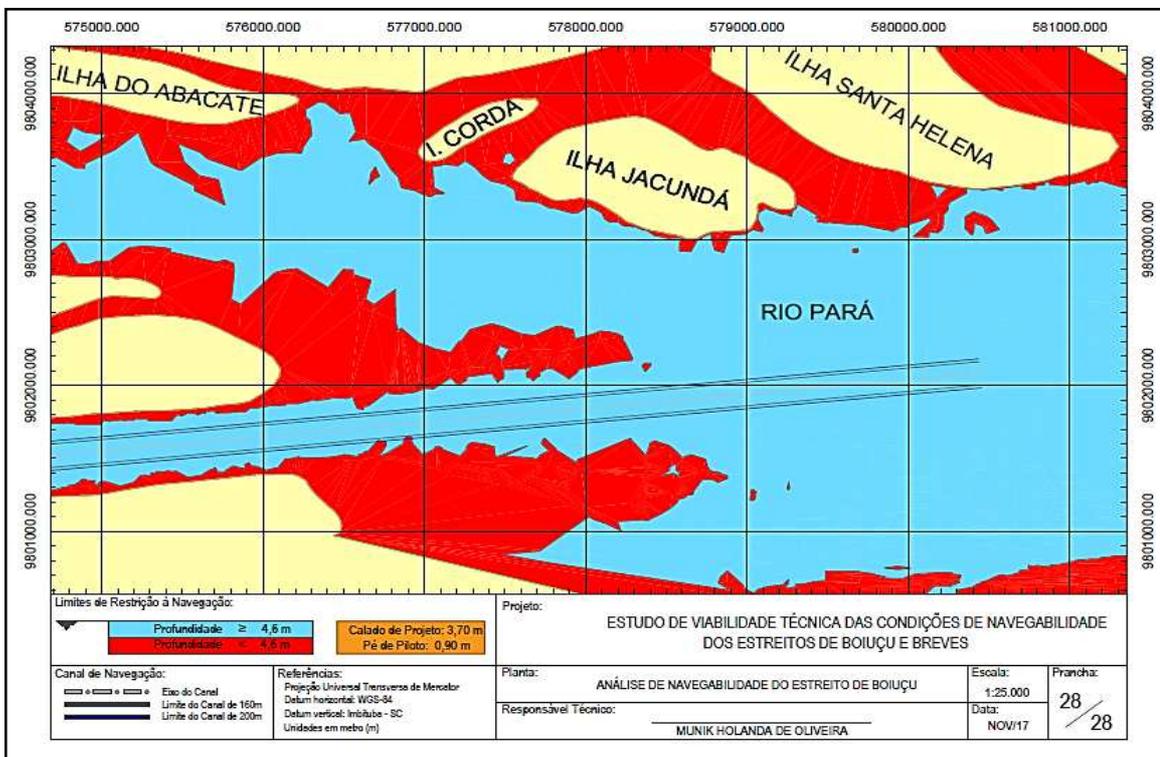
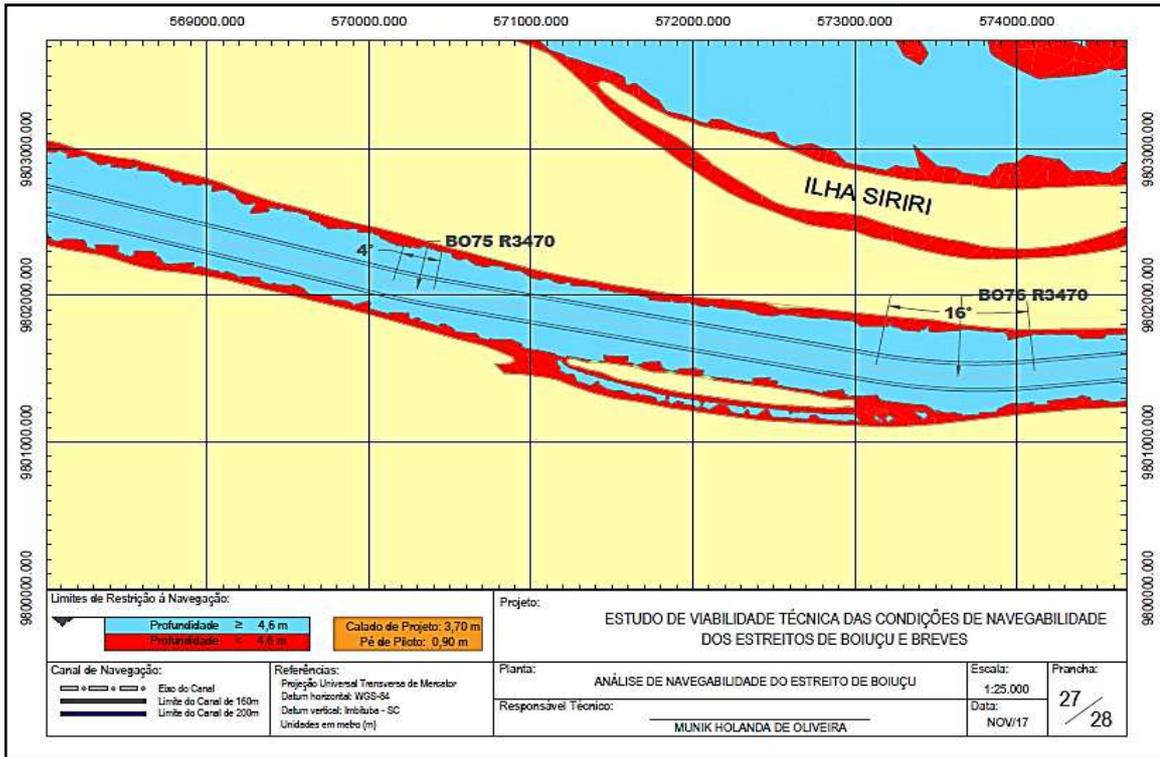


Figura 62 - Estreito de Boiuçu - Planta 26

Fonte: Elaboração própria.



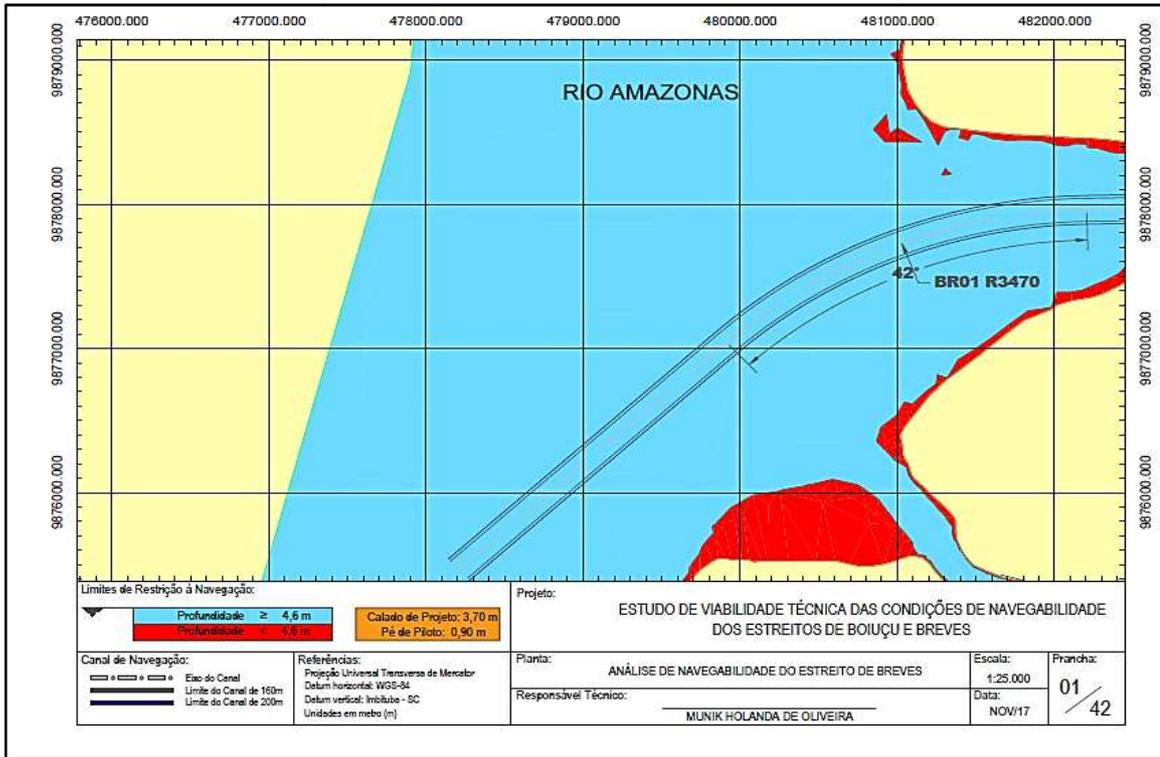


Figura 65 - Estreito de Breves - Planta 1
 Fonte: Elaboração própria.

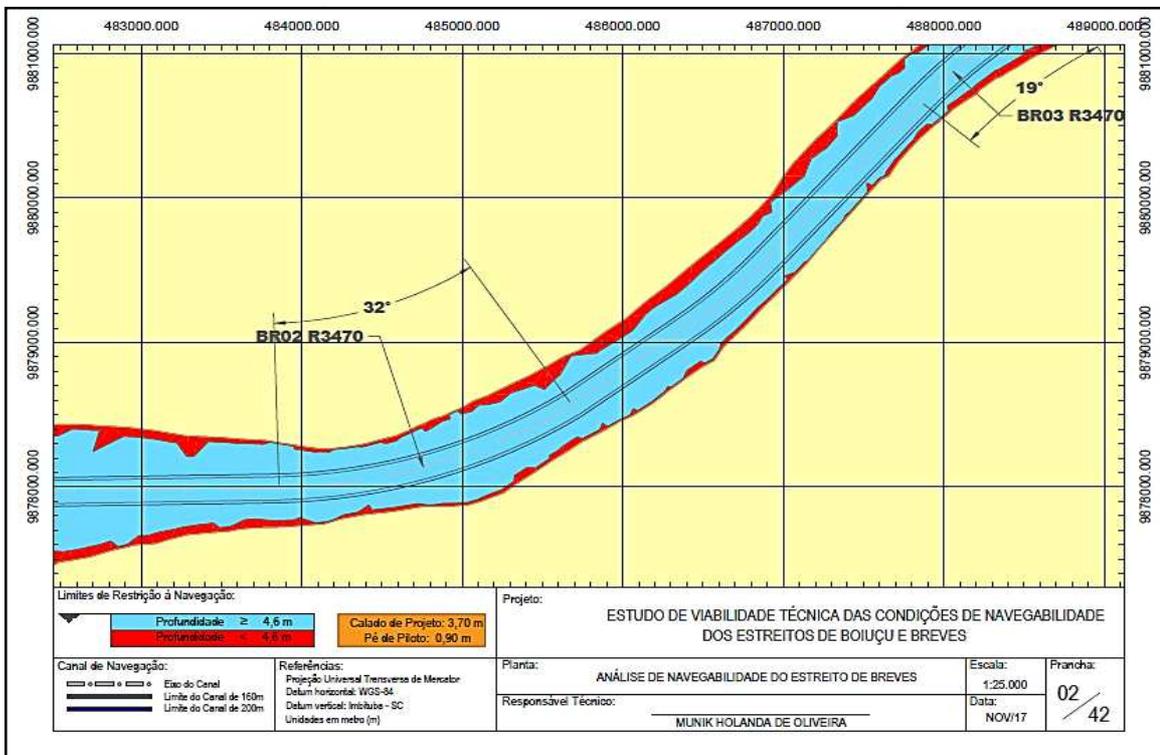


Figura 66 - Estreito de Breves - Planta 2
 Fonte: Elaboração própria.

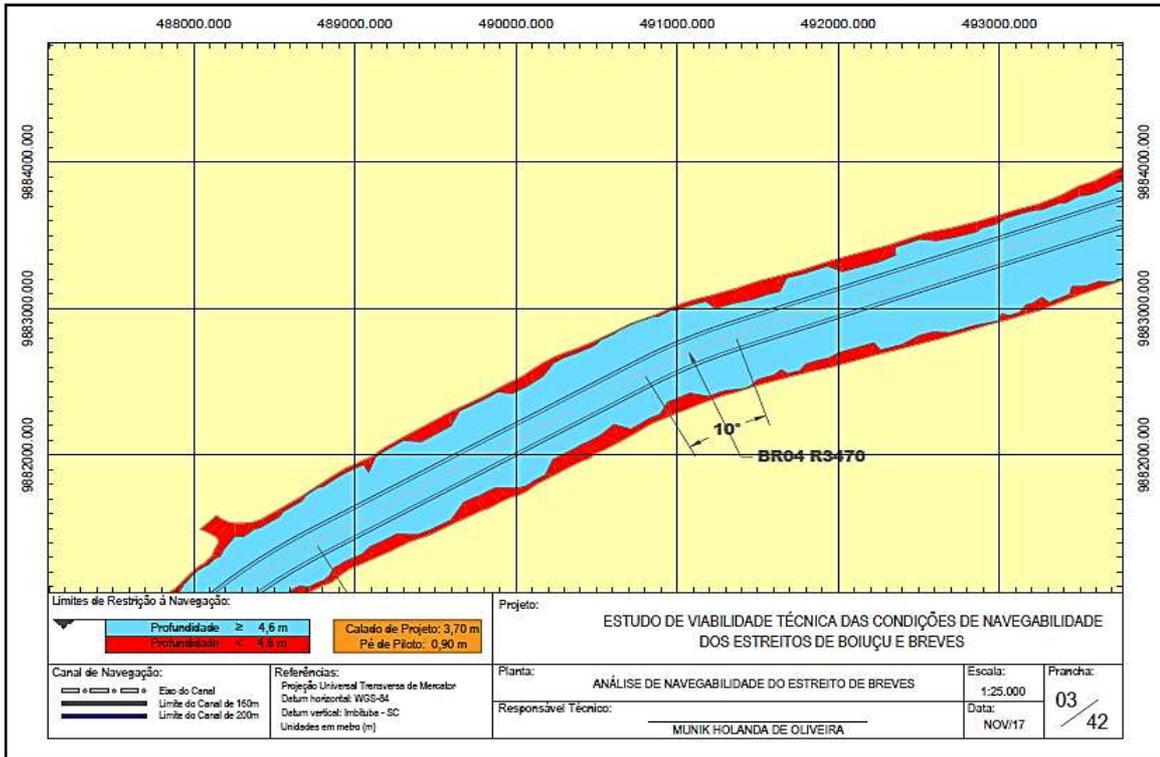


Figura 67 - Estreito de Breves - Planta 3
 Fonte: Elaboração própria.

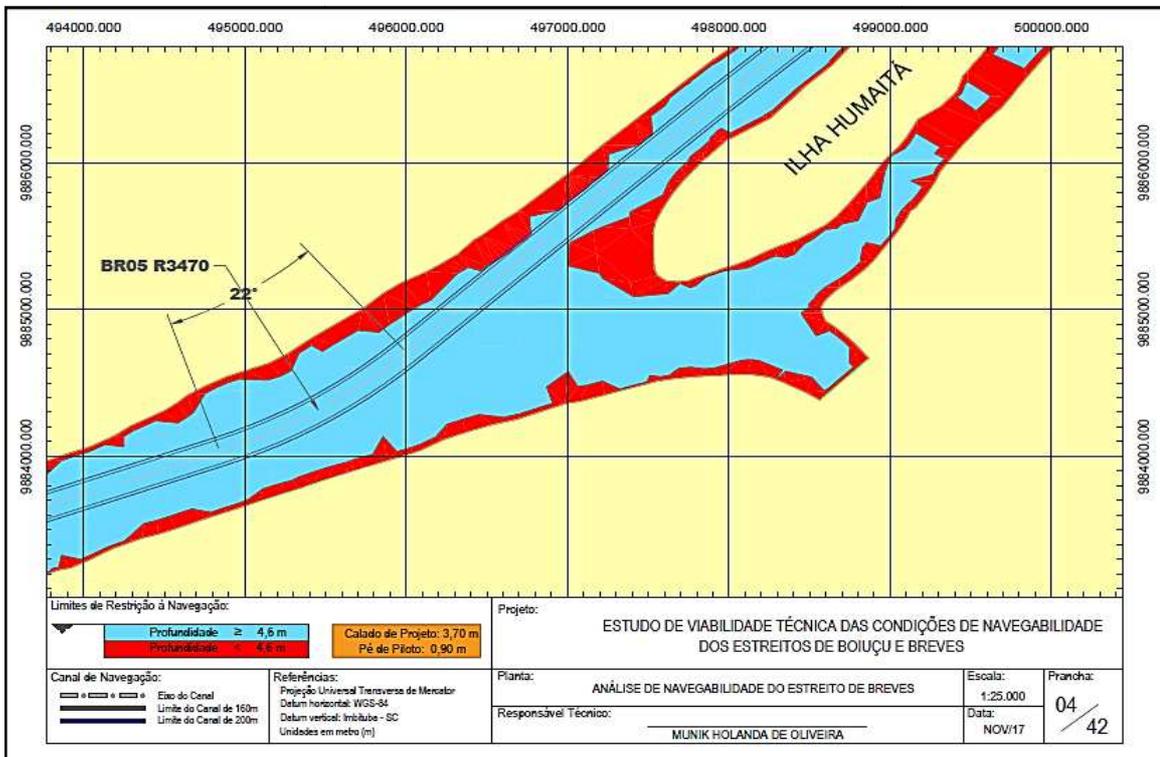


Figura 68 - Estreito de Breves - Planta 4
 Fonte: Elaboração própria.

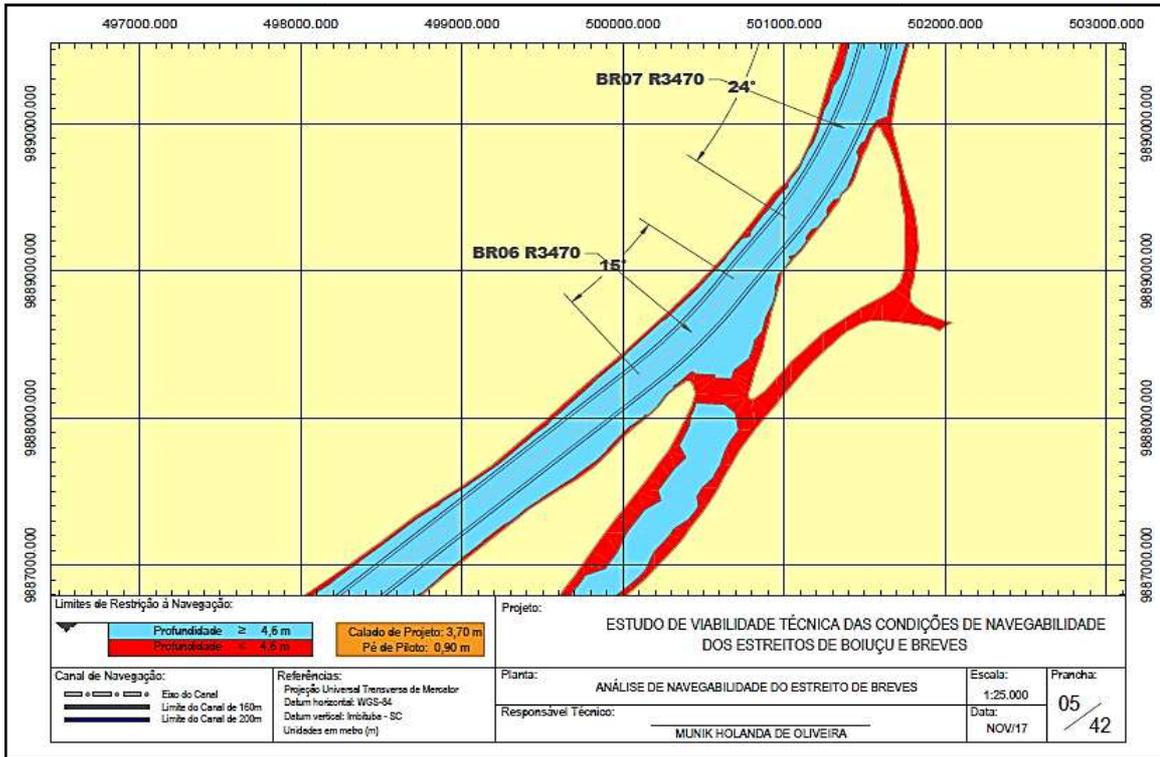


Figura 69 - Estreito de Breves - Planta 5

Fonte: Elaboração própria.

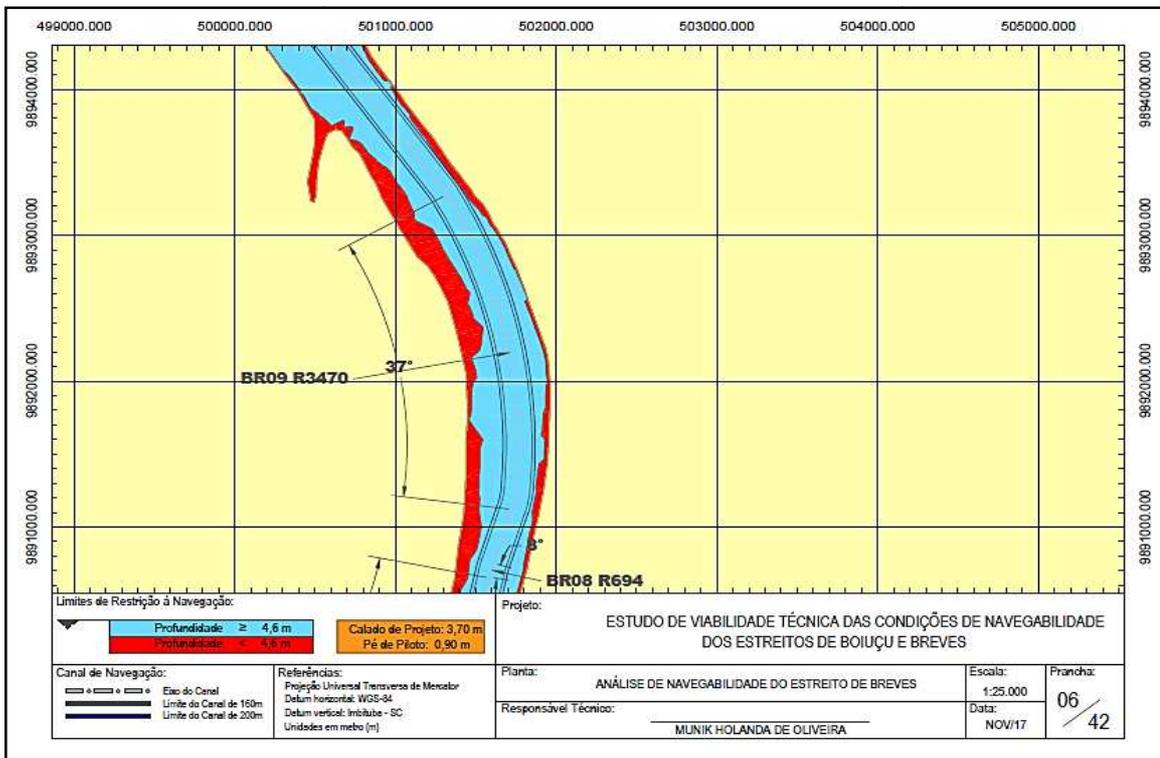


Figura 70 - Estreito de Breves - Planta 6

Fonte: Elaboração própria.

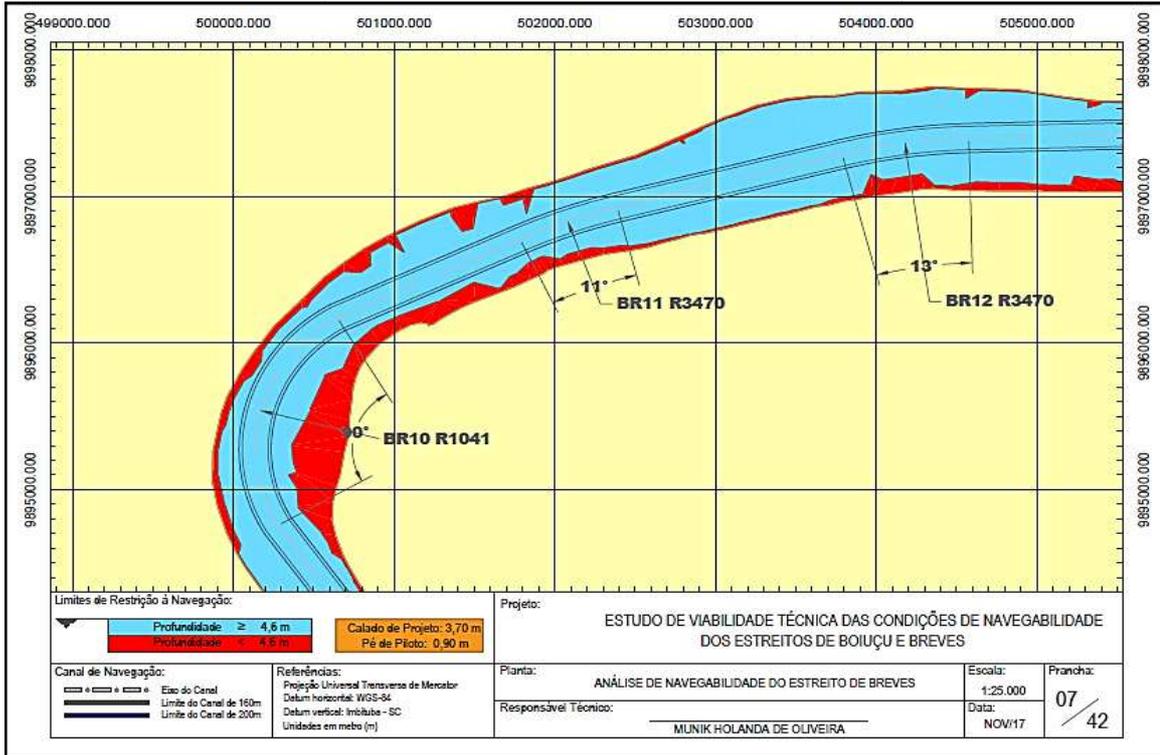


Figura 71 - Estreito de Breves - Planta 7

Fonte: Elaboração própria.

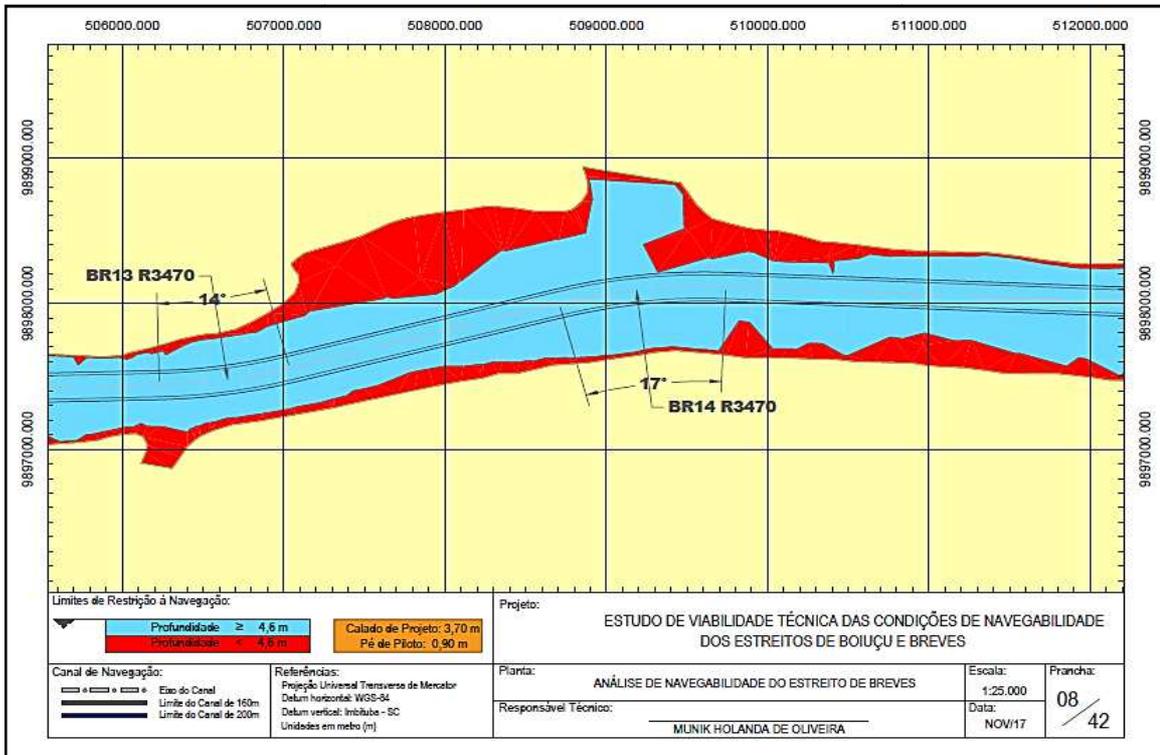


Figura 72 - Estreito de Breves - Planta 8

Fonte: Elaboração própria.

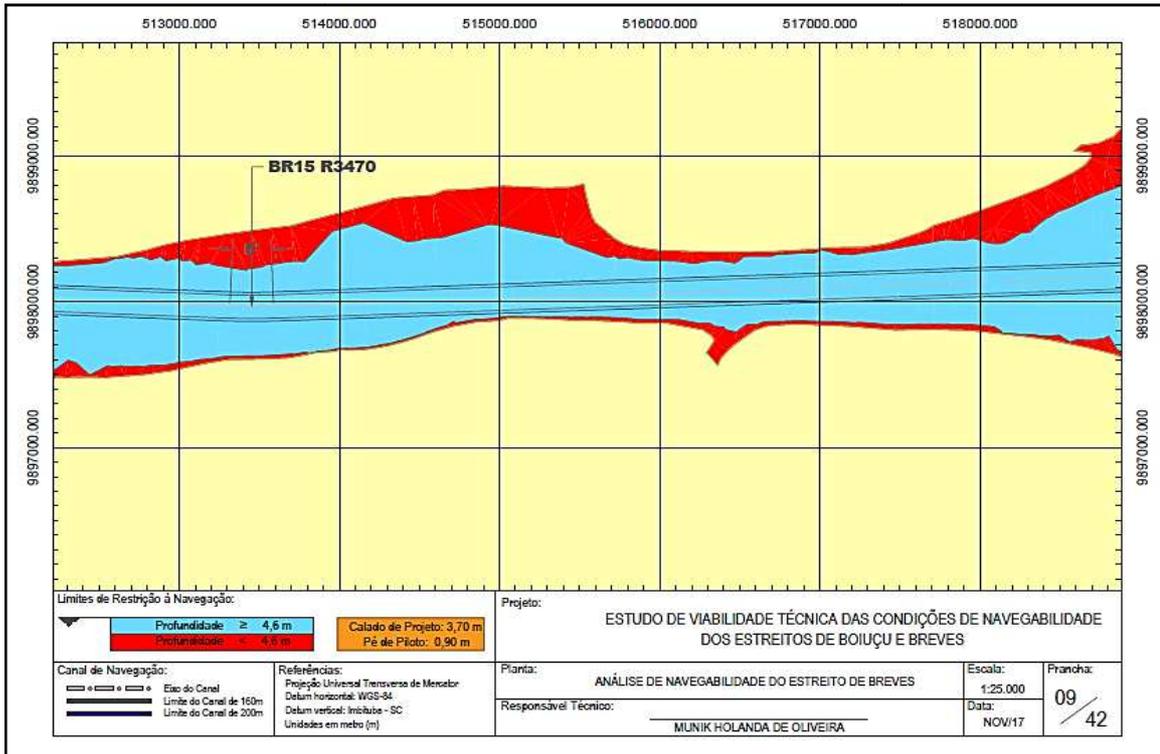


Figura 73 - Estreito de Breves - Planta 9
 Fonte: Elaboração própria.

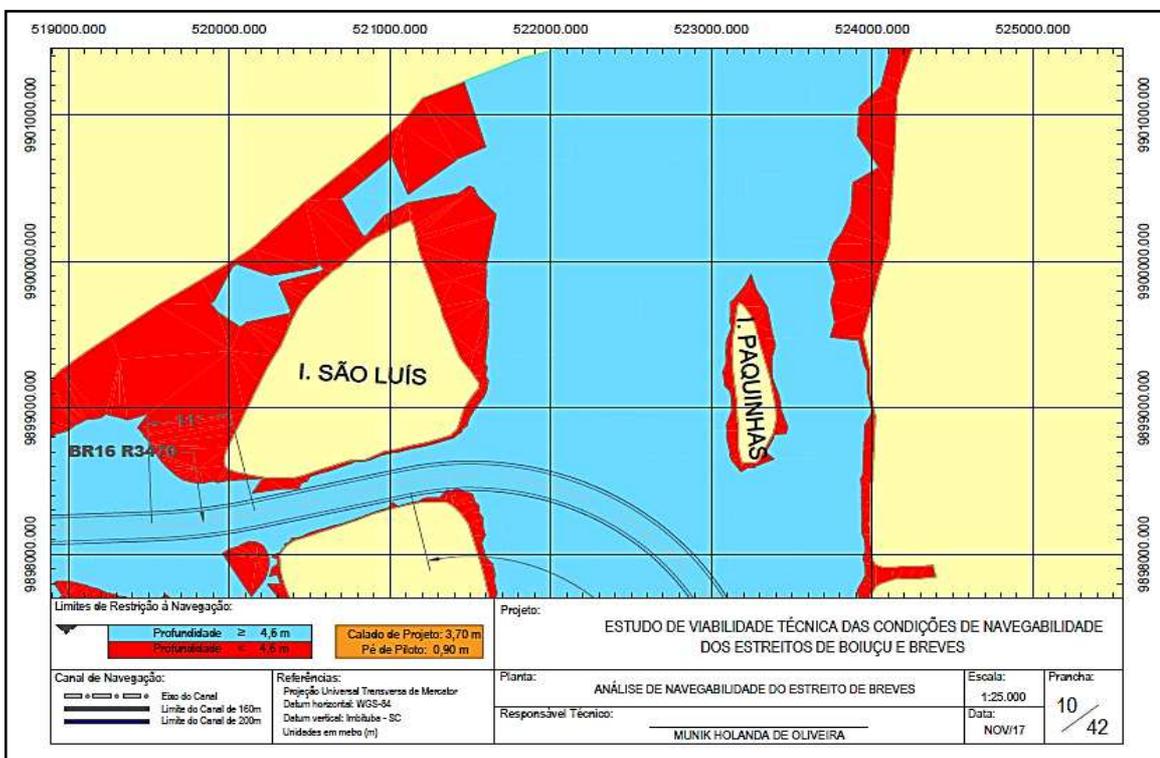


Figura 74 - Estreito de Breves - Planta 10
 Fonte: Elaboração própria.

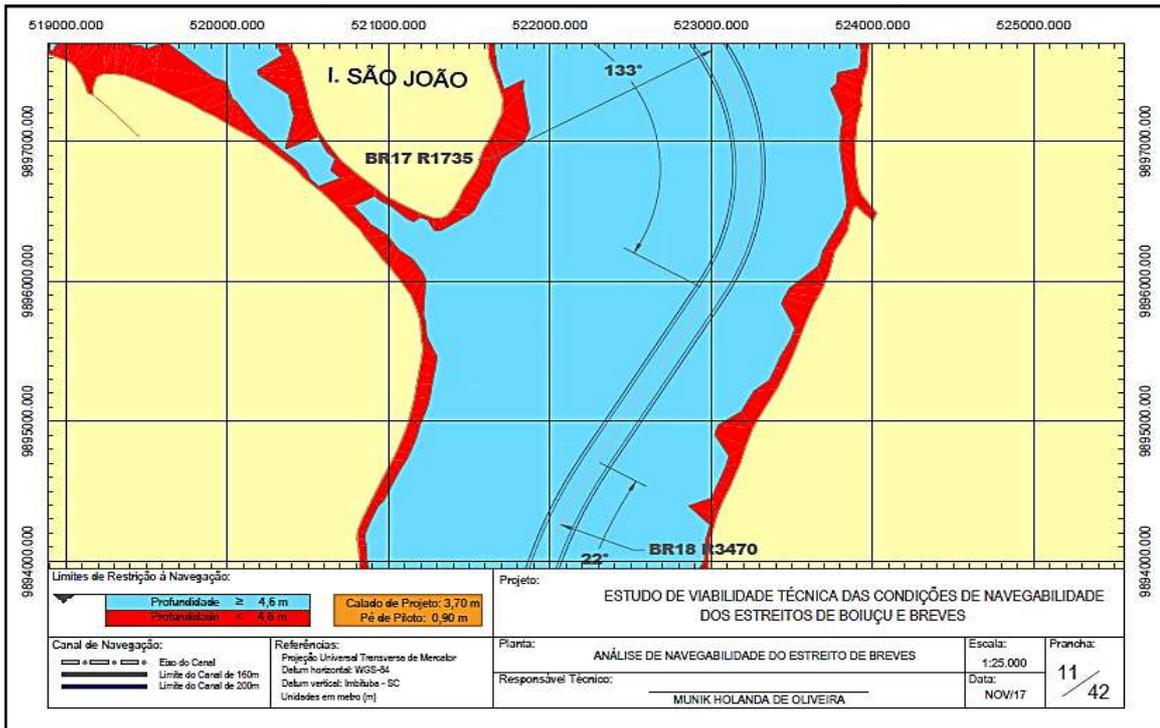


Figura 75 - Estreito de Breves - Planta 11
 Fonte: Elaboração própria.

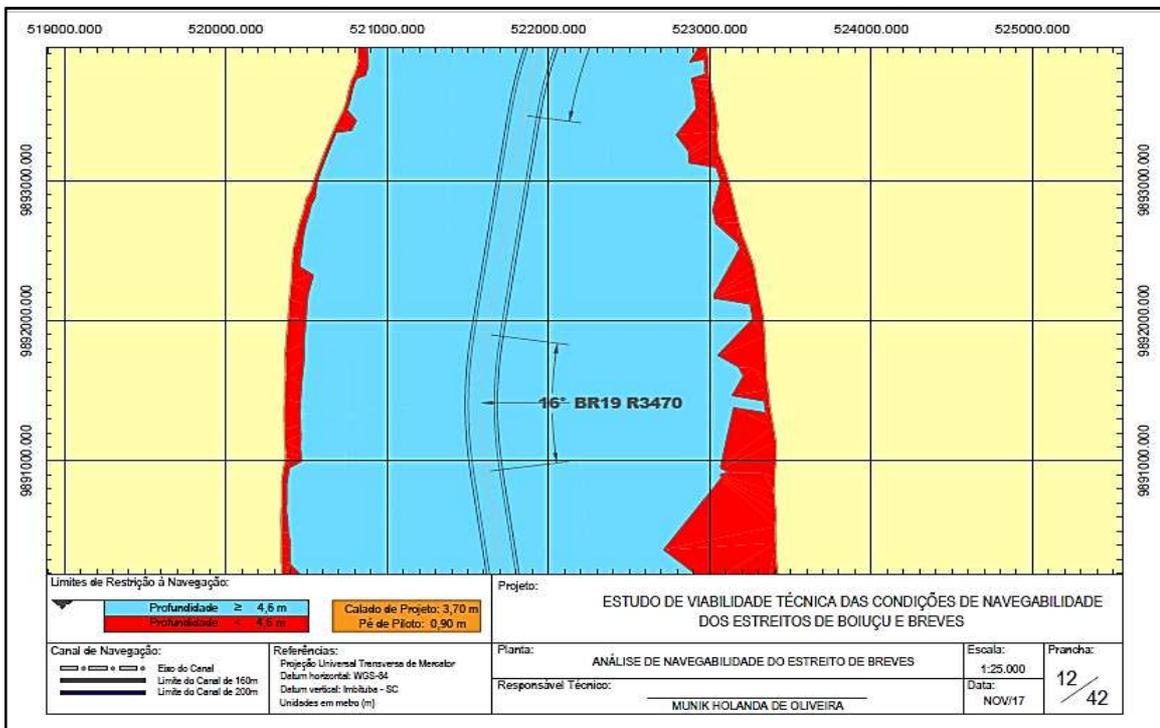


Figura 76 - Estreito de Breves - Planta 11
 Fonte: Elaboração própria.

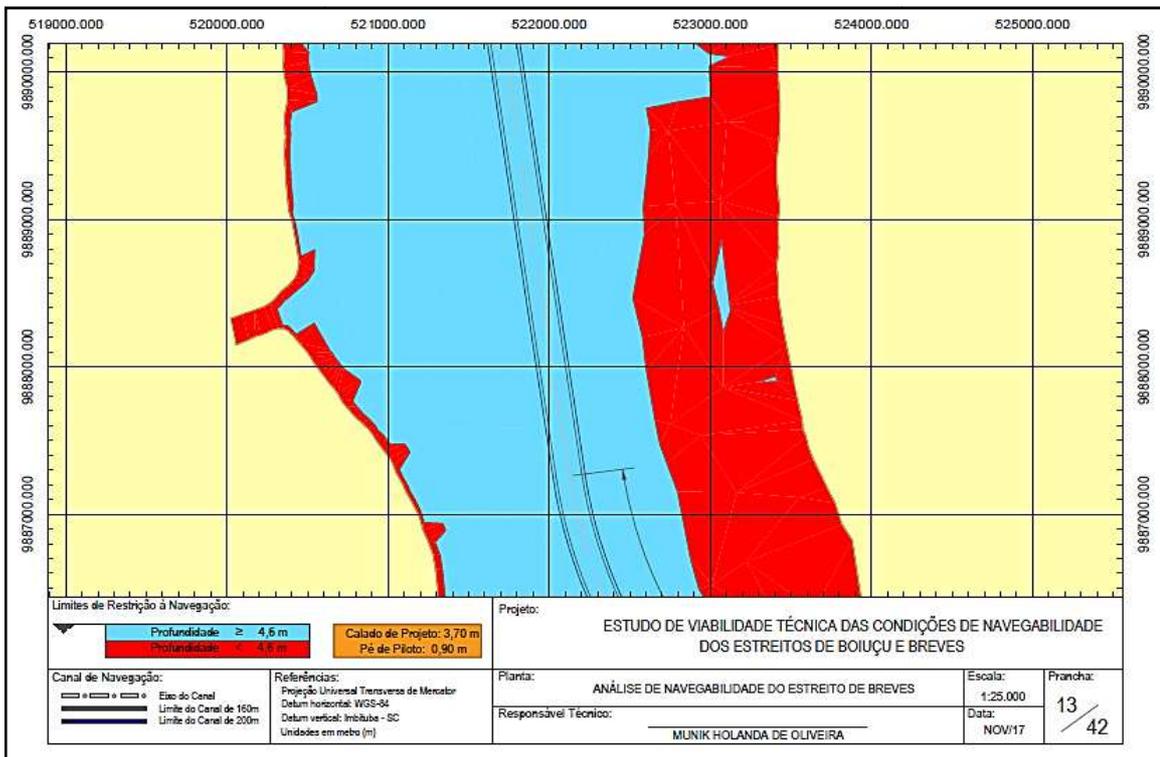


Figura 77 - Estreito de Breves - Planta 13
 Fonte: Elaboração própria.

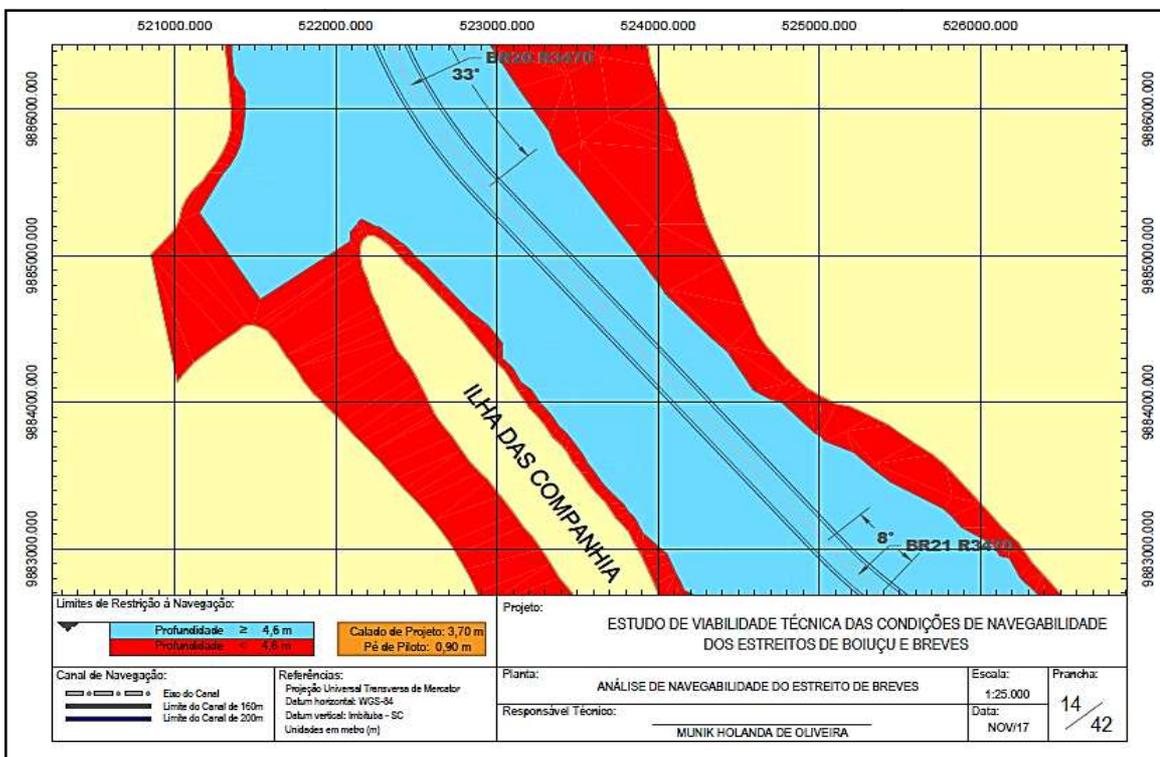


Figura 78 - Estreito de Breves - Planta 14
 Fonte: Elaboração própria.

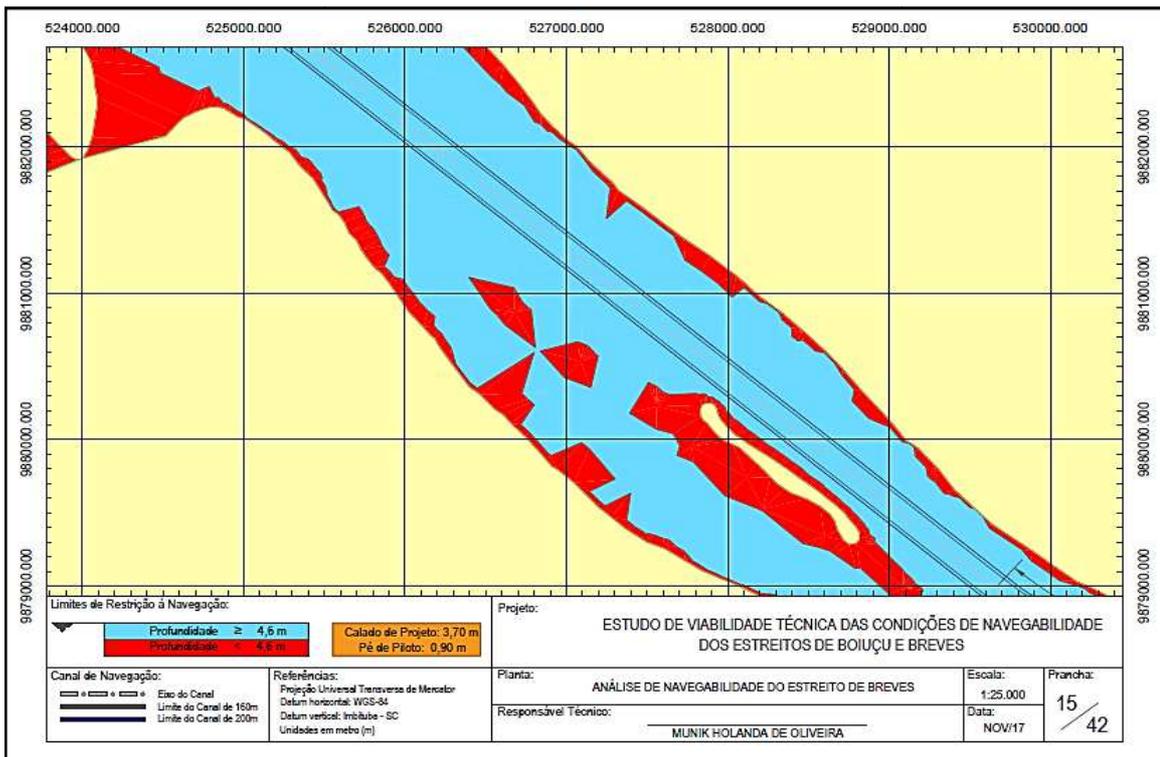


Figura 79 - Estreito de Breves - Planta 15
 Fonte: Elaboração própria.

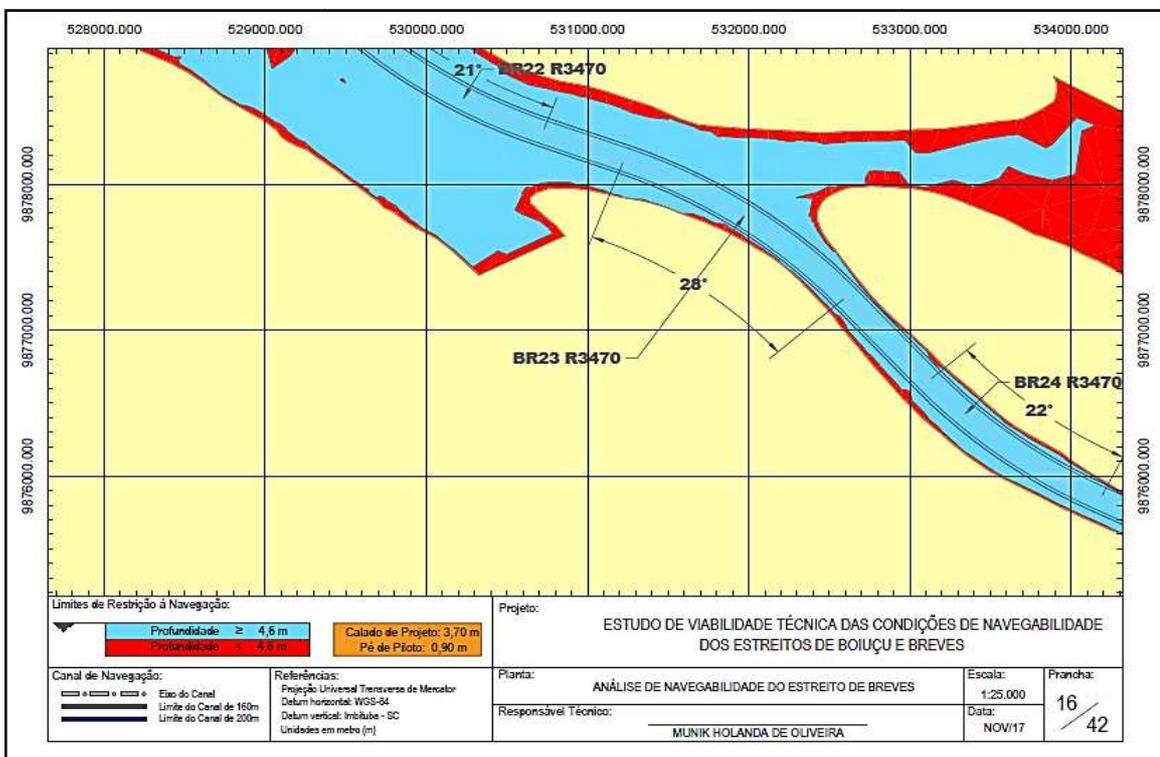


Figura 80 - Estreito de Breves - Planta 16
 Fonte: Elaboração própria.

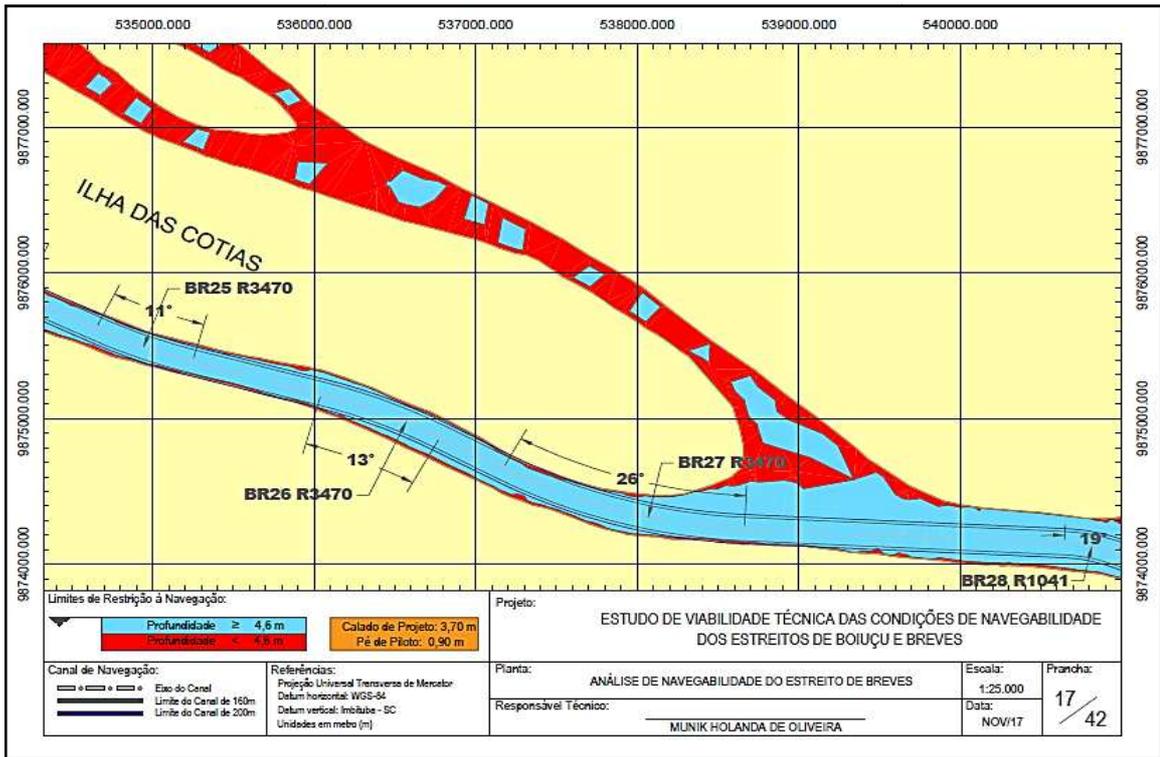


Figura 81 - Estreito de Breves - Planta 17
 Fonte: Elaboração própria.

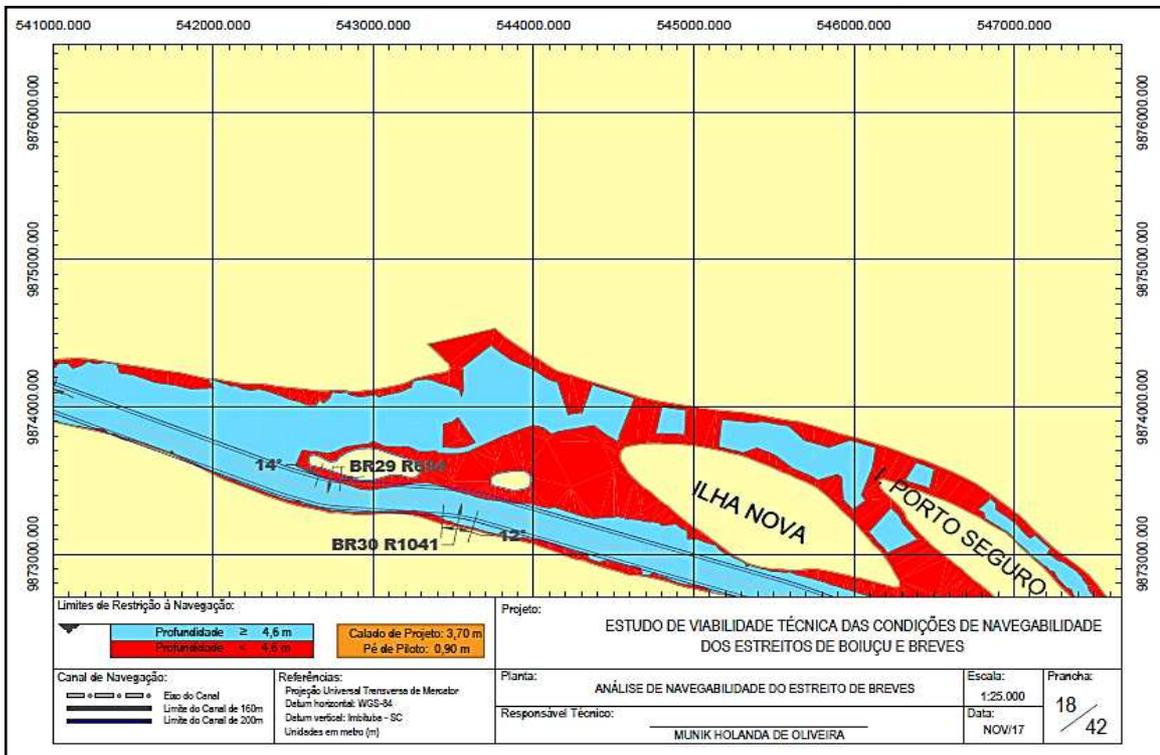


Figura 82 - Estreito de Breves - Planta 18
 Fonte: Elaboração própria.

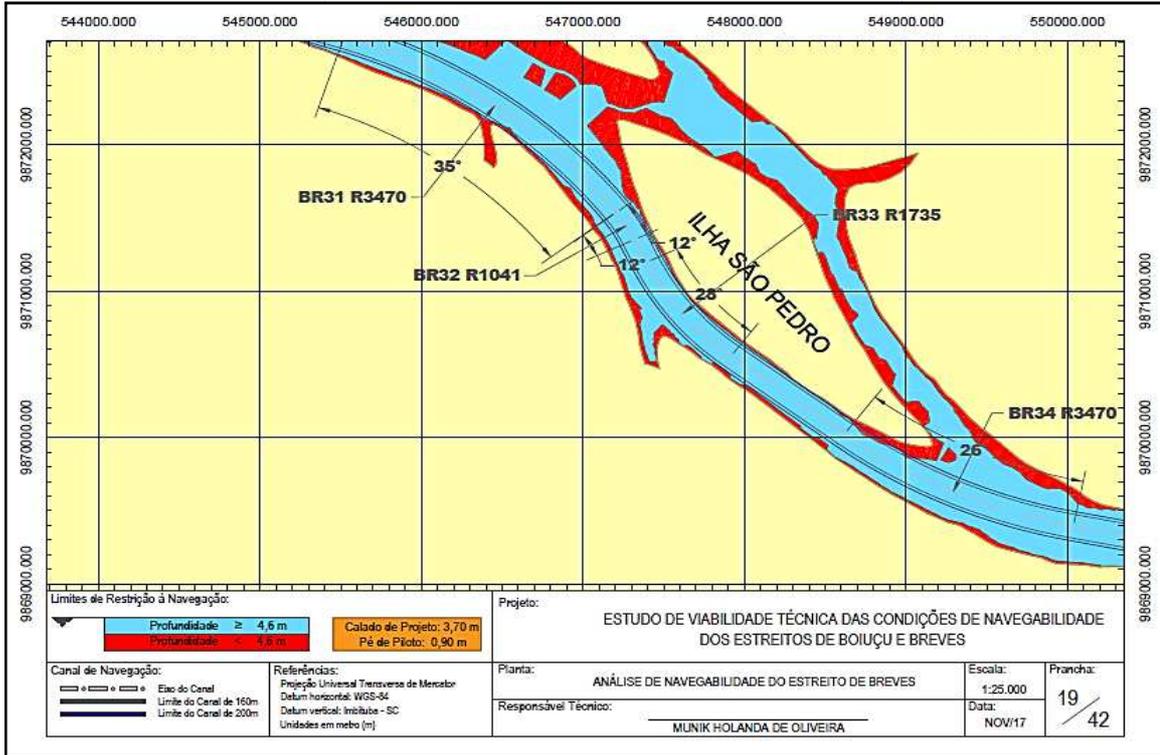


Figura 83 - Estreito de Breves - Planta 19

Fonte: Elaboração própria.

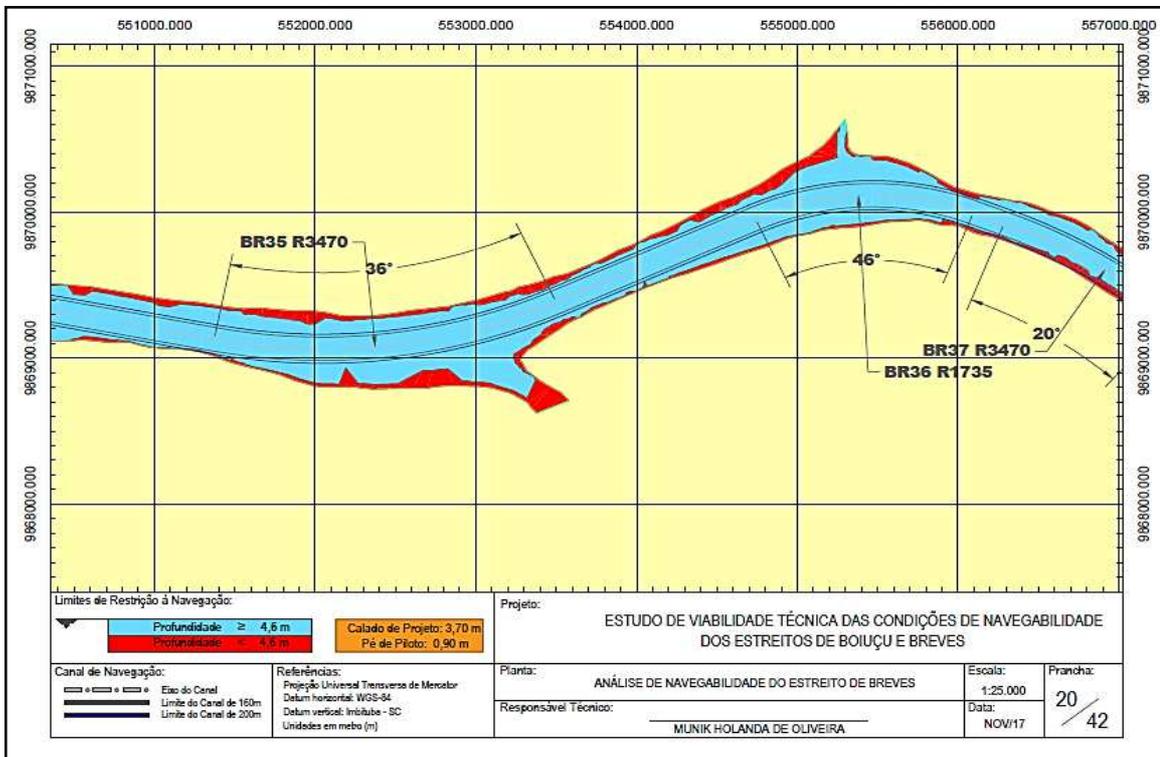


Figura 84 - Estreito de Breves - Planta 20

Fonte: Elaboração própria.

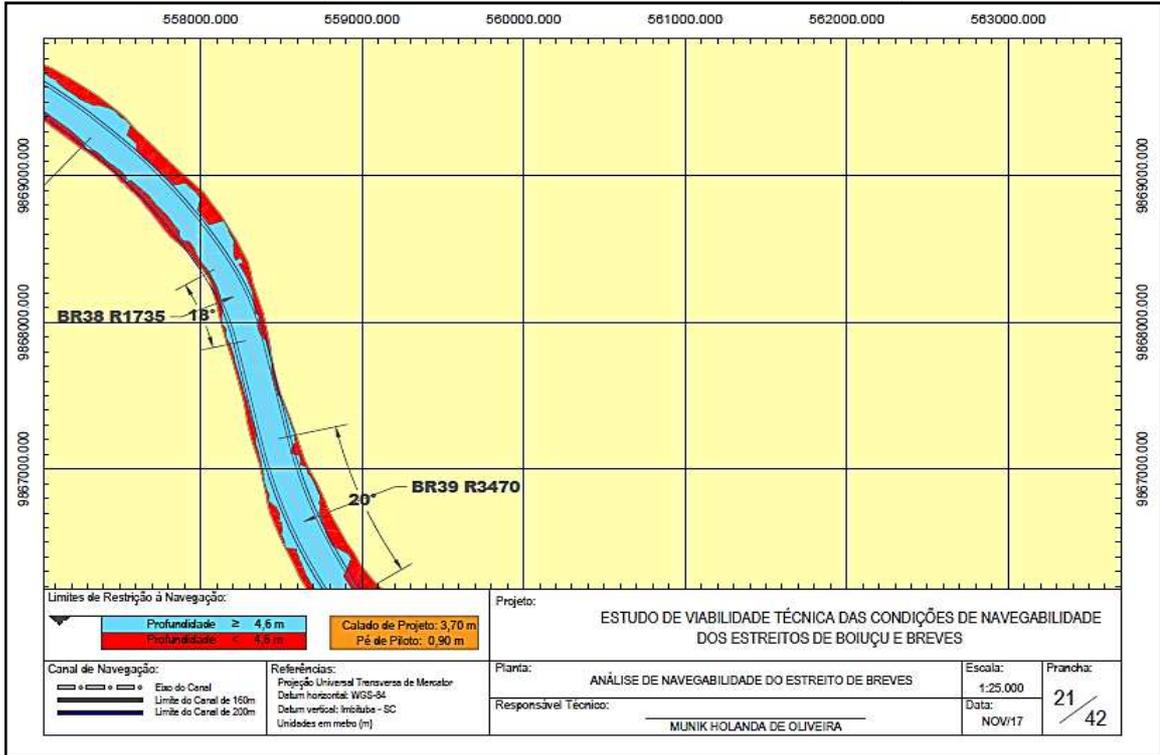


Figura 85 - Estreito de Breves - Planta 21

Fonte: Elaboração própria.

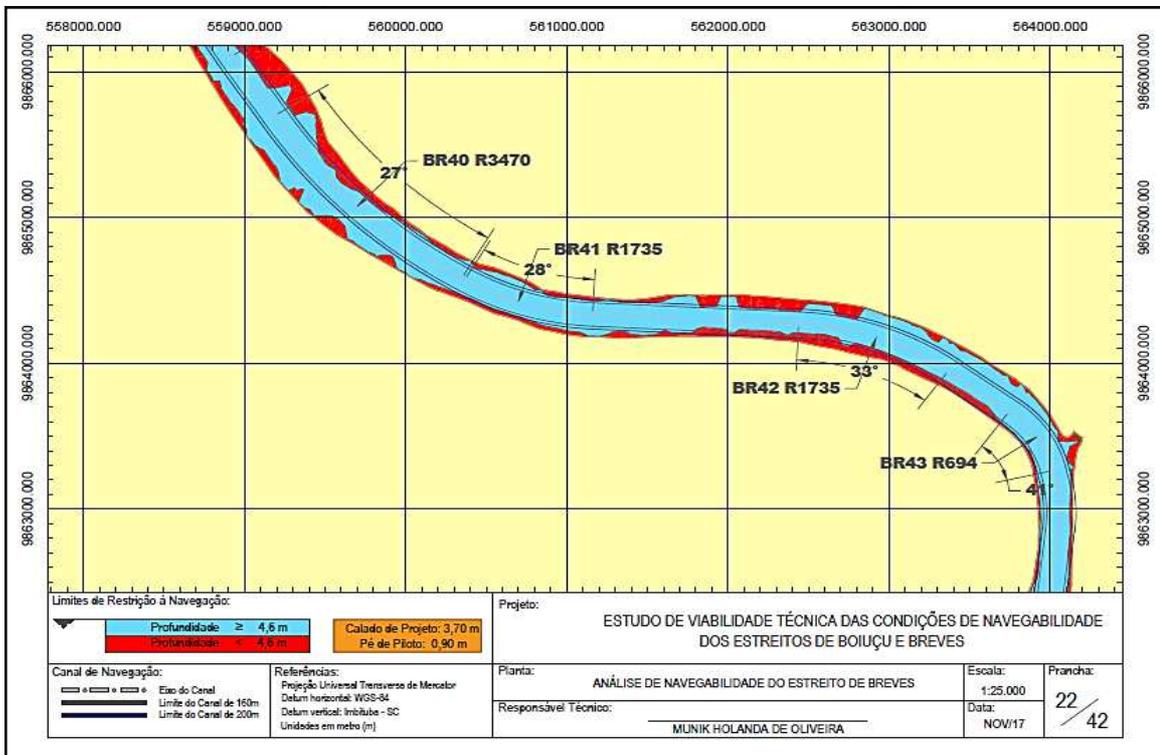


Figura 86 - Estreito de Breves - Planta 22

Fonte: Elaboração própria.

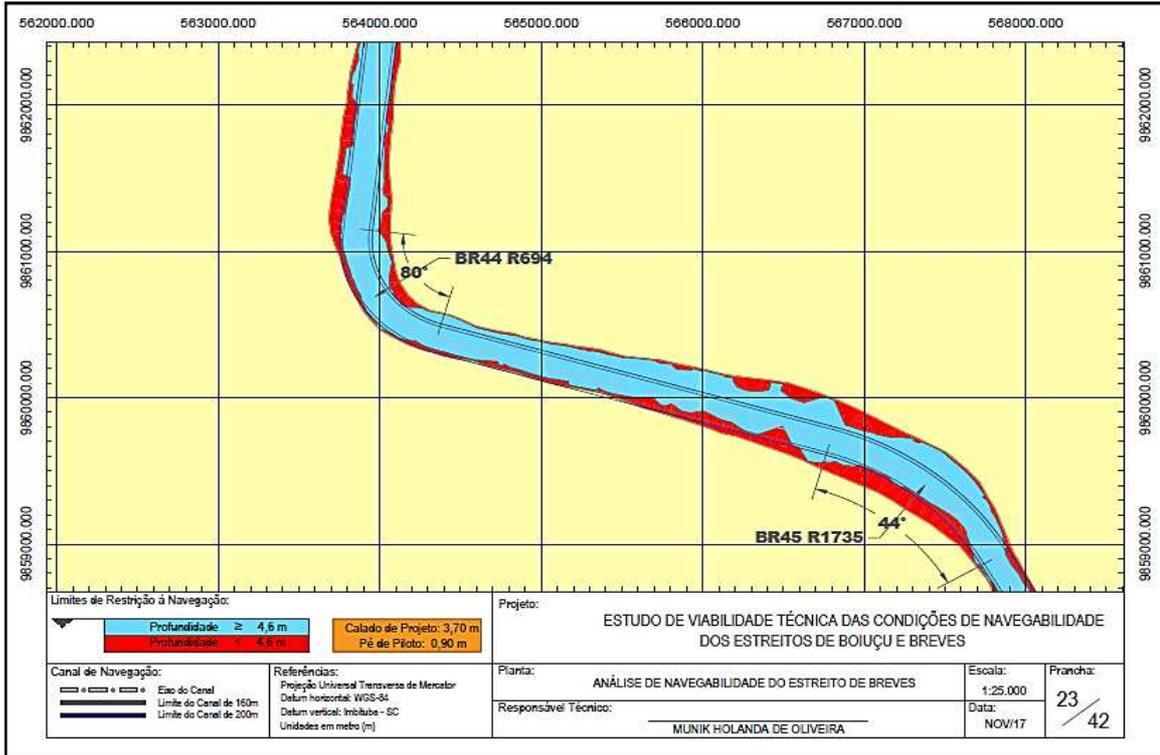


Figura 87 - Estreito de Breves - Planta 23
 Fonte: Elaboração própria.

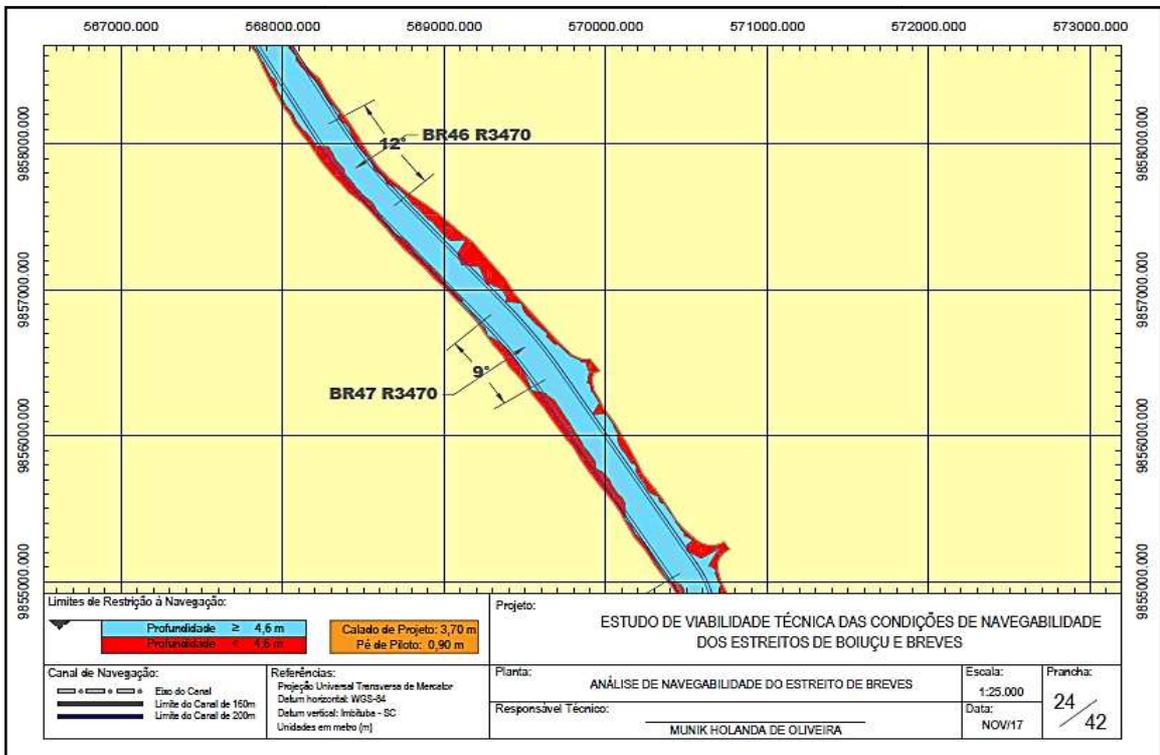


Figura 88 - Estreito de Breves - Planta 24
 Fonte: Elaboração própria.

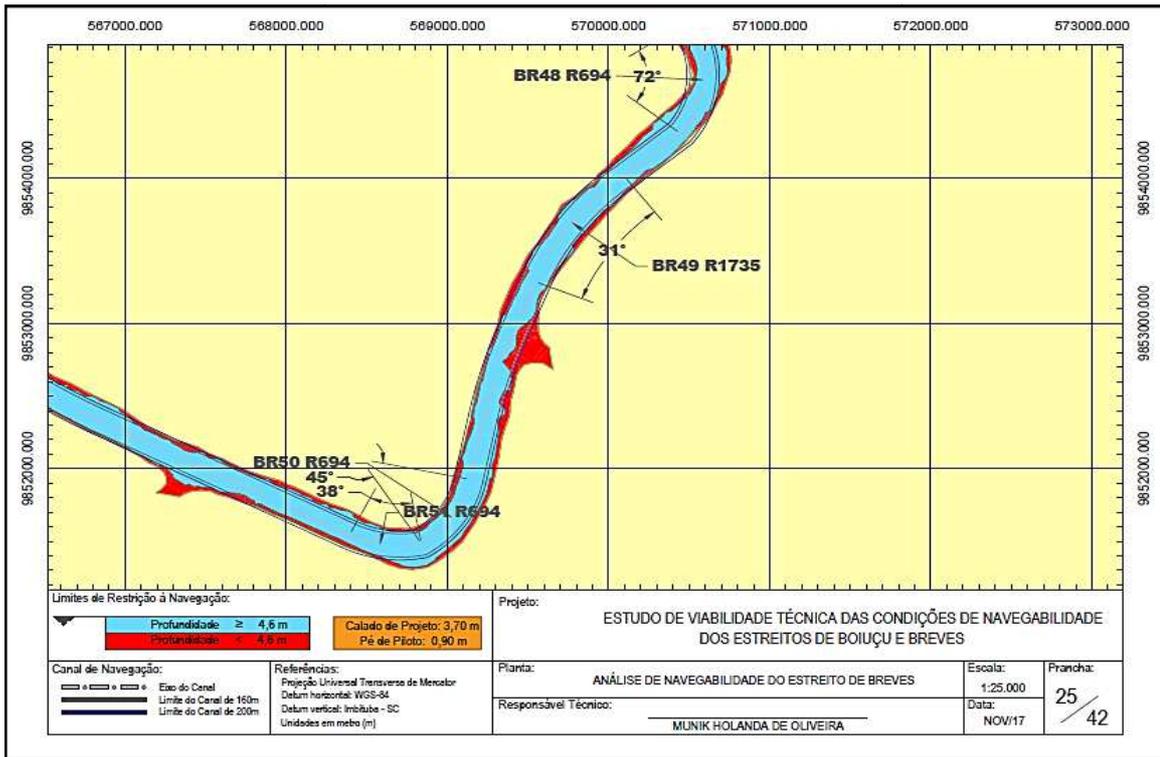


Figura 89 - Estreito de Breves - Planta 25
 Fonte: Elaboração própria.

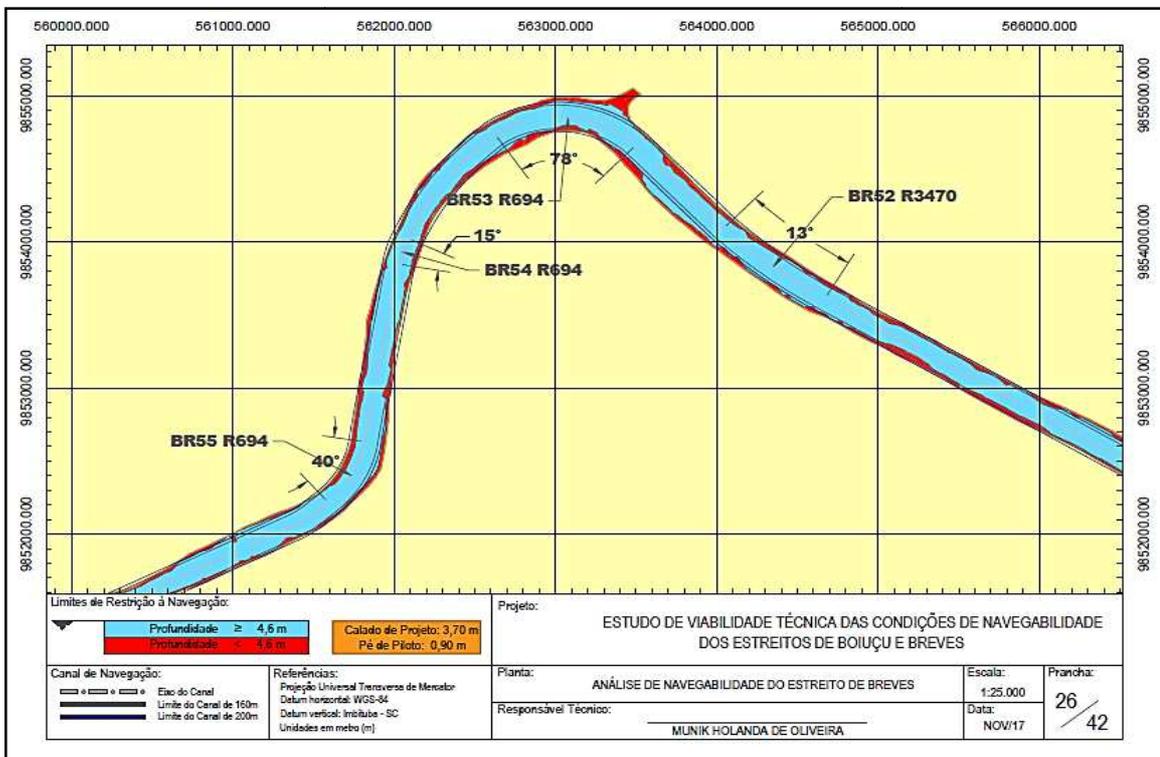


Figura 90 - Estreito de Breves - Planta 26
 Fonte: Elaboração própria.

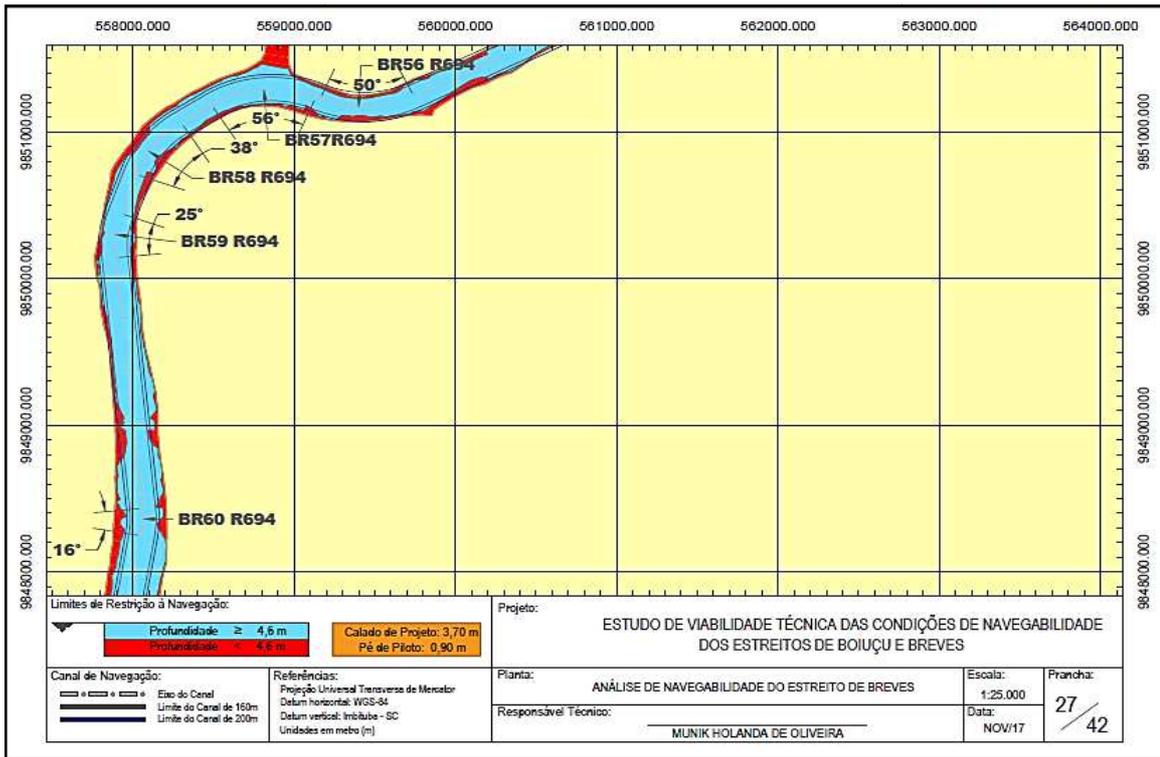


Figura 91 - Estreito de Breves - Planta 27
 Fonte: Elaboração própria.

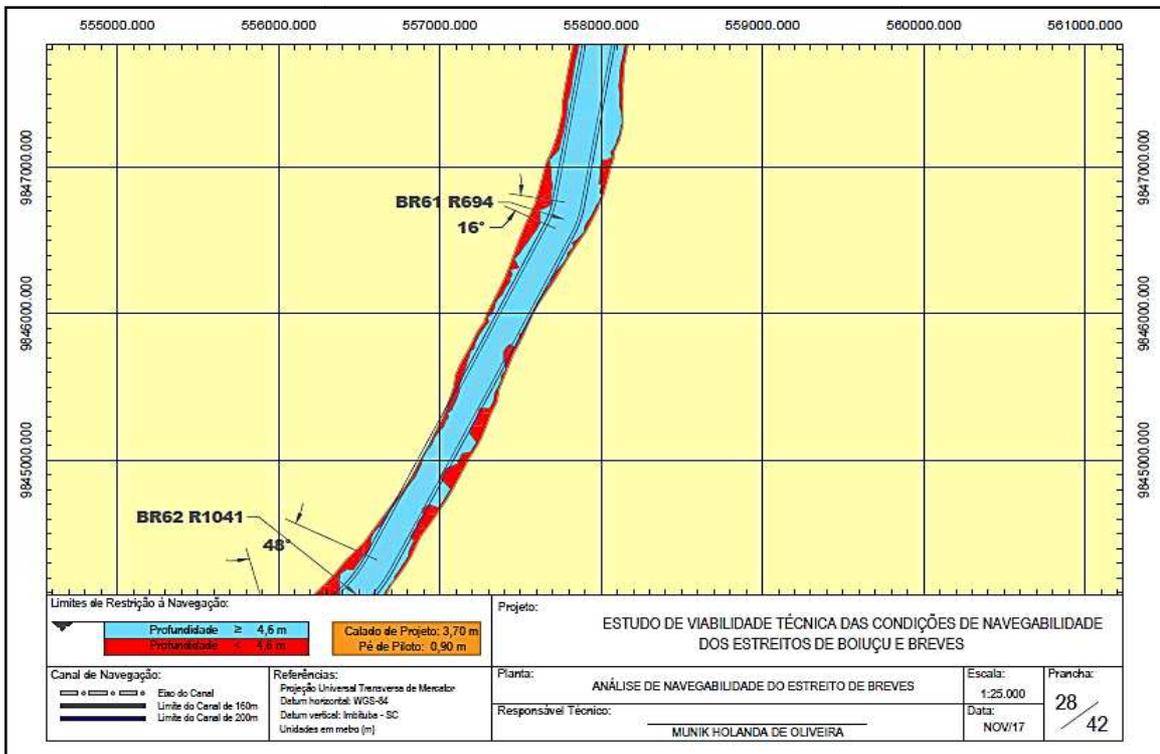


Figura 92 - Estreito de Breves - Planta 28
 Fonte: Elaboração própria.

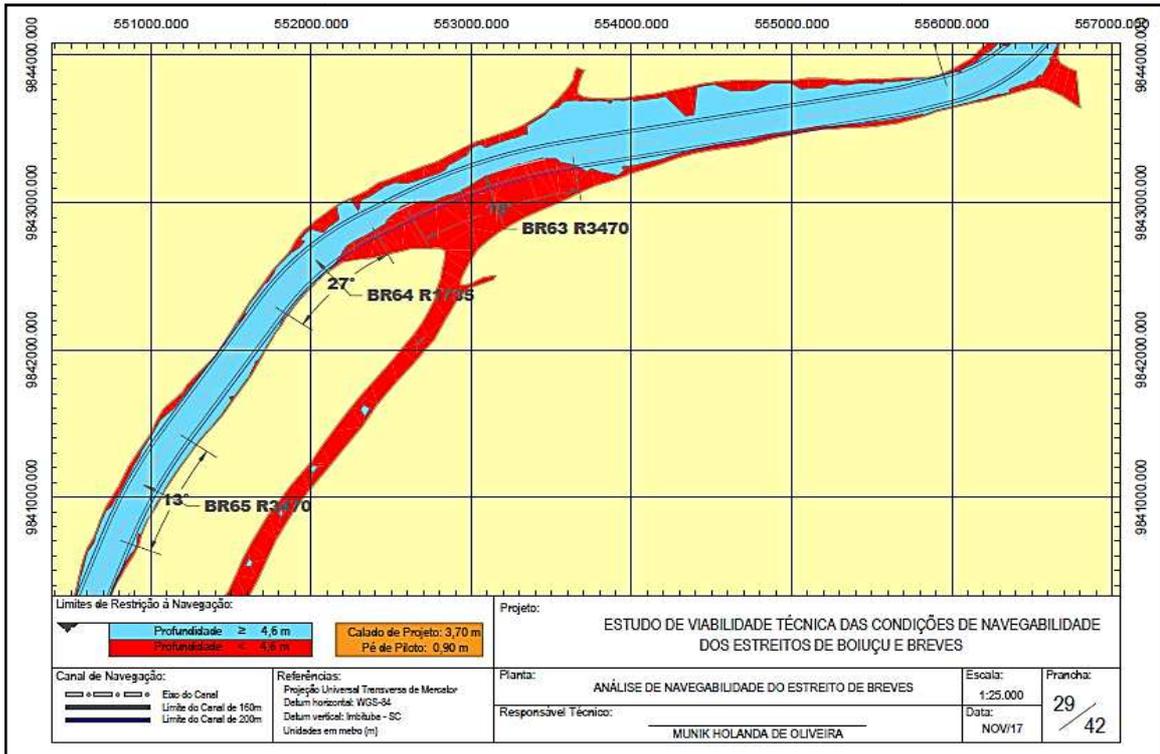


Figura 93 - Estreito de Breves - Planta 29

Fonte: Elaboração própria.

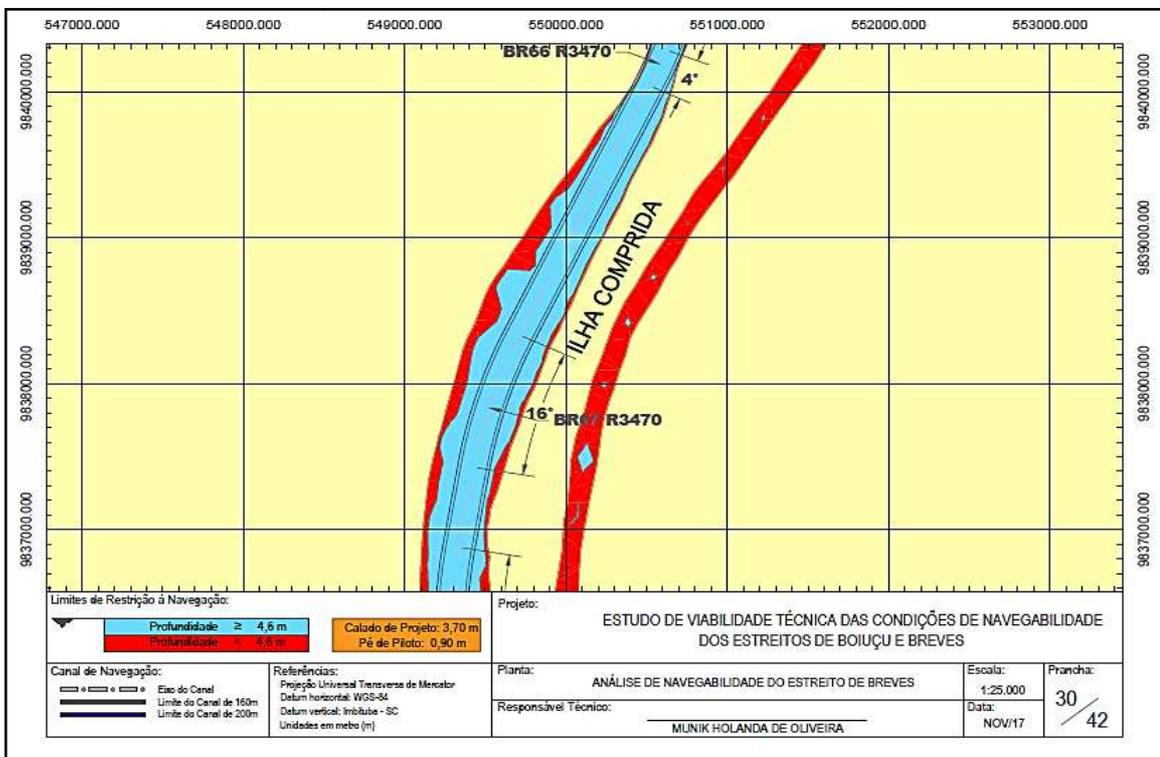


Figura 94 - Estreito de Breves - Planta 30

Fonte: Elaboração própria.

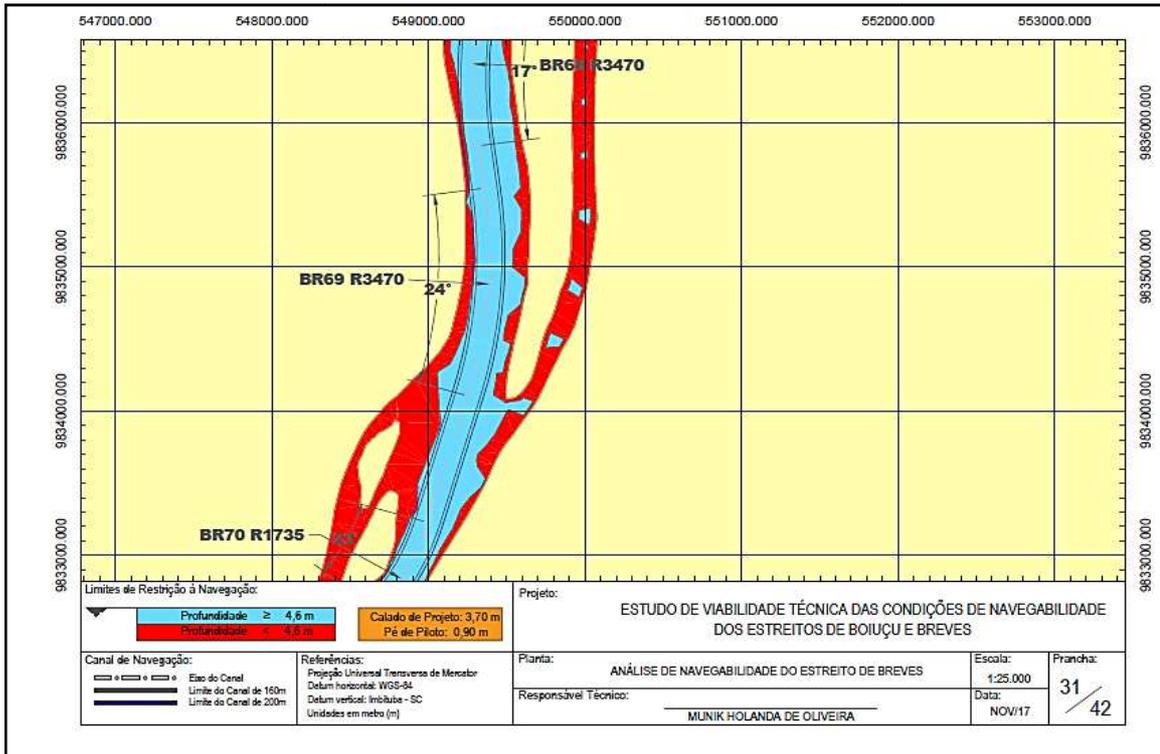


Figura 95 - Estreito de Breves - Planta 31

Fonte: Elaboração própria.

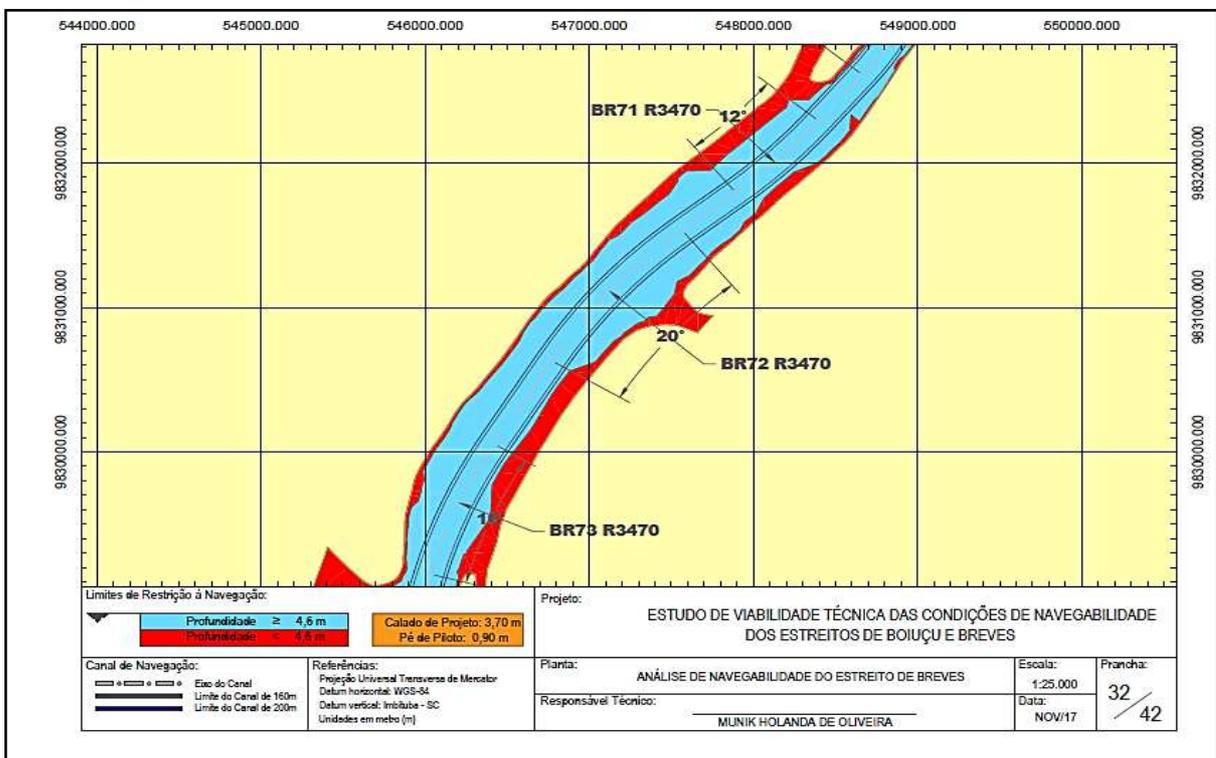


Figura 96 - Estreito de Breves - Planta 32

Fonte: Elaboração própria.

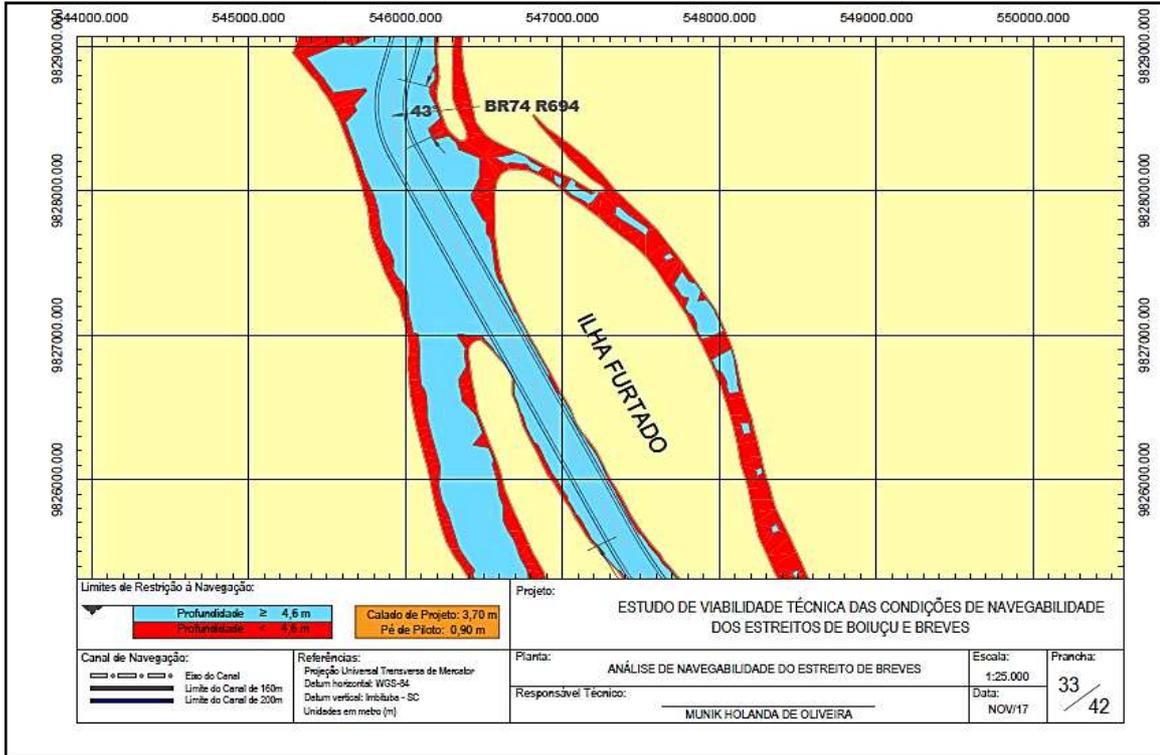


Figura 97 - Estreito de Breves - Planta 33

Fonte: Elaboração própria.

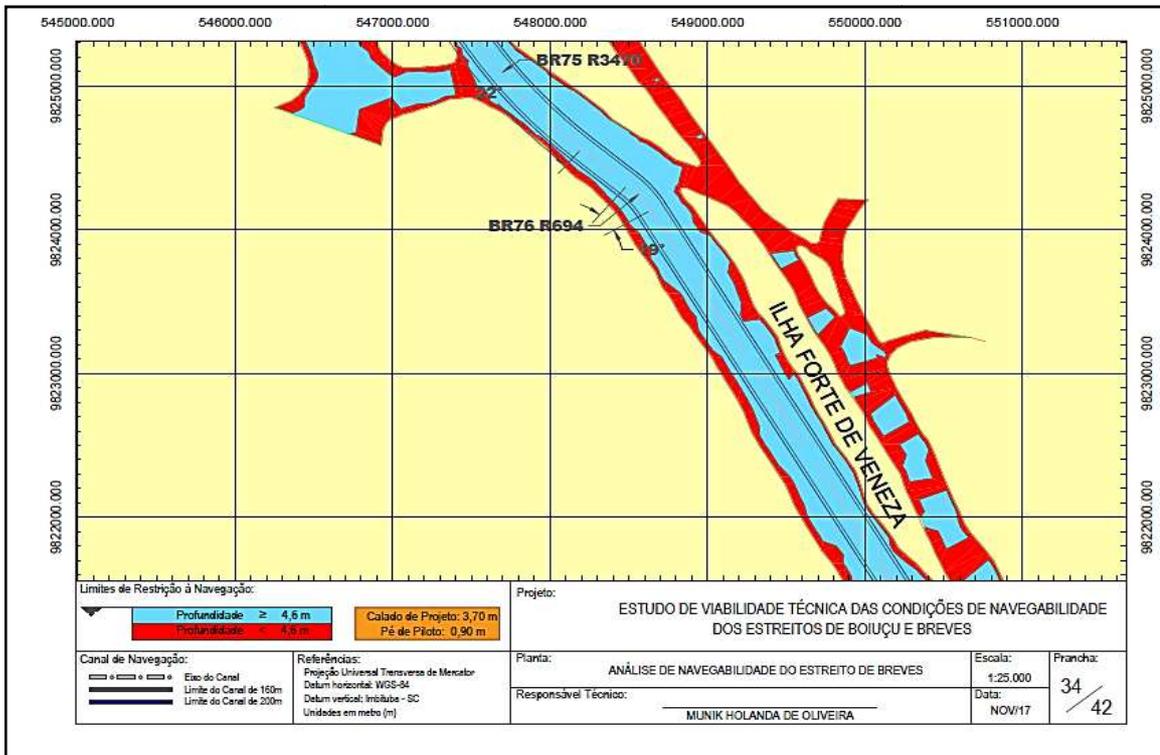
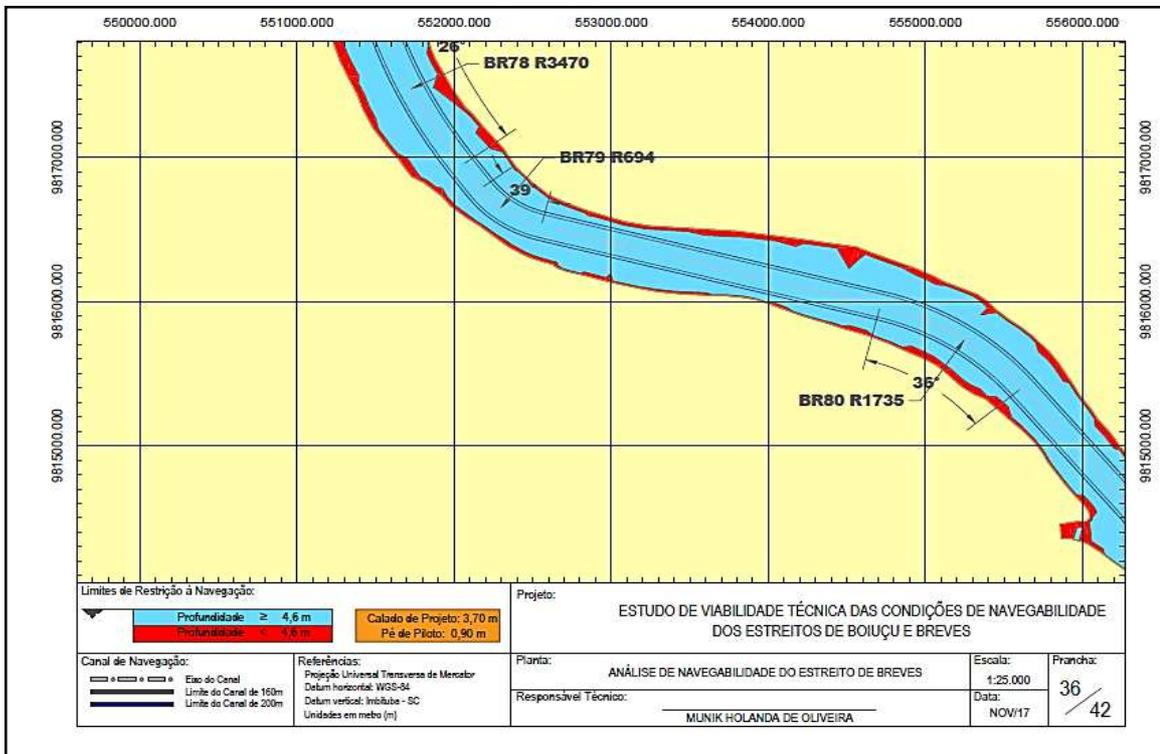
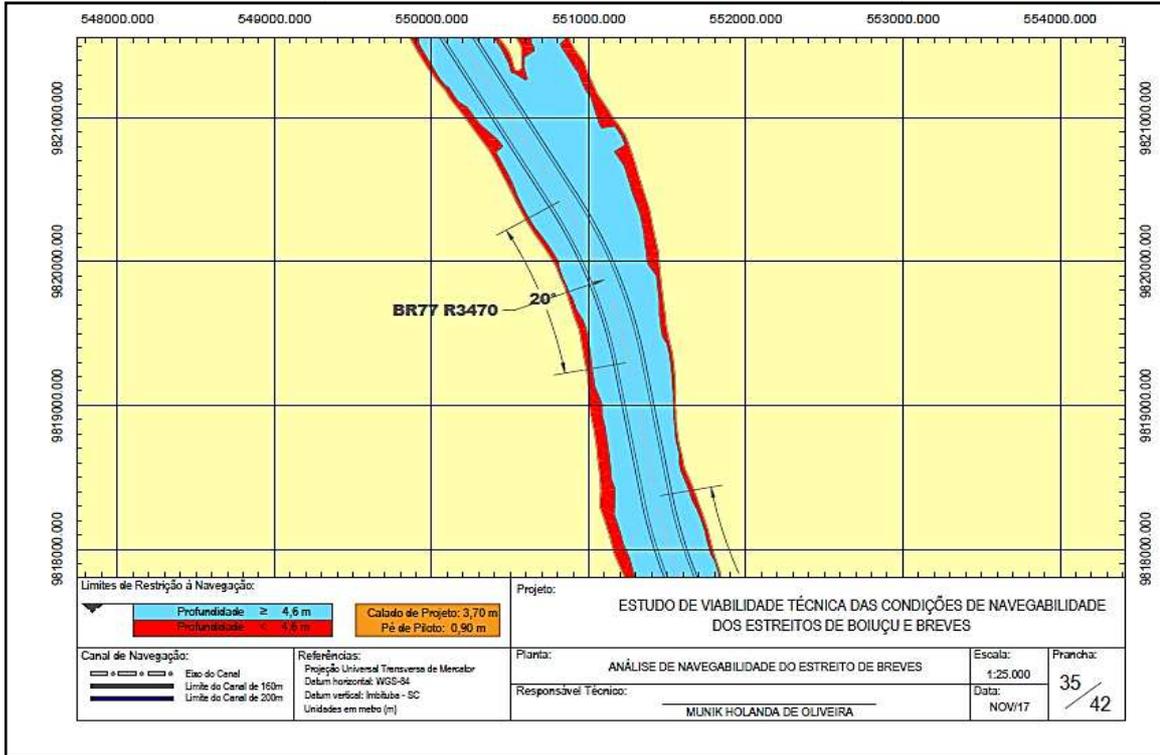


Figura 98 - Estreito de Breves - Planta 34

Fonte: Elaboração própria.



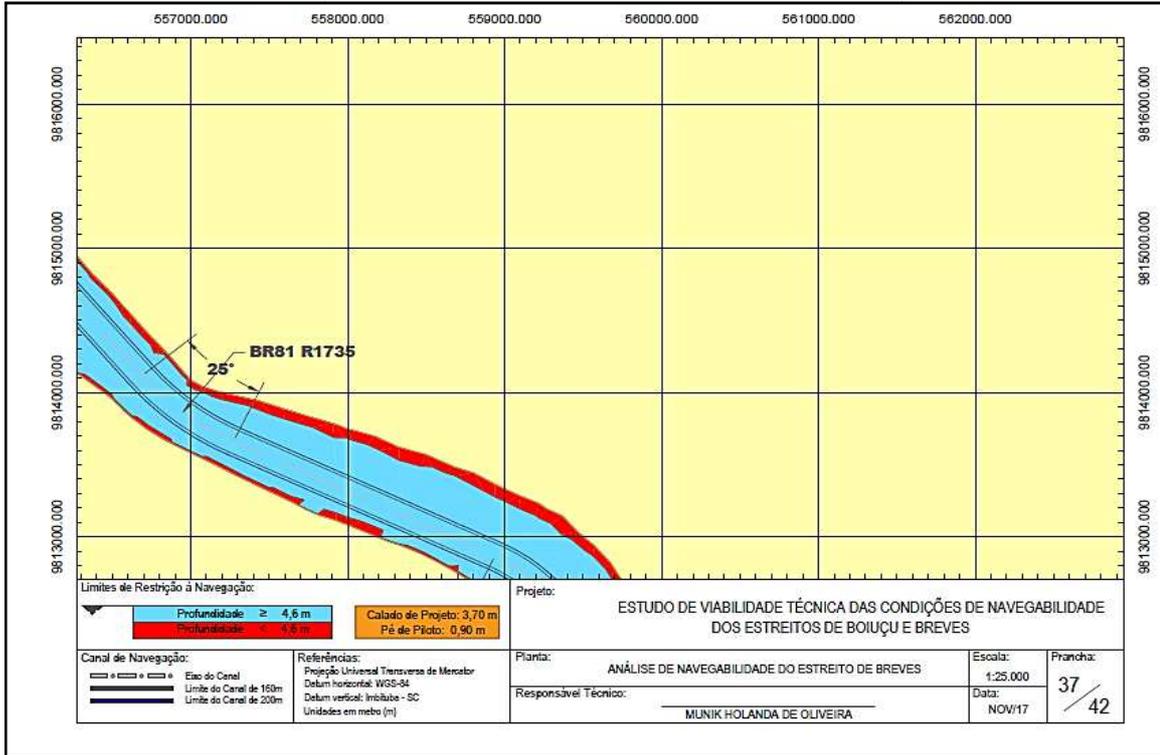


Figura 101 - Estreito de Breves - Planta 37

Fonte: Elaboração própria.

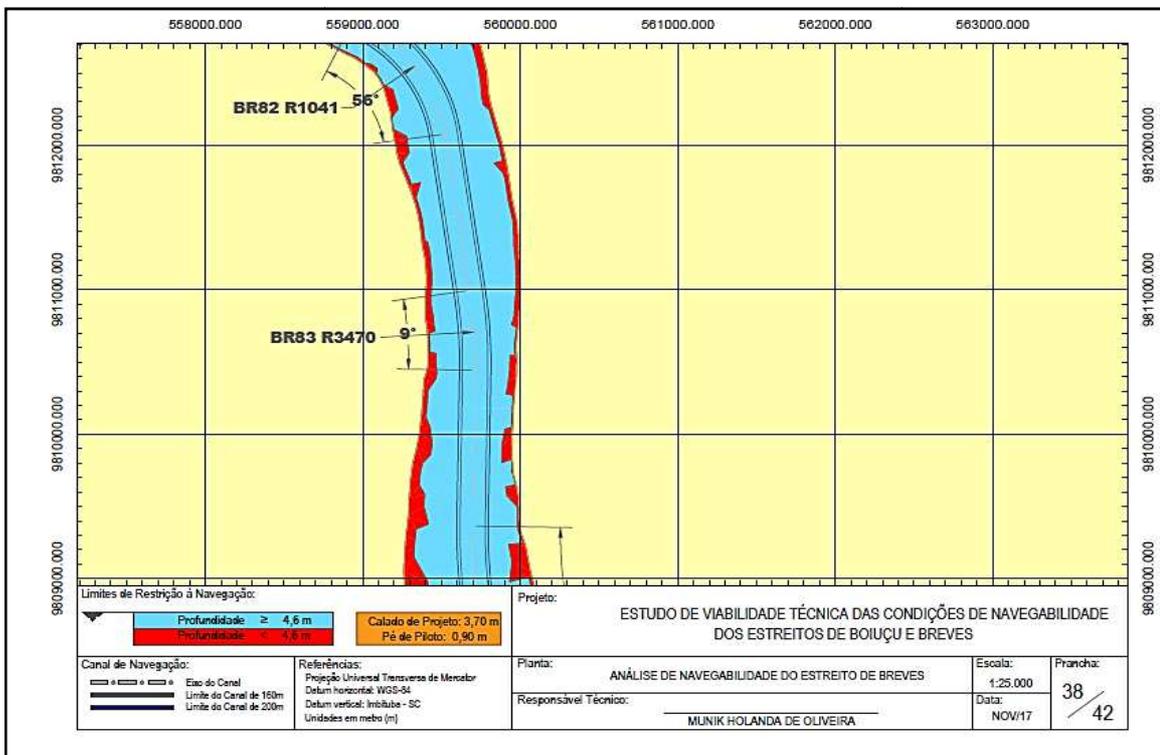
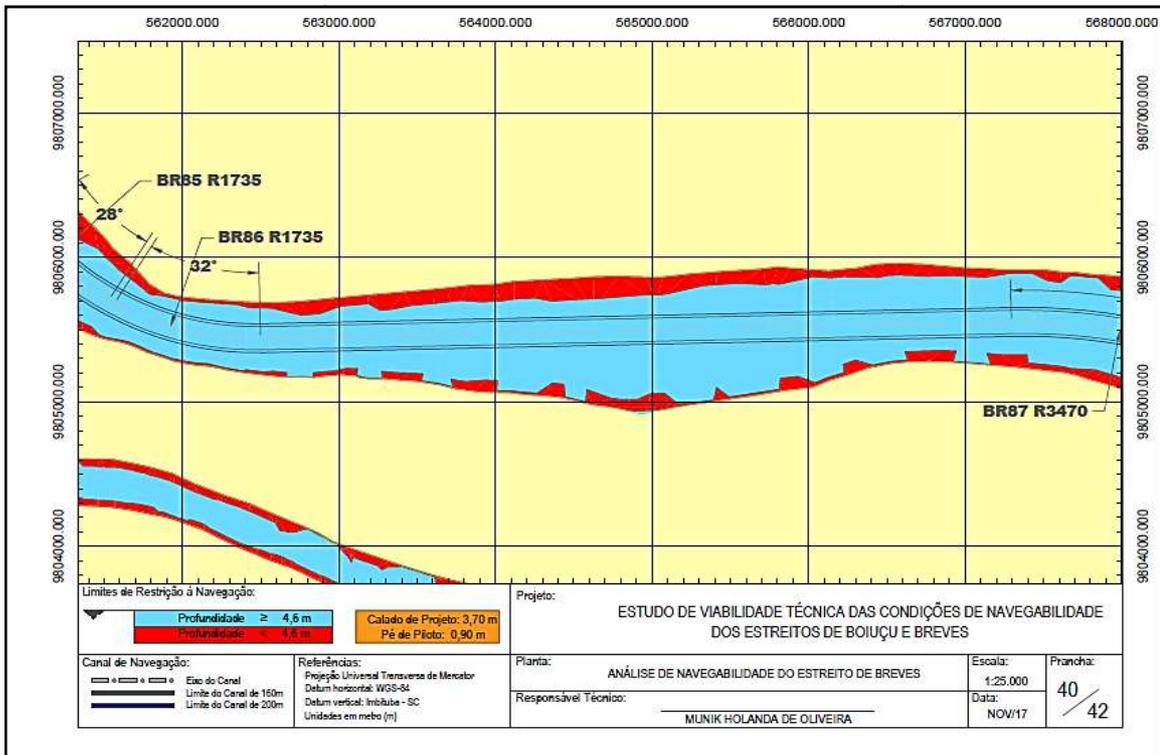
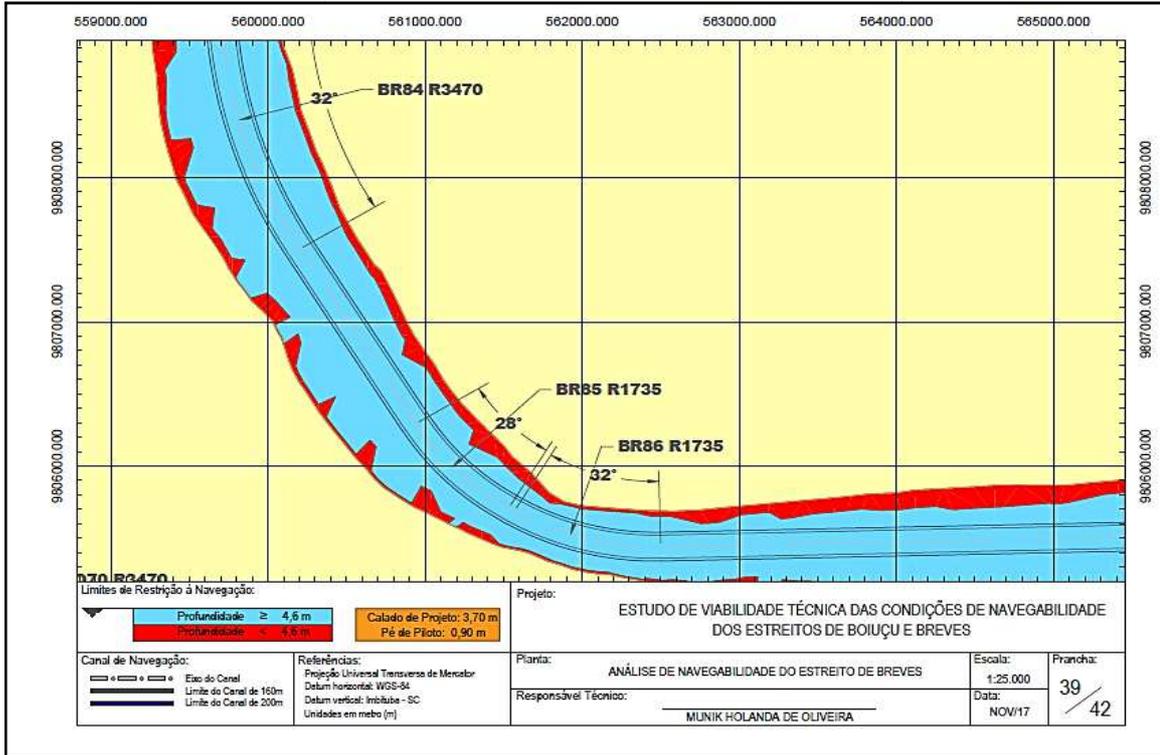


Figura 102 - Estreito de Breves - Planta 38

Fonte: Elaboração própria.



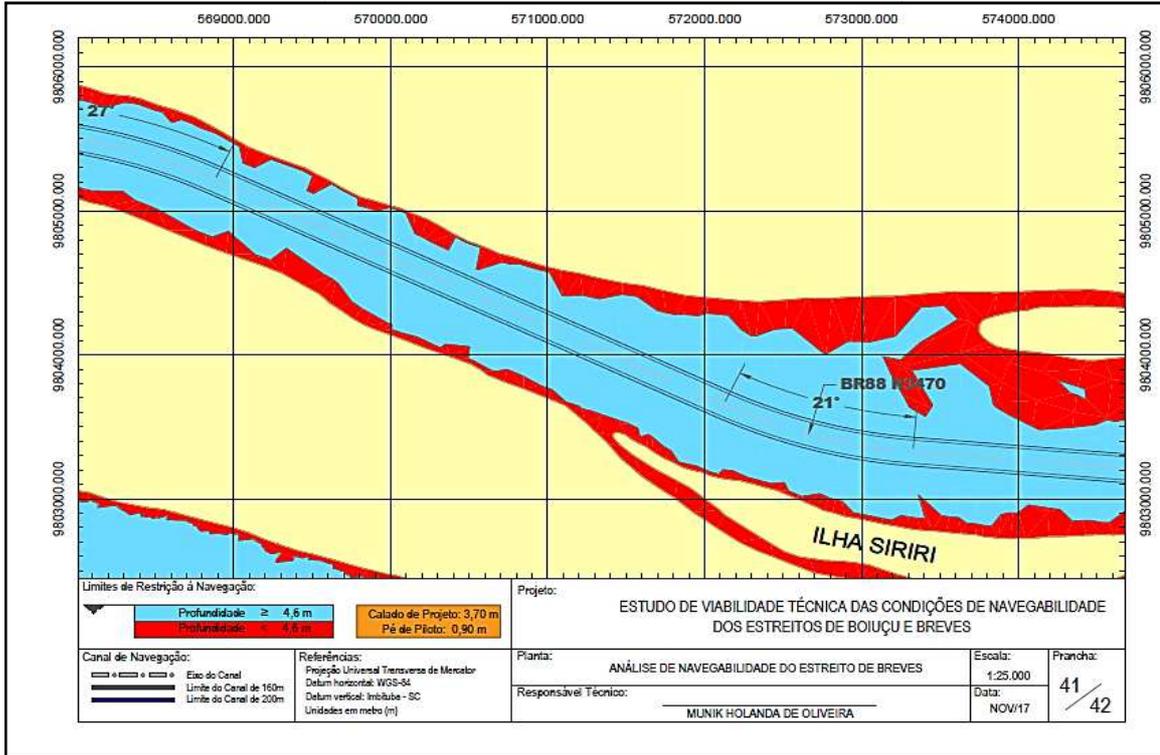


Figura 105 - Estreito de Breves - Planta 41

Fonte: Elaboração própria.

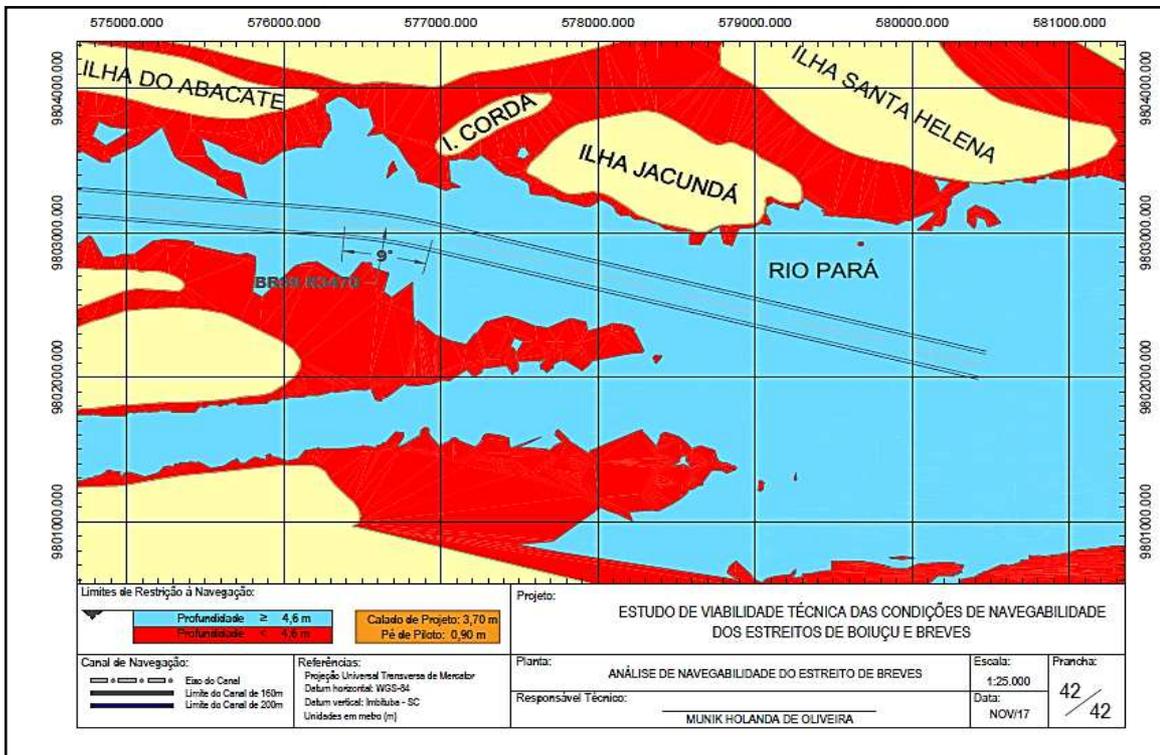


Figura 106 - Estreito de Breves - Planta 42

Fonte: Elaboração própria.

5.8 Análise das condições de navegabilidade dos Estreitos de Boiuçu e Breves

As condições de navegabilidade dos Estreitos foi realizada através da divisão, a partir do rio Amazonas até o final dos Estreitos nas proximidades do rio Pará, sendo 76 trechos de curvas no estreito de Boiuçu e 89 trechos de curvas no Estreito de Breves descritas na Tabela 29 e 30, as plantas contendo as condições de navegabilidade encontram-se nas Figuras 37 a 106.

Tabela 29 – Dados das curvas de Boiuçu

ESTREITO DE BOIUÇU							
CURVA	LARGURA DO CANAL	BOCA comboio	BOCA comboio	COMPRIMENTO (L) comboio	RAIO DE CURVATURA DO CANAL	ÂNGULO da Curva	PLANTA
	PIANC e USACE	PIANC	USACE				
BO01	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	19°	1
BO02	160 m	32 m	53 m	347 m	694	32°	1
BO03	160 m	32 m	53 m	347 m	694	48°	1
BO04	160 m	32 m	53 m	347 m	694	40°	1
BO05	160 m	32 m	53 m	347 m	694	38°	1
BO06	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	12°	2
BO07	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	20°	2
BO08	160 m	32 m	53 m	347 m	694	29°	2
BO09	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	17°	2
BO10	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	18°	2
BO11	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	29°	2
BO12	160 m	32 m	53 m	347 m	694	22°	2
BO13	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	24°	2
BO14	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	9°	3
BO15	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	11°	3
BO16	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	10°	3
BO17	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	18°	4
BO18	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	4°	4
BO19	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	7°	4
BO20	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	4
BO21	160 m	32 m	53 m	347 m	694	43°	5
BO22	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	18°	5
BO23	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	5
BO24	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	14°	5
BO25	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	14°	5
BO26	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	31°	6
BO27	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	6°	7
BO28	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	19°	7

BO29	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	7°	7
BO30	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	39°	8
BO31	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	11°	8
BO32	160 m	32 m	53 m	347 m	694	65°	8
BO33	160 m	32 m	53 m	347 m	694	33°	8
BO34	160 m	32 m	53 m	347 m	694	39°	8
BO35	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	8°	9
BO36	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	12°	9
BO37	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	10
BO38	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	10
BO39	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	11
BO40	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	12°	11
BO41	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	43°	12
BO42	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	11°	13
BO43	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	77°	14
BO44	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	78°	14
BO45	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	8°	15
BO46	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	7°	16
BO47	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	18°	16
BO48	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	26°	17
BO49	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	9°	17
BO50	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	6°	18
BO51	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	18
BO52	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	23°	18
BO53	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	7°	19
BO54	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	5°	20
BO55	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	10°	20
BO56	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	17°	21
BO57	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	16°	21
BO58	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	6°	21
BO59	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	12°	21
BO60	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	14°	22
BO61	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	4°	22
BO62	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	5°	23
BO63	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	57°	23
BO64	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	26°	23
BO65	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	7°	24
BO66	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	63°	24
BO67	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	48°	24
BO68	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	24
BO69	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	6°	25
BO70	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	22°	25
BO71	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	49°	25
BO72	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	51°	26

BO73	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	26
BO74	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	4°	26
BO75	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	4°	27
BO76	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	16°	27

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 30 – Dados das curvas de Breves

BREVES							
CURVA	LARGURA DO CANAL	BOCA comboio	BOCA comboio	COMPRIMENTO (L)	RAIO DE CURVATURA	ÂNGULO	PLANTA
	PIANC e USACE	PIANC	USACE				
BR01	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	42°	1
BR02	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	32°	2
BR03	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	19°	2
BR04	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	10°	3
BR05	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	22°	4
BR06	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	15°	5
BR07	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	24°	5
BR08	160 m	32 m	53 m	347 m	694	8°	6
BR09	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	37°	6
BR10	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	90°	7
BR11	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	11°	7
BR12	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	7
BR13	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	14°	8
BR14	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	17°	8
BR15	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	5°	9
BR16	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	11°	10
BR17	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	133°	11
BR18	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	22°	11
BR19	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	16°	12
BR20	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	33°	14
BR21	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	8°	14
BR22	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	16
BR23	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	28°	16
BR24	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	22°	16
BR25	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	11°	17
BR26	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	17
BR27	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	26°	17
BR28	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	19°	17
BR29	160 m	32 m	53 m	347 m	694	14°	18
BR30	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	12°	18
BR31	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	35°	19
BR32	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	12°	19

BR33	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	28°	19
BR34	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	26°	19
BR35	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	36°	20
BR36	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	46°	20
BR37	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	20
BR38	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	18°	21
BR39	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	21
BR40	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	27°	22
BR41	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	28°	22
BR42	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	33°	22
BR43	160 m	32 m	53 m	347 m	694	41°	22
BR44	160 m	32 m	53 m	347 m	694	80°	23
BR45	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	44°	23
BR46	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	12°	24
BR47	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	9°	24
BR48	160 m	32 m	53 m	347 m	694	72°	25
BR49	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	31°	25
BR50	160 m	32 m	53 m	347 m	694	45°	25
BR51	160 m	32 m	53 m	347 m	694	38°	25
BR52	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	26
BR53	160 m	32 m	53 m	347 m	694	78°	26
BR54	160 m	32 m	53 m	347 m	694	15°	26
BR55	160 m	32 m	53 m	347 m	694	40°	26
BR56	160 m	32 m	53 m	347 m	694	50°	27
BR57	160 m	32 m	53 m	347 m	694	56°	27
BR58	160 m	32 m	53 m	347 m	694	38°	27
BR59	160 m	32 m	53 m	347 m	694	25°	27
BR60	160 m	32 m	53 m	347 m	694	16°	27
BR61	160 m	32 m	53 m	347 m	694	16°	28
BR62	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	48°	28
BR63	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	18°	29
BR64	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	27°	29
BR65	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	13°	29
BR66	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	4°	30
BR67	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	16°	30
BR68	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	17°	31
BR69	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	24°	31
BR70	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	23°	31
BR71	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	12°	32
BR72	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	32
BR73	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	16°	32
BR74	160 m	32 m	53 m	347 m	694	43°	33
BR75	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	22°	34
BR76	160 m	32 m	53 m	347 m	694	19°	34

BR77	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	20°	35
BR78	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	26°	36
BR79	160 m	32 m	53 m	347 m	694	39°	36
BR80	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	36°	36
BR81	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	25°	37
BR82	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	56°	38
BR83	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	9°	38
BR84	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	32°	39
BR85	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	28°	39-40
BR86	160 m	32 m	53 m	347 m	1735	32°	39-40
BR87	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	27°	41
BR88	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	21°	41
BR89	160 m	32 m	53 m	347 m	3470	9°	42

Fonte: Elaboração própria.

Os dados das tabelas 29 e 30 estão analisados curva por curva contendo a especificidade de cada uma nos itens do trabalho nos itens a seguir.

5.8.1 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do Rio Amazonas para o Estreito de Boiuçu – Raio 3470 m

Curvas analisadas: BO01, BO09, BO14 a B16, BO18 a BO20, BO23, BO25 a BO29, BO35 a BO40, BO42, BO45 a BO62, BO64, BO65, BO68 a BO70, BO73 a BO76.

Raio: 3470 (10 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadraram-se o raio em dez vezes o comprimento total do comboio, haja vista que este é o valor máximo permitido para essas curvas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC, em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, utilizando-se o menor grau de leme possível, em que a largura do canal foi estabelecida em 160 m, e o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

A PIANC orienta uma razão de guinada constante com rotação e passos constantes da máquina e propulsor. Essa metodologia pode não ser praticada pelos comandantes das embarcações, pois eles se utilizam das variações de rotação para melhor governo do comboio.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas, no caso, somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de 694 m, sendo este superior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, não havendo restrição ou dificuldade de passagem para esses trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal, admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local (não há balizamento implementado em toda a via) e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Norma USACE

Curva BO01:

- a) Curva BO01, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 19^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

- b) Curva BO01, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO01: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO09:

a) Curva BO09, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 17^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO09, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO09: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO14:

a) Curva BO14, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 9^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para essa angulação

b) Curva BO14, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO14: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO15:

a) Curva BO15, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO15, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO15: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO16:

a) Curva BO16, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 10^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO16, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não

possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO16: Para esta curva não há restrição quanto ao raio utilizado, pois a embarcação de 347 m passa sem oferecer riscos à navegação.

Curva BO18:

c) Curva BO18, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 4^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

d) Curva BO18, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO18: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO19:

a) Curva BO19, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 7^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO19, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO19: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO20:

a) Curva BO20, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO20, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO20: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO23:

a) Curva BO23, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO23, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO23: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO25:

a) Curva BO25, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 14^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

R/L compreendido entre 3 a 5; e

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO25, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO25: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO26:

a) Curva BO26, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 31^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO26, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO26: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO27:

a) Curva BO27, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 6^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO27, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO27: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO28:

a) Curva BO28, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 19^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha \leq 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO28, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO28: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO29:

a) Curva BO29, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 7^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO29, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO29: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO35:

a) Curva BO35, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 8^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO35, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO35: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO36:

a) Curva BO36, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO36, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO36: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO37:

a) Curva BO37, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO37, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO37: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO38:

a) Curva BO38, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO38, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO38: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO39:

a) Curva BO39, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO39, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO39: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO40:

a) Curva BO40, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO40, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO40: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO42:

a) Curva BO42, curva em atalho (*eutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO42, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO42: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO45:

a) Curva BO45, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 8^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO45, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO45: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO46:

a) Curva BO46, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 7^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO46, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não

possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO46: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO47:

a) Curva BO47, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO47, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO47: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO48:

a) Curva BO48, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BO48, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO48: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 26° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar, a fim de não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para outro bordo.

Curva BO49:

a) Curva BO49, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 9^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO49, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO49: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO50:

a) Curva BO50, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 6^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO50, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO50: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO51:

a) Curva BO51, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO51, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO51: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO52:

a) Curva BO52, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 23^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO52, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO52: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO53:

a) Curva BO53, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 7^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO53, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO53: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO54:

a) Curva BO54, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 5^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO54, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO54: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO55:

a) Curva BO55, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 10^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO55, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não

possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO55: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO56:

a) Curva BO56, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 17^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO56, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO56: Para esta curva não há restrição quanto a profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO57:

a) Curva BO57, curva em atalho (*eutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO57, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO57: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO58:

a) Curva BO58, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 6^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO58, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição 058: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO59:

a) Curva BO59, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO59, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO59: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO60:

a) Curva BO60, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 14^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO60, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO60: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO61:

a) Curva BO61, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 4^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO61, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO61: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO62:

a) Curva BO62, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 5^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO62, curva em atalho (*eutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO62: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO64:

a) Curva BO64, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal) $\alpha > 30^\circ$

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO64, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO64: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO65:

a) Curva BO65, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 7^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO65, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO65: Para esta curva não há restrição quanto a profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO68:

a) Curva BO68, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO68, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO68: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO69:

a) Curva BO69, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 6^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO69, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO69: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO70:

a) Curva BO70, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BO70, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO70: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO73:

a) Curva BO73, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO73, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO73: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO74:

a) Curva BO74, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 4^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BO74, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO74: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO75:

a) Curva BO75, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 4^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BO75, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO75: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO76:

a) Curva BO76, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO76, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO76: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Considerações: Com relação ao raio de 3470, não há dificuldade de passagem quanto ao comprimento da embarcação. No que tange a boca limite do comboio, a PIANC restringe a 32 m e a USACE a 53 m. As angulações acima de 20° , exigem uma melhor avaliação da manobra.

5.8.2 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiçu – Raio 1735

Curvas analisadas: BO06, BO07, BO10, BO11, BO13, BO17, BO22, BO24, BO30, BO31, BO41, BO63, BO71

Raio: 1735 m (5 x L)
Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadrrou-se o raio em cinco vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para estas curvas analisadas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise destas curvas que coincide com o raio enquadrado da curva.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, e utilizando o menor grau de leme possível, onde a largura do canal foi estabelecida em 160 m, o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 347 m, onde neste caso não há dificuldade de passagem para estes trechos, pois reflete o tamanho do comboio empregado.

A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Curva BO06:

a) Curva BO06, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO06, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO06: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO07:

a) Curva BO07, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO07, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO07: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO10:

a) Curva BO10, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO10, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO10: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO11:

a) Curva BO11, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 29^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO11, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO11: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 26° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO17:

a) Curva BO17, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO17, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO17: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO22:

a) Curva BO22, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO22, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO22: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO24:

a) Curva BO24, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 14^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO24, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO24: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO30:

a) Curva BO30, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 39^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO30, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir

pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO30: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 39°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO31:

a) Curva BO31, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO31, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO31: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BO41:

a) Curva BO41, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 43^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO43, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos - vento e corrente - pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO41: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 43° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO63:

a) Curva BO63, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 57^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BO63, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO63: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 57° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO71:

a) Curva BO71, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 49^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO71, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO71: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1735 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 49° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Considerações: Para as curvas BO30, BO41, BO63 e BO71, faz-se necessário uma maior destreza nas manobras executadas, pois as curvas possuem angulações superiores a 39° , fazendo uso de grande quantidade de leme para guinar. E para que comboio estudado tenha sucesso na passagem destes trechos, faz-se necessário o emprego de embarcações com maior manobrabilidade. Comboios com empurradores convencionais, certamente terão dificuldade na passagem destes trechos.

5.8.3 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiuçu – Raio 1041

Curvas analisadas: BO43, BO44, BO66, BO67 e BO72

Raio: 1041 m (3 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadrrou-se o raio em três vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que esse é o valor máximo permitido para as curvas analisadas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC, em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise das curvas.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, utilizando o menor grau de leme possível, com a largura do canal em 160 m, com o valor do raio de giro empregado de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas, no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 208,20 m, sendo este inferior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, portanto há dificuldade de passagem para estes trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Curva BO43:

a) Curva BO43, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 77^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BO43, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não

possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO43: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 77°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO44:

a) Curva BO44, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 78^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BO44, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO44: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 78°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO66:

a) Curva BO66, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 63^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BO66, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO66: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 63° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO67:

a) Curva BO67, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 48^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO67, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO67: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a

angulação é de 48°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO72:

a) Curva BO72, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 51^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BO72, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO72: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 51°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Considerações: Para as curvas, o padrão de segurança não é atendido para o comprimento do comboio de 347 m, pois o raio não permite e as angulações são superiores a 48°, fazendo uso de grande quantidade de leme para guinar. Embarcações convencionais certamente terão dificuldades na passagem desses trechos.

5.8.4 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Boiuçu – Raio 694

Curvas analisadas: BO02, BO03, BO04, BO05, BO08, BO12, BO21, BO32 a BO34

Raio: 694 (2 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nestas curvas estudadas, enquadrrou-se o raio em duas vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para estas curvas analisadas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise destas curvas.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, e utilizando o menor grau de leme possível, onde a largura do canal foi estabelecida em 160 m, o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

A PIANC orienta uma razão de guinada constante com rotação e passo constantes da máquina e propulsor. Esta metodologia pode não ser praticada pelos comandantes das embarcações, pois estes se utilizam das variações de rotação para melhor governo do comboio.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 139 m, sendo este inferior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, portanto há dificuldade de passagem para estes trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Norma USACE

Curva BO02:

a) Curva BO02, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO02, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO02: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. O fator favorável para esta curva seria o espaço para a manobra ser abrangente, mas que exige perícia do comandante da embarcação para entrar aprofundado ao canal.

Curva BO03:

a) Curva BO03, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 48^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BO03, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO03: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. O fator favorável para esta curva seria o espaço para a manobra ser abrangente, mas que exige perícia do comandante da embarcação para entrar aprofundado ao canal.

Curva BO04:

a) Curva BO04, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 40^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO04, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO04: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BO05:

a) Curva BO05, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 33^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BO05, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Este trecho não permite sobrelargura na curva em questão, a segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO05: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 38°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO08:

a) Curva BO08, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 29^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO08, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Parte que compreende a largura dimensionada do canal de 160 m está em terra, e com isto também não permite sobrelargura. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO08: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 29°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO12:

a) Curva BO12, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BO12, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO12: Para esta curva há restrição de profundidade a BE do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BO21:

a) Curva BO21, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 43^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO21, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO21: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BO32:

a) Curva BO32, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 65^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BO32, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO32: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 65° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BO33:

a) Curva BO33, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 33^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha > 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 5 a 7;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BO33, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO33: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BO34:

a) Curva BO34, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 39^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BO34, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO34: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 39° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Considerações: Para estas curvas, o padrão de segurança não é atendido para o comprimento do navio definido de 347 m, pois as curvas são mais fechadas e as angulações superiores a 30° . Embarcações convencionais, certamente terão dificuldade na passagem nestes trechos. Na curva BO05 e BO08, não há possibilidade de ter sobrelargura no canal, portanto, consideram-se trechos críticos. Observa-se na prancha 1, e prancha 2, que o dimensionamento do canal não chega a 160 m, deve-se ter cautela, quando navegando no local, pois há a existência de profundidade menor que 4,6 m.

5.8.5 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 3470

Curvas analisadas: BR01 a BR07, BR09, BR11 a BR16, BR18 a BR27, BR31, BR34, BR35, BR37, BR39, BR 40, BR45 a BR47, BR52, BR65 a BR69, BR71 a BR73, BR75, BR77, BR78, BR83, BR84 e BR87 a BR89.

Raio: 3470 (10 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadraram-se o raio em dez vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para essas curvas analisadas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise das curvas.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, e utilizando o menor grau de leme possível, onde a largura do canal foi estabelecida em 160 m, o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de 694 m, sendo este superior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, não havendo dificuldade de passagem para estes trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Norma USACE

Curva BR01:

a) Curva BR01, curva curvada (curved), **águas rasas:**

$\alpha = 42^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR01, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR01: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 42°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR02:

a) Curva BR02, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 32^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR02, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR02: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 32°,

procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR03:

a) Curva BR03, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 19^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR03, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR03: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 32° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR04:

a) Curva BR04, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 10^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BR04, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR04: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR05:

a) Curva BR05, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR05, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR05: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR06:

a) Curva BR06, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 15^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR06, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR06: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR07:

a) Curva BR07, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 24^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR07, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR07: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR09:

a) Curva BR09, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 37^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR09, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR09: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 37° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR11:

a) Curva BR11, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR11, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR11: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR12:

a) Curva BR12, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR12, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR12: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR13:

a) Curva BR13, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 14^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR13, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR13: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR14:

a) Curva BR14, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 17^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR14, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR14: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR15:

a) Curva BR15, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 5^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BR15, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR15: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR16:

a) Curva BR16, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR16, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR16: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR18:

a) Curva BR18, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 2$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR18, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR18: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR19:

a) Curva BR19, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR19, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR19: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR20:

a) Curva BR20, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 33^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR20, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR20: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 33° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR21:

a) Curva BR21, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 8^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BR21, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR20: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR22:

a) Curva BR22, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR22, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR22: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR23:

a) Curva BR23, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 28^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BR23, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR23: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR24:

a) Curva BR24, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR24, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR24: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR25:

a) Curva BR25, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 11^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR25, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR25: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR26:

a) Curva BR26, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR26, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR26: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR27:

a) Curva BR27, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR27, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR27: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR31:

a) Curva BR31, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 35^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR31, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR31: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 35°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR34:

a) Curva BR34, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR34, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR34: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 26°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR35:

a) Curva BR35, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 36^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR35, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR35: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 36° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR37:

a) Curva BR37, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR37, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR37: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR39:

a) Curva BR39, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR39, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR39: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR40:

a) Curva BR40, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 27^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BR40, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho com restrição de profundidade a BB, ou seja, menor do que 4,6 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR40: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 27°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR46:

a) Curva BR46, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR46, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho com restrição de profundidade parcial a BE, ou seja, menor do que 4,6 m, alcançando o dimensionamento do canal de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR46: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR47:

a) Curva BR47, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 9^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BR47, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR47: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR52:

a) Curva BR52, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR52, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR52: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR63:

a) Curva BR63, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR63, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho com restrição de profundidade a BB que vai até o centro do canal de navegação, ou seja, menor do que 4,6 m, alcançando o dimensionamento do canal de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR63: Para esta curva há restrição quanto à profundidade do canal e não há restrição quanto ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR65:

a) Curva BR65, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 13^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR65, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir

sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR65: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR66:

a) Curva BR66, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 4^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

b) Curva BR66, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR66: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR67:

a) Curva BR67, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR67, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR67: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR68:

a) Curva BR68, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 17^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR68, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR68: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR69:

a) Curva BR69, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 24^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR69, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR69: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR71:

a) Curva BR71, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR71, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR71: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR72:

a) Curva BR72, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR72, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR72: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR73:

a) Curva BR73, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR73, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR73: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR75:

a) Curva BR75, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 22^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR75, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR75: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR77:

a) Curva BR77, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 20^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR77, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR77: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR78:

a) Curva BR78, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 26^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR78, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR78: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 26° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR83:

a) Curva BR83, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 9^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BR83, curva em em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado a faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR83: Para esta curva não há restrição quanto a profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR84:

a) Curva BR84, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 32^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR84, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR84: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 32° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR87:

a) Curva BR87, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 27^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR87, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR87: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 27° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR88:

a) Curva BR88, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 21^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR88, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir

sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR88: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR89:

a) Curva BR89, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 9^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

b) Curva BR89, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR89: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 3470 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Considerações: Com relação ao raio de 3470, não há dificuldade de passagem quanto ao comprimento da embarcação. No que tange a boca limite do comboio, a PIANC restringe a 32 m e a USACE a 53 m.

5.8.6 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 1041

Curvas analisadas: BR10, BR28, BR30, BR32, BR62 e BR82

Raio: 1041 m (3 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadrrou-se o raio em três vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para essas curvas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC, em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, utilizando o menor grau de leme possível, associado à largura do canal que foi estabelecida em 160 m, ao valor do raio de giro empregado que é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 208,20 m, sendo este inferior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, portanto há dificuldade de passagem para estes trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Curva BR10:

a) Curva BR10, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 90^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR10, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não

possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR10: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m e angulação da curva, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 90°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR28:

a) Curva BR28, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 19^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR28, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR28: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR30:

a) Curva BR30, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR30, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho sem o dimensionamento total de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR30: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR32:

c) Curva BR32, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 12^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

d) Curva BR32, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR32: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR62:

a) Curva BR62, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 48^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR62, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR62: Para esta curva há pequena restrição de profundidade a BE do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 48° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR82:

a) Curva BR82, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 56^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR82, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Considerações: Para estas curvas, o padrão de segurança não é atendido para o comprimento do navio definido de 347 m, no que diz respeito à boca limite do comboio, a PIANC restringe a 32 m e a USACE a 53 m. Embarcações convencionais, certamente terão dificuldade na passagem destes trechos.

Análise de Restrição BR82: Para esta curva há pequena restrição de profundidade a BE do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 56°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

5.8.7 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 1735

Curvas analisadas: BR17, BR33, BR36, BR38, BR41, BR42, BR45, BR49, BR64, BR70, BR80, BR81, BR85 e BR86.

Raio: 1735 m (5 x L)
Largura 160 m

Norma PIANC

Nessas curvas estudadas, enquadrou-se o raio em cinco vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para essas curvas analisadas. E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC, em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise das curvas.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, e utilizando o menor grau de leme possível, onde a largura do canal foi estabelecida em 160 m, o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade do trecho se encontrar devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas, no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 347 m, neste caso não há dificuldade de passagem para estes trechos, pois reflete o tamanho do comboio empregado. A Boca limite do comboio em função

da largura do canal, admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, a velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Curva BR17:

a) Curva BR17, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 133^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR17, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação muito alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR17: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e ao raio utilizado de 1041 m, mas apresenta restrição com relação à angulação da curva, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 133° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR33:

a) Curva BR33, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 28^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR33, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR33: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 28° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR36:

a) Curva BR36, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 46^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR36, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR36: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 46° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR38:

- a) Curva BR38, curva em ângulo, **águas rasas:**

$\alpha = 18^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Não há largura a ser incrementada para esta angulação.

- b) Curva BR38, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR38: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR41:

- a) Curva BR41, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 28^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

- b) Curva BR41, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR41: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR42:

- a) Curva BR42, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 33^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

- b) Curva BR42, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. Trecho com restrição de profundidade parcial a BE, ou seja, menor do que 4,6 m, alcançando o dimensionamento do canal de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR42: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal e ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR45:

- a) Curva BR45, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 44^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

- b) Curva BR45, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir pelo ou menos um sistema de balizamento moderado. Trecho com restrição de profundidade a BE que vai até o centro do canal de navegação, ou seja, menor do que 4,6 m, alcançando o dimensionamento do canal de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR45: Para esta curva há restrição de profundidade antes da curva e a BE do canal, e não há restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Ter atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 44°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR49:

a) Curva BR49, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 31^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR49, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR49: Para esta curva há restrição de profundidade antes da curva e a BE do canal, e não há restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Ter atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 31°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar, a fim de não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR64:

a) Curva BR64, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 27^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR64, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Trecho com restrição de profundidade à BB, que vai até o centro do canal de navegação, ou seja, menor do que 4,6 m, alcançando o dimensionamento do canal de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR64: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e sem restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Ficar atento quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 27° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar, a fim de não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para outro o bordo.

Curva BR70:

a) Curva BR70, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 23^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR70, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR70: Para esta curva não há restrição de profundidade no canal e ao raio utilizado de 1041 m, por conseguinte a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação.

Curva BR80:

a) Curva BR80, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 36^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR80, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR80: Para esta curva não há restrição de profundidade no canal, com o raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega sem riscos à navegação. Chama-se atenção em relação ao leme, ao considerar que a angulação é de 36° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar, a fim de não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para outro o bordo.

Curva BR81:

a) Curva BR81, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 25^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR81, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR81: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e sem restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 25°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR85:

a) Curva BR85, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 28^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 1 a 0,7 m

b) Curva BR85, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR85: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e sem restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a

angulação é de 28°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar, a fim de não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para outro o bordo.

Curva BR86:

a) Curva BR86, curva em ápice (*apex*), **águas rasas:**

$\alpha = 32^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

R/L compreendido entre 5 a 7.

Largura a ser incrementada para essa angulação é de 1 a 0,7 m.

b) Curva BR86, curva em ápice (*apex*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR86: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e sem restrição com relação ao raio utilizado de 1041 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 32°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para outro o bordo.

Considerações: Com relação ao raio, não há dificuldade de passagem quanto ao comprimento da embarcação. No que tange a boca limite do comboio, a PIANC restringe a 32 m e a USACE a 53 m.

5.8.8 Análise das curvas e alinhamento do canal a partir do rio Amazonas para o Estreito de Breves – Raio 694

Curvas analisadas: BR08, BR29, BR43, BR44, BR48, BR50 a BR61, BR74, BR76 e BR79.

Raio: 694 (2 x L)

Largura 160 m

Norma PIANC

Nas curvas estudadas, enquadraram-se o raio em duas vezes o comprimento total do comboio, tendo em vista que este é o valor máximo permitido para estas curvas analisadas.

E para a manutenção da segurança de acordo com a recomendação da PIANC em nível conceitual, adotou-se o raio limitador de 5 vezes o comprimento total do comboio para análise destas curvas.

O raio da curva está relacionado ao resultado encontrado entre a razão profundidade/calado, e utilizando o menor grau de leme possível, onde a largura do canal foi estabelecida em 160 m, o valor do raio de giro empregado é de 5 vezes o comprimento do comboio, de acordo com o comboio de 347 m.

De acordo com a PIANC, haveria a necessidade de o trecho encontrar-se devidamente balizado e sem a influência de correntes e ventos pelo través considerável, mas no caso somente o vento é considerado brando, e não há balizamento expressivo e a corrente atua de forma dinâmica no comboio. Portanto, adotou-se o raio dividido por 5 e o valor limite de comprimento de cerca de 139 m, sendo este inferior ao valor do comprimento da embarcação utilizada, portanto há dificuldade de passagem para estes trechos. A Boca limite do comboio em função da largura do canal admitindo um balizamento moderado, o que não reflete a realidade do local, e a uma velocidade baixa, vento fraco e corrente moderada pelo través seria de 32 m (largura do canal dividida por 5).

Curva BR08:

- a) Curva BR08, curva em ângulo, **águas rasas:**

$$\alpha = 8^\circ \text{ (em } \alpha \text{ representa o ângulo de inclinação do canal)}$$

Não há largura a ser incrementada para esta angulação

- b) Curva BR08, curva em ângulo, **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO08: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR29:

a) Curva BR29, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 14^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m

b) Curva BR29, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho sem o dimensionamento total de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR29: Para esta curva há restrição de profundidade a BB do canal, e restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR43:

a) Curva BR43, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 41^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR43, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BO43: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR44:

a) Curva BR44, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 80^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR44, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR44: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 80° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR48:

a) Curva BR48, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 72^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR48, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR48: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 72° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR50:

a) Curva BR50, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 45^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR50, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR50: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a

angulação é de 45°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR51:

a) Curva BR51, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 38^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR51, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR51: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 38°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR53:

a) Curva BR53, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 78^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

$R > 10$

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m

b) Curva BR53, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado, a curva é extremamente sinuosa.

Análise de Restrição BR53: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m e angulação da curva, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 78°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR54:

a) Curva BR54, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 15^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR54, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR54: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e, sim, restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR55:

a) Curva BR55, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 40^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR55, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR55: Para esta curva não há restrição quanto a profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 40° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR56:

a) Curva BR56, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 50^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR56, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR56: Apresenta restrição de profundidade antes da curva e durante a curva a BE/BB do canal, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694

m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 50°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR57:

a) Curva BR57, curva em círculo (*circle*), **águas rasas:**

$\alpha = 56^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal);

$R > 10$;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,5 m.

b) Curva BR57, curva em círculo (*circle*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir, pelo menos, um sistema de balizamento moderado. Curva com angulação alta. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado, a curva é extremamente sinuosa.

Análise de Restrição BR57: Apresenta pequena restrição de profundidade BB do canal, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 56°, procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR58:

a) Curva BR58, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 38^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR58, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR58: Apresenta restrição de profundidade a BE/BB do canal, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 38° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR59:

a) Curva BR59, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 25^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR59, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. Trecho menor que a largura dimensionada de 160 m. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR59: Apresenta restrição de profundidade a BE do canal, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 25° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Curva BR60:

a) Curva BR60, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR60, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR60: Apresenta restrição de profundidade a BB do canal de 200 m, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR61:

a) Curva BR61, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 16^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$

R/L compreendido entre 3 a 5

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR61, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR61: Apresenta restrição de profundidade a BB do canal de 200 m, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR74:

a) Curva BR74, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 43^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR74, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos de vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR74: Apresenta restrição de profundidade a BB do canal de 200 m, bem como restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR76:

a) Curva BR76, curva em atalho (*cutoff*), **águas rasas:**

$\alpha = 19^\circ$ (Em que α representa o ângulo de inclinação do canal), $\alpha < 25^\circ$; e

R/L compreendido entre 3 a 5;

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 2 a 1 m.

b) Curva BR76, curva em atalho (*cutoff*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média, duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR76: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação.

Curva BR79:

a) Curva BR79, curva curvada (*curved*), **águas rasas:**

$\alpha = 39^\circ$ (em α representa o ângulo de inclinação do canal)

Largura a ser incrementada para esta angulação é de 0,7 a 0,5 m

b) Curva BR79, curva curvada (*curved*), **águas profundas:**

Vinculado à faixa de manobrabilidade do comboio, em média duplicando os valores limite de comprimento para águas rasas.

Largura do canal na curva sem incorporação dos elementos vento e corrente pelo través, $W = 3,0B$, sendo B limite de 53 m.

Existe um elemento considerado crítico para a delimitação nas curvas dos Estreitos na norma padrão estabelecida, pois o USACE não insere a possibilidade de um canal não possuir sistema de balizamento. A segurança da manobra deve ser estipulada a partir da análise do risco implicado.

Análise de Restrição BR79: Para esta curva não há restrição quanto à profundidade do canal, e sim restrição com relação ao raio utilizado de 694 m, a embarcação de 347 m navega com riscos à navegação. Atenção quanto à utilização do leme, tendo em vista que a angulação é de 39° , procurar usar o mínimo grau de leme para guinar para não alterar a capacidade de resposta do comboio, caso necessite guinar para o outro bordo.

Considerações: Para estas curvas, o padrão de segurança não é atendido para o comprimento do navio definido de 347 m, no que tange a boca limite do comboio, a PIANC restringe a 32 m e a USACE a 53 m. Embarcações convencionais, certamente terão dificuldade na passagem destes trechos. Existência de muitos trechos no canal de navegação com profundidade menor que 4,6 m, comprometendo o dimensionamento do canal de navegação de 160 m.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a identificação da área com restrição à navegação do comboio estudado e a definição do traçado do canal, foram estudadas duas metodologias de dimensionamento:

a) Orientações do Permanent International Association of Navigation Congresses - PIANC, Approach Channels a Guide for Design, que é um guia para a elaboração de canais de acesso e b) As recomendações do manual de engenharia da USACE, que trata sobre disposição e forma do calado em águas rasas e interiores.

6.1 Características gerais

Em suma, na regra geral da NPCP/CPAOR, as dimensões referenciadas, nessa publicação, são de $L= 181$ m, $B=31$ m, em que esta mesma Norma acrescenta a possibilidade de que os comboios excedam as dimensões previstas, citadas acima, até o limite máximo de $L= 290$ m, $B= 55$ m, mediante aprovação da Capitania dos Portos da Amazônia Oriental.

A regra individual ocorre quando uma empresa solicita análise do comboio-tipo a ser empregado nas vias navegáveis de jurisdição de uma determinada Capitania, que, no caso deste estudo em questão, trata-se da CPAOR.

Caso, o comboio esteja fora do padrão usual especificado na NPCP, a Marinha do Brasil realiza testes práticos de comboio com o objetivo de verificar se há restrições nos sistemas de propulsão e do governo do comboio, que venham a afetar a segurança da navegação. Aprovando, posteriormente, a Portaria e inserindo a mudança em NPCP, quando esta for revisada. Portanto, mediante aprovação da Portaria, a regra individual é válida, unicamente para o rebocador e barcaças especificadas.

A seguir, as informações ambientais consideradas para o canal de águas restritas dos Estreitos estão representadas na Tabela 31.

Tabela 31 - Informações ambientais consideradas

Informações	Área abrigada (Estreitos)
Baixa-Mar (Bm) (m)	0
Onda	$H_s \leq 1$
Tipo de fundo	Lamoso
Forma do canal	Áreas laterais em talude
Vento Transversal (nós)	≤ 15
Corrente Transversal (nós)	$> 0,2 \leq 0,5$
Corrente Longitudinal (nós)	≤ 3

Fonte: Elaboração própria.

Sendo então, o dimensionamento pela metodologia PIANC dividido em profundidade, largura e alinhamento, e utilizou-se as dimensões da Tabela 32 .

Tabela 32 - Dimensões do canal de navegação

Característica	Estreito de Boiçu	Estreito de Breves
Largura	≅200 m, depende do trecho	≅200 m depende do trecho
Profundidade	5,5 m	7 m
Pé de Piloto	1,0 m	1,0 m
Inclinação de Taludes	1:7 (V:H)	1:7 (V:H)
Sobrelargura nas curvas	$L^2/8R$	$L^2/8R$

Fonte: Elaboração própria.

6.2 Dimensionamento pela metodologia PIANC

Segundo a PIANC (1997), após a escolha do tipo e da dimensão do navio-projeto é possível realizar o dimensionamento da hidrovia, sendo esta observação pontual e necessária para o estudo do dimensionamento do canal de navegação da futura Hidrovia dos Estreitos.

6.2.1 Profundidade do canal de acesso

Conforme PIANC, a profundidade necessária para o comboio de projeto é delimitada através da soma do calado, da ação dos movimentos verticais sofridos pelo comboio, do *squat*, do tipo de fundo e de tolerâncias. O calado considerado é de 3,7 m.

a) Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Boiçu:

Para cálculo de uma folga mínima, devem ser considerados os seguintes fatores: os movimentos verticais das embarcações, devido à ação das ondas; do “Squat” do comboio, folga adicional e margem de segurança variável de acordo com a natureza do solo do fundo do canal. A folga mínima abaixo da quilha é dada nas Tabelas 33 e 34.

Tabela 33 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Boiçu - PIANC

FAQ NORMA PIANC (Estreito Boiçu) – 6 nós	FAQ adotada - PIANC
Movimento vertical do comboio devido à ação de Ondas	0,0
Squat	0,48
Folga adicional (fundo)	0,2
Margem de segurança (fundo)	0,2
Densidade da água e seu efeito no calado do comboio	0,15
Total	1,03

Fonte: Elaboração própria.

b) Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Breves:

Tabela 34 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Breves - PIANC

FAQ NORMA PIANC (Estreito Breves) – 6 nós	FAQ adotada - PIANC
Movimento vertical do comboio devido à ação de Ondas	0,0
Squat	0,48
Folga adicional (fundo)	0,2
Margem de segurança (fundo)	0,2
Densidade da água e seu efeito no calado do comboio	0,15
Total	1,03

Fonte: Elaboração própria.

O valor do efeito *Squat* disponibilizado pela PIANC pode ser retirado através da Figura 123.

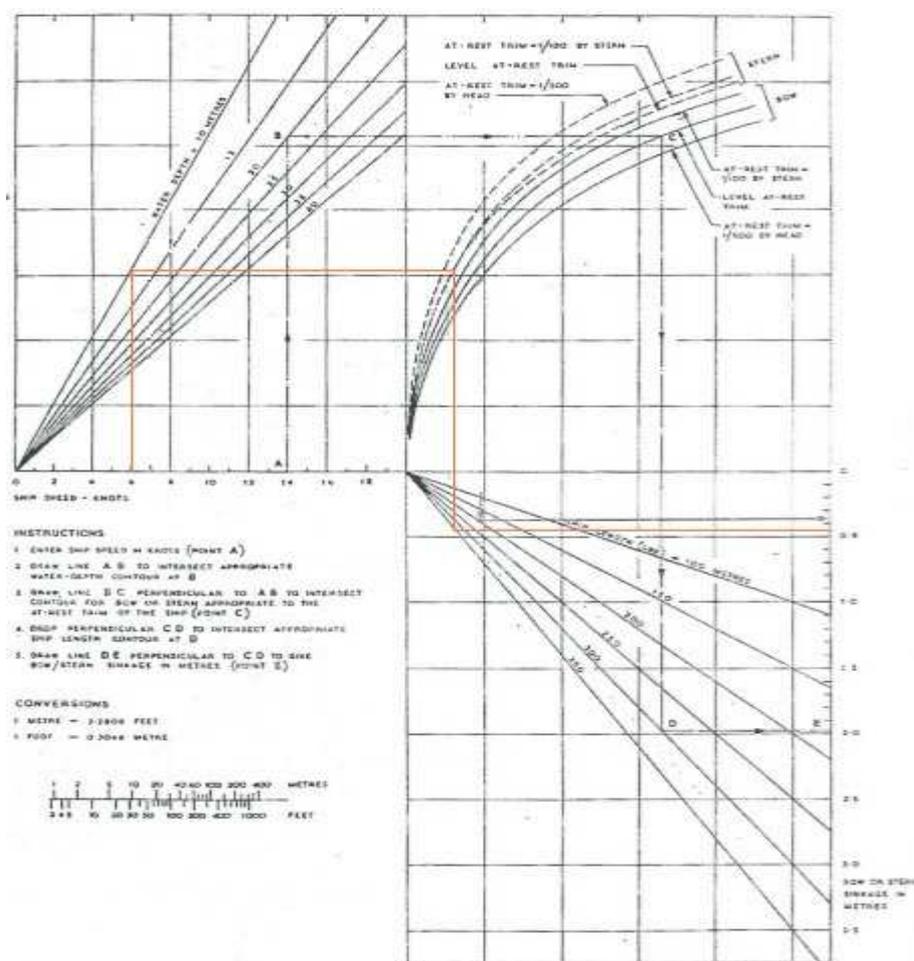


Figura 107 - Squat

O *squat* resultou em 0,48 para os Estreitos, considerando que a velocidade desenvolvida é de 6 nós, encontrando a linha de profundidade de 10 m que é a que mais se

aproxima da profundidade encontrada de 5,5 para o Estreito de Boiuçu; e 7 m para Estreito de Breves, trim considerado em águas parcelhas para um comprimento do comboio de 347 m.

De acordo com PIANC, o cálculo da profundidade do canal é obtido a partir da Equação 17.

$$P = Bm + T + FAQ \quad ,(17)$$

Em que: P é a profundidade, Bm (baixamar) é 0,0 m, de acordo com a Tabela 31, *Squat* é o valor encontrado na Figura 123, efeito onda é zero, se o comprimento do navio for menor que o comprimento da onda (L), tolerância = de acordo com a natureza do solo, no caso de solo lamoso, considerou-se 0,6 m.

Para o Estreito de Boiuçu, substituindo os valores encontrados na Equação 18, considerou-se a profundidade de:

$$P = 0 + 3,7 + 1,03 = 4,73 \quad ,(18)$$

Para o Estreito de Breves, substituindo os valores encontrados na equação 19, considerou-se a profundidade de:

$$P = 0 + 3,7 + 1,03 = 4,73 \quad ,(19)$$

Verificação da profundidade:

O Número de *Froude*, fator que dimensiona a resistência hidrodinâmica ao movimento de um navio em águas rasas, deve possuir um valor absoluto inferior a 0,70. A razão entre profundidade e calado deve ser superior que 1,1, conforme Equação 20 e 21.

Para Estreito de Boiuçu:

$$\frac{\textit{Profundidade}}{\textit{Calado}} = \frac{4,73}{3,7} \cong 1,3 \quad \text{Confere! ,(20)}$$

Para Estreito de Breves:

$$\frac{\textit{Profundidade}}{\textit{Calado}} = \frac{4,73}{3,7} \cong 1,3 \quad \text{Confere! ,(21)}$$

6.2.2 Largura do canal de acesso

W_{BM} : pista de manobra básica, considerada moderada	= 1,5B
$W_{BR} = W_{BG}$: larguras adicionais por efeito das laterais taludadas, para uma velocidade da embarcação baixa (6 nós)	= 0,3 B
W_i : influências nas larguras dos trechos retos de canal, conforme a seguir:	
- ação da velocidade da embarcação (V baixa, de 5 a 8 nós)	= 0,0 B
- ventos transversais fracos e velocidade da embarcação baixa	= 0,0 B
- correntes transversais fracas e velocidade da embarcação baixa	= 0,2 B
- correntes longitudinais moderadas e velocidade da embarcação baixa	= 0,2 B
- alturas de ondas H_s e comprimento da onda L	= 0,0 B
- auxílios à navegação (inexistente, somente um sinal Vira-Saia)	= 0,2 B
- superfície do canal (lisa e mole)	= 0,1 B
- profundidade do canal $\leq 1,25 T$	= 0,2 B
- periculosidade da carga (baixa - soja)	= <u>0,0 B</u>
	0,9B

Substituindo os valores na equação 22 para faixa de navegação simples, tem-se:

$$W = 1,5(53,35) + 0,9(53,35) + 0,3(53,35) + 0,3(53,35) = 160,0 \text{ m} \quad ,(22)$$

Para dupla faixa de navegação, tem-se a equação 23:

$$W = 2*1,5(53,35) + 2*0,9(53,35) + 0,3(53,35) + 0,3(53,35) + 1(53,35) = 341,44 \text{ m} \quad ,(23)$$

Obs: Para o W_p , considerou-se baixa densidade de cruzamentos.

Sem dúvida, a largura do canal de uma faixa de navegação para o comboio de 347 m de comprimento é a que favorece a navegabilidade do comboio em segurança, tendo em vista que a largura do canal fica em torno de 200 m.

6.2.3 Largura em trechos em transição

Através da Figura 108, para cada linha de razão profundidade/calado foi gerado uma linha de tendência que resulta na largura da faixa de trajetória varrida, W_s/B . Então, conhecendo-se a boca do comboio-tipo estudado, obteve-se os valores da largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme escolhido e a razão da profundidade/calado.

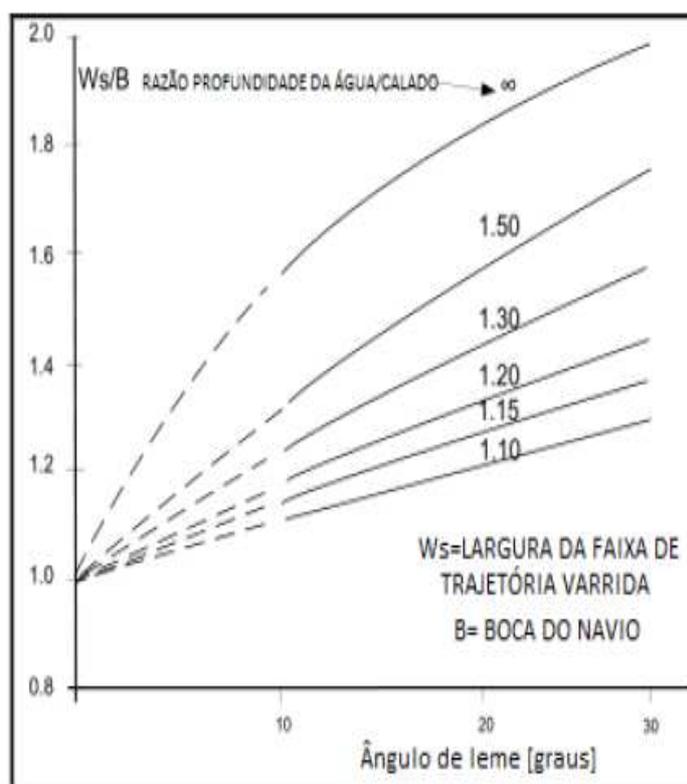


Figura 108 - Largura da faixa de trajetória varrida

Fonte: PIANC, 1997; p. 21.

Para a linha de razão profundidade/calado de 1,10 e um ângulo de abertura de leme de 20° , representados na Figura 109, gerou-se uma linha de tendência. A Equação 24 mostra a largura da faixa de trajetória varrida W_s , para as razão e ângulos descritos.

$$W_s = 1,108e^{0,007x} \cdot B \quad ,(24)$$

Em que: W_s é a largura da faixa de trajetória varrida.

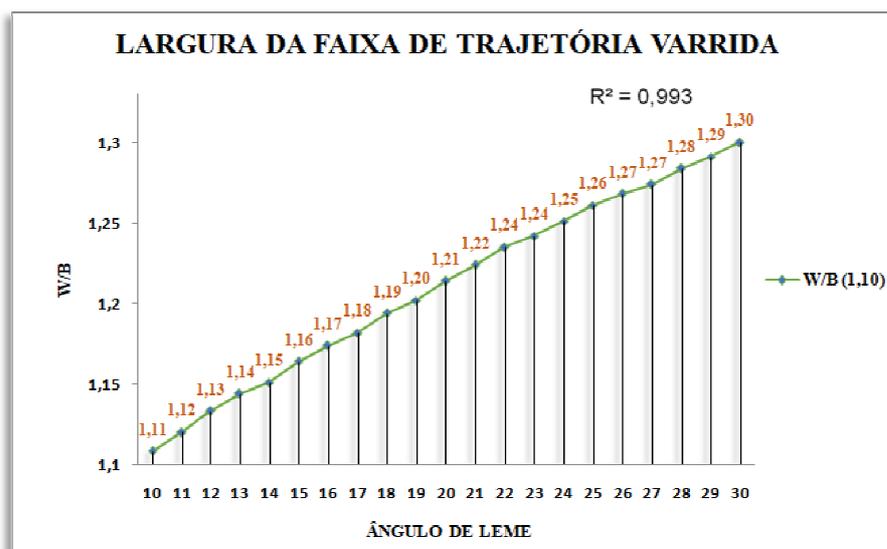


Figura 109 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,10

Fonte: Elaboração própria

Para linha de razão profundidade/calado de 1,15 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 110, gerou-se uma linha de tendência. A Equação 25 mostra a largura da faixa de trajetória varrida Ws , para as razão e ângulos descritos.

$$Ws = 1,130e^{0009x} \cdot B \quad (25)$$

Em que: Ws é a largura da faixa de trajetória varrida.



Figura 110 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,15

Fonte: Elaboração própria

Para a linha de razão profundidade/calado de 1,20 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 111, gerou-se uma linha de tendência. A Equação 26 mostra a largura da faixa de trajetória varrida W_s , para as razão e ângulos descritos.

$$W_s = 1,161e^{0,011x} \cdot B \quad ,(26)$$

Em que W_s : é a largura da faixa de trajetória varrida.

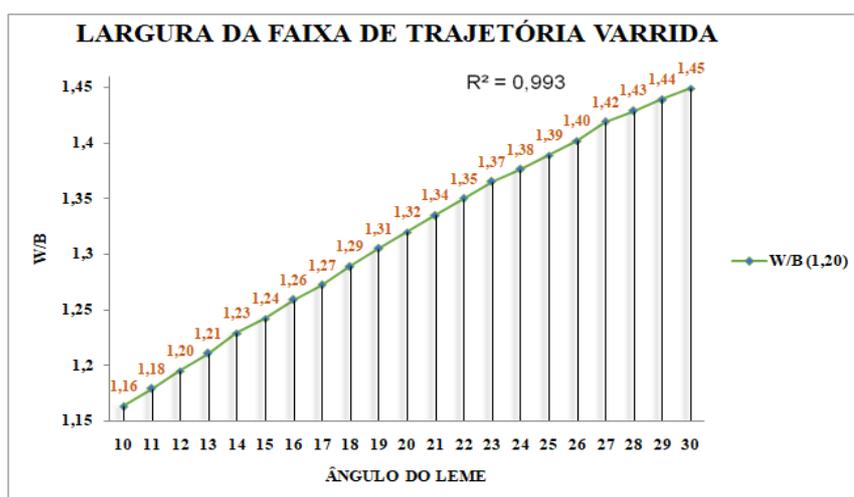


Figura 111 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,20

Fonte: Elaboração própria

Para linha de razão profundidade/calado de 1,25 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 112, gerou-se uma linha de tendência. A Equação 27 mostra a largura da faixa de trajetória varrida W_s , para as razão e ângulos descritos.

$$W_s = 1,219e^{0,013x} \cdot B \quad ,(27)$$

Em que W_s : é a largura da faixa de trajetória varrida.

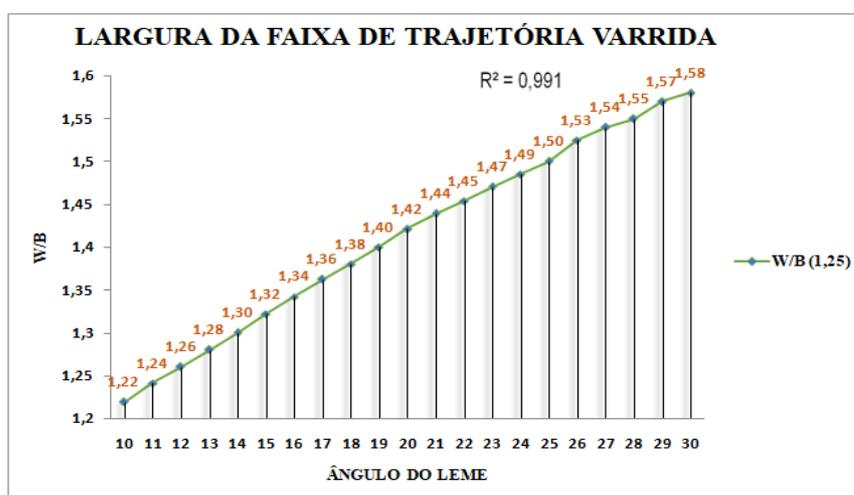


Figura 112 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,25

Fonte: Elaboração própria

Para linha de razão profundidade/calado de 1,30 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 113, gerou-se uma linha de tendência. A Equação 28 mostra a largura da faixa de trajetória varrida Ws , para as razão e ângulos descritos.

$$Ws = 1,301e^{0,014x} \cdot B \quad ,(28)$$

Em que: Ws é a largura da faixa de trajetória varrida.

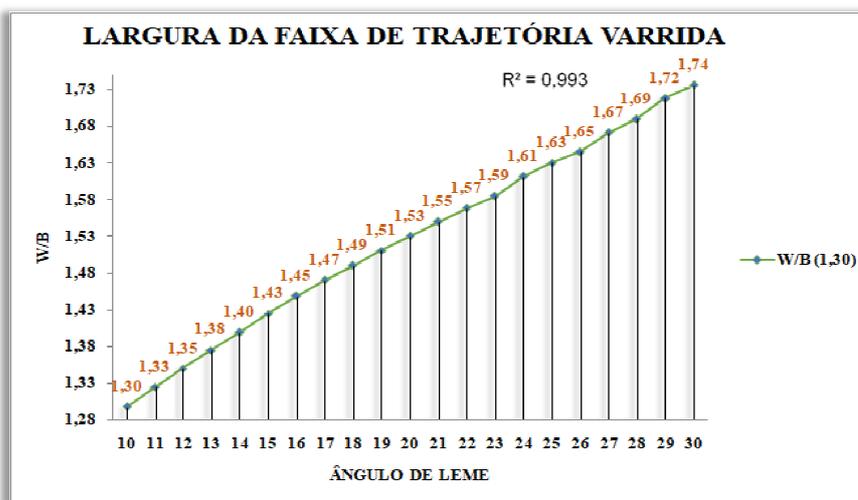


Figura 113 - Largura da faixa de trajetória varrida em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,30

Fonte: Elaboração própria

A relação de profundidade/calado é importantíssima, pois a forma que o navio guina depende diretamente dessa relação, que influencia o raio de curvatura, bem como a faixa da trajetória varrida, além de constatar que relações mínimas de profundidade/calado são inversamente proporcionais, pois quando o raio aumenta, a largura da faixa de trajetória varrida diminui.

6.2.4 Alinhamento

O alinhamento foi seccionado em sobrelargura e tangente para explicar de forma clara e objetiva a percepção dos dados.

a) Sobrelargura

Adotou-se uma sobrelargura em curvas de $R \leq 2,8.L$, portanto em curvas com raio menor que 971,6 metros, há a necessidade de calcular sobrelargura nas curvas.

b) Tangente

O valor mínimo do comprimento das tangentes entre curvas sucessivas deve ser maior que 5 vezes o comprimento do comboio, portanto, $T \geq 5.L = 5.347 = 1.735$ m, em que T = tangente mínima e L = comprimento embarcação.

6.2.5 Raio de curvatura mínimo

O raio de curvatura mínimo é determinado de acordo com dois principais fatores: (i) ângulo máximo de leme da embarcação e (ii) relação profundidade/calado da hidrovia.

Conforme orientação PIANC, adotou-se o valor máximo do ângulo de 20° para efetuar guinadas, e após escolha, realizar o cálculo para o ábaco das linhas de razão profundidade/calado para obter o valor do raio, pois com o conhecimento do comprimento das embarcações a serem estudadas, encontra-se o raio desejado para os comboios, tendo em vista que se conheça o comprimento do comboio.

Para identificar o raio de curvatura, em função do ângulo de leme e profundidade d'água, utilizou-se abaixo a Figura 114.

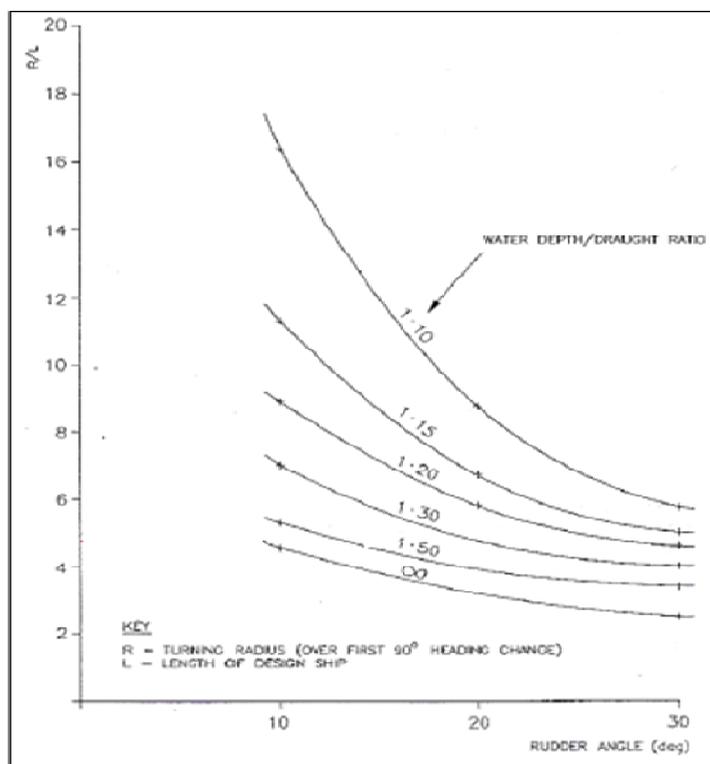


Figura 114 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água
Fonte: PIANC, (1997).

Para cada linha de razão profundidade/calado foi gerado uma linha de tendência que resulta no R/Lpp , então, conhecendo-se o Lpp do comboio-tipo estudado, obteve-se o raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água.

Para a linha de razão profundidade/calado de 1,10 e um ângulo de abertura de leme de 20° , representados na figura 115. A Equação 29, demonstra a linha de tendência calculada para obtenção do raio da curva de giro, para as razão de raio e comprimento entre perpendiculares e ângulos descritos.

$$R = (0,027x^2 - 1,085x + 16,44).Lpp \quad ,(29)$$

Em que: R é o raio da curva de giro.

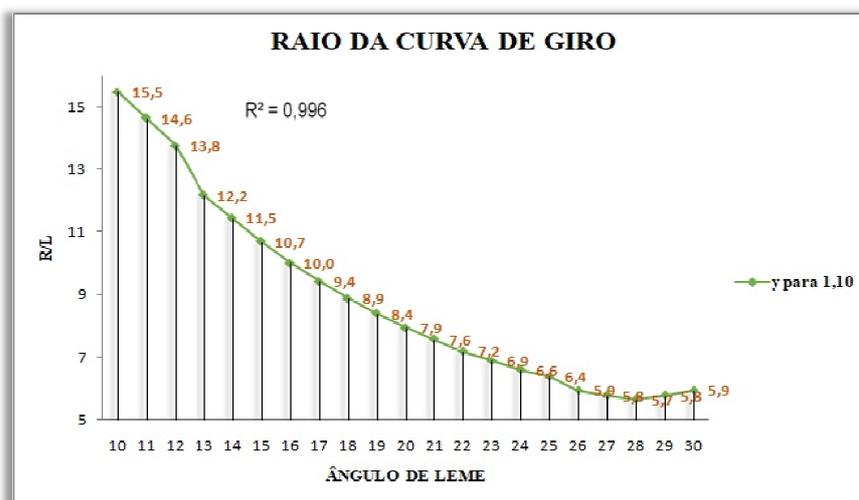


Figura 115 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,10

Fonte: Elaboração própria

A linha de razão profundidade/calado de 1,15 e um ângulo de abertura de leme de 20° , representados na Figura 116. A Equação 30, demonstra a linha de tendência calculada para obtenção do raio da curva de giro, para as razão de raio e comprimento entre perpendiculares e ângulos descritos.

$$R = (0,014x^2 - 0,605x + 11,50).Lpp \quad ,(30)$$

Em que: R é o raio da curva de giro.

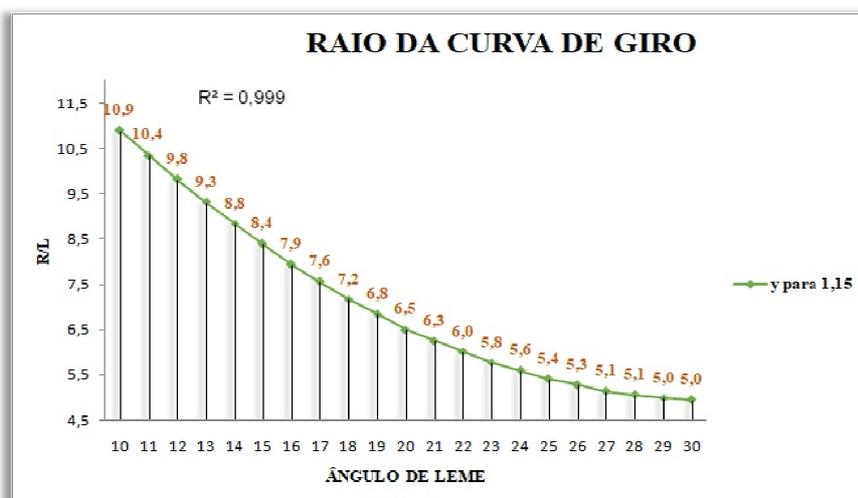


Figura 116 - - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água de 1,15

Fonte: Elaboração própria

A linha de razão profundidade/calado de 1,20 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 117. A Equação 31, demonstra a linha de tendência calculada para obtenção do raio da curva de giro, para as razão de raio e comprimento entre perpendiculares e ângulos descritos.

$$R = (0,009x^2 - 0,408x + 9,073) \cdot Lpp \quad (31)$$

Em que R: é o raio da curva de giro.



Figura 117 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água, 1,20

Fonte: Elaboração própria

A linha de razão profundidade/calado de 1,30 e um ângulo de abertura de leme de 20°,

representados na Figura 118. A Equação 32, demonstra a linha de tendência calculada para obtenção do raio da curva de giro, para as razão de raio e comprimento entre perpendiculares e ângulos descritos.

$$R = (0,007x^2 - 0,314x + 7,196).Lpp \quad ,(32)$$

Em que: R é o raio da curva de giro.

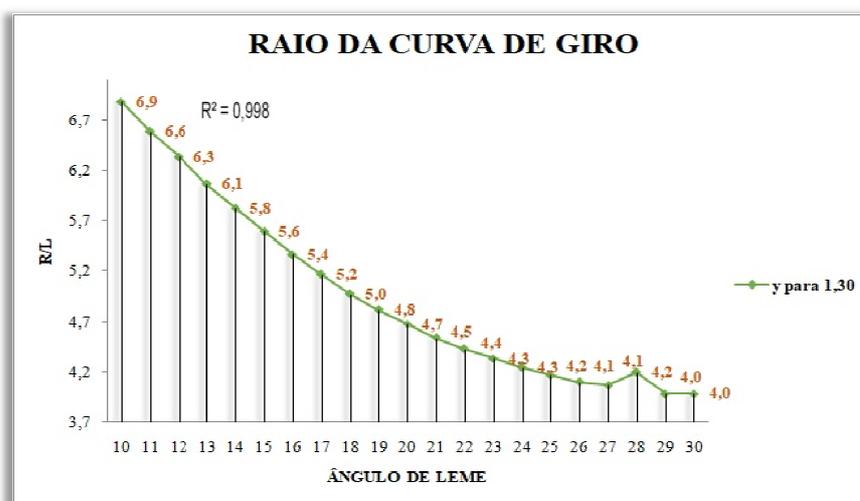


Figura 118 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água, 1,30

Fonte: Elaboração própria

A linha de razão profundidade/calado de 1,50 e um ângulo de abertura de leme de 20°, representados na Figura 119. A Equação 33, demonstra a linha de tendência calculada para obtenção do raio da curva de giro, para as razão de raio e comprimento entre perpendiculares e ângulos descritos.

$$R = (0,004x^2 - 0,197x + 5,488).Lpp \quad ,(33)$$

Em que: R é o raio da curva de giro.

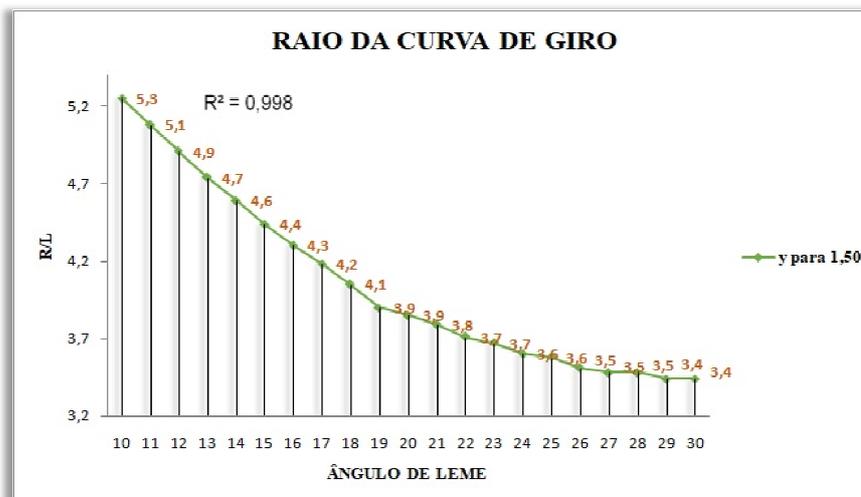


Figura 119 - Raio da curva de giro em função do ângulo de leme e profundidade da água, 1,5
Fonte: Elaboração própria

6.3 Dimensionamento pela metodologia USACE

A profundidade mínima do canal de acesso leva em consideração os movimentos do comboio como *pitch*, *roll* e *yaw*, reposta do navios as ondas, que para os Estreitos é inexistente, a densidade da água, squat, margem de segurança em relação ao fundo, tolerância e manutenção de dragagem.

6.3.1 Profundidade do canal de acesso

Conforme USACE, a profundidade necessária para o comboio de projeto é delimitada, através da soma do calado, da ação dos movimentos verticais sofridos pelo comboio, do *squat*, efeito da água doce, margem de segurança e manutenção de dragagem. O calado considerado é de 3,7 m. Cabe salientar que o calado do comboio de projeto considerado é de 3,7 m. Em relação ao coeficiente de bloco, considerou-se C_b da balsa box, ou seja, a pior situação. Então, efetuou-se o cálculo de profundidade do canal dos Estreitos de Boiuçu e de Breves através da Equação 34.

$$\Delta = C_b \times L_{pp} \times B \times T = 0,85 \times 347,36 \times 53,35 \times 3,7 = 58.282,05 \quad ,(34)$$

a) Para o Estreito de Boiuçu, considerou-se a profundidade de 5,5 m e a velocidade em m/s, conforme Marinha do Brasil (2006m), referenciado na publicação Roteiro Costa Norte.

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} = \frac{3}{\sqrt{9,81 \times (5,5 \times 1,1)}} = \frac{3}{\sqrt{59,35}} = \frac{3}{7,70392} = 0,3894 \quad ,(35)$$

$$Squat = 2,4 \frac{\Delta}{L^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{58.282,05}{347^2} \times \frac{0,3894^2}{\sqrt{1 - 0,3894^2}} = 0,19 \quad ,(36)$$

b) Para o Estreito de Breves, considerou-se a profundidade de 7 m, referenciada na publicação Roteiro Costa Norte, conforme Marinha do Brasil (2006m) e velocidade de 3 m/s (6 nós).

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} = \frac{3}{\sqrt{9,81 \times (7 \times 1,1)}} = \frac{3}{\sqrt{75,537}} = \frac{3}{8,6912} = 0,3451 \quad ,(37)$$

$$Squat = 2,4 \frac{\Delta}{L^2} \times \frac{Fr^2}{\sqrt{(1 - Fr^2)}} = 2,4 \times \frac{58282,05}{347^2} \times \frac{0,3451^2}{\sqrt{1 - 0,3451^2}} \cong 0,16 \quad ,(38)$$

Tabela 35 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Boiuçu - USACE

FAQ NORMA USACE (Estreito Boiuçu) – 6 nós	FAQ adotada - USACE
Movimento vertical do comboio devido à ação de Ondas	0,0
Squat	0,19
Folga adicional (fundo)	0,3
Precisão de sondagem	0,0
Assoreamento	0,0
Tolerância da dragagem	0,0
Margem de segurança (fundo)	0,3
Densidade da água e seu efeito no calado do comboio	0,15
Total	0,94

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 36 - Folga abaixo da quilha (FAQ) para Estreito de Breves - USACE

FAQ NORMA USACE (Estreito Breves) – 6 nós	FAQ adotada - USACE
Movimento vertical do comboio devido à ação de Ondas	0,0
Squat	0,16
Folga adicional (fundo)	0,3
Precisão de sondagem	0,0
Assoreamento	0,0
Tolerância da dragagem	0,0
Margem de segurança (fundo)	0,3
Densidade da água e seu efeito no calado do comboio	0,15
Total	0,91

Fonte: Elaboração própria.

Realizou-se o cálculo da profundidade do canal através da Equação 39.

$$P = Bm + T + FAQ \quad ,(39)$$

Em que: P é a profundidade, Bm (baixa mar) é 0,0 m, de acordo com a Tabela 31, *Squat* é a Equação 42 e 43, T é o calado, S é o *Squat* e adicionado aos elementos que compõem a folga abaixo da quilha.

Para o Estreito de Boiuçu, substituindo os valores encontrados na Equação 40, considerou-se a profundidade de:

$$P = 0 + 3,7 + 0,94 = 4,64 \quad ,(40)$$

Para o Estreito de Breves, substituindo os valores encontrados na equação 41, considerou-se a profundidade de:

$$P = 0 + 3,7 + 0,91 = 4,61 \quad ,(41)$$

c) Verificação da profundidade:

O Número de *Froude*, fator que dimensiona a resistência hidrodinâmica ao movimento de um navio em águas rasas, deve possuir um valor absoluto inferior a 0,70, valor este que foi constatado logo acima, e a razão entre profundidade e calado deve ser superior que 1,1, conforme Equação 42 e 43.

Para o Estreito de Boiuçu:

$$\frac{\textit{Profundidade}}{\textit{Calado}} = \frac{4,64}{3,7} = 1,25 \quad \text{Confere! , (42)}$$

Para Estreito de Breves:

$$\frac{\textit{Profundidade}}{\textit{Calado}} = \frac{4,61}{3,7} \cong 1,25 \quad \text{Confere! , (43)}$$

6.3.2 Largura do canal de acesso

As normas da USACE para largura do canal em trechos retos são estabelecidas em função da largura do canal medida no fundo, acrescida das distâncias de segurança das margens, corrente e direção da corrente e qualidade dos auxílios à navegação.

Para uma faixa de navegação, calculou-se a largura mínima do canal para águas rasas através de $W = 3,0B$, sob o ponto de vista da manobrabilidade, partindo do princípio que a relação calado/profundidade é menor que 1,5. Logo, a largura mínima para trechos retos é de 160 m.

Para tráfego em duas faixas, calculou-se a largura através da expressão 44 e 45:

$$W = 4,5 \left(\frac{B_{\text{comboio1}} + B_{\text{comboio2}}}{2} \right) \quad , (44)$$

A boca do comboio 1 e do comboio 2 considerada foi de 53,35 m, barcaças tipo Mississippi. A USACE considera canais de águas profundas, a profundidade de 4,6 m.

$$W = 4,5 \left(\frac{53,35_{\text{comboio1}} + 53,35_{\text{comboio2}}}{2} \right) = 216 \text{ m} \quad ,(45)$$

Portanto, conclui-se para que a navegação ocorra com segurança nos Estreitos, faz-se necessário a escolha de uma faixa de navegação para o canal tanto para a Norma PIANC e USACE.

6.4 Harmonização da norma PIANC e USACE

A harmonização entre as orientações de dimensionamento “PIANC, Approach Channels A Guide for Design (1997) e a USACE, Layout and Design of Shallow Draft Waterways (1980) e Hydraulic Design of Deep-Draft Navigation Projects (2006), norteou o estabelecimento de uma análise técnica, que avalie melhor as características da futura Hidrovia dos Estreitos. Os processos de dimensionamento da largura, profundidade, alinhamento são detalhados a seguir.

6.4.1 Profundidade

A profundidade mínima obtida pela metodologia PIANC foi de 5,21 metros para os Estreitos de Breves e Boiuçu, e pela metodologia da USACE foi de 4,83 metros para o Estreito de Boiuçu; 4,77 metros para o Estreito de Breves, por não ocorrer uma diferença de profundidade tão grande, optou-se por dimensionar a profundidade em 4,6 m.

6.4.2 Largura

A largura mínima obtida através da metodologia da PIANC e USACE foi de 160 metros para o canal de uma faixa de navegação. Além de esta largura calculada ter um acréscimo na largura de 8 metros nas curvas menores que 971,6 m.

6.4.3 Raios de curvatura e tangentes

Os guias PIANC e USACE não especificam qual deve ser o raio adotado nas curvas. Visando a uma otimização dos custos das obras, o canal de navegação teve a sua geratriz traçada em áreas de maiores profundidades e com as menores restrições hidrodinâmicas possíveis.

De preferência, duas curvas sucessivas devem conter uma seção reta de transição, pelo menos 5 vezes o comprimento total (LOA) da embarcação estudada. Procurou-se adequar os raios às curvas das Figuras 37 a 106.

7 CONCLUSÃO

De acordo com a análise das condições de navegabilidade dos Estreitos, e no intuito de manter a segurança da navegação e a viabilidade econômica da via navegável, verificou-se que o canal estudado é para trânsito de uma faixa de navegação para o comboio de 347 m, pois a utilização de duas faixas, devido à largura do canal, poderá implicar em riscos desnecessários ao meio ambiente e ao próprio comboio, quando navegando comboios de igual dimensão no sentido oposto ou igual direção e em condições de ultrapassagem.

Há necessidade intrínseca de se realizar a sinalização e balizamento dos Estreitos, tendo em vista de se tratar de canais importantes e delimitadores do quantitativo de soja que saem de Miritituba com destino a Barcarena/PA e pela existência de curvas sinuosas com graus elevados de leme para o comboio guinar tais como BO03 com 48, BO32 com 65°, BO43 com 77°, BO44 com 78°, BR10 com 90°, BR17 com 133°, BR44 com 80°, BR53 com 78° em que deve ser observado a manobrabilidade das embarcações empregadas, pois reflete na segurança, como também no desempenho econômico da navegação. Para ambos os Estreitos, como mostram as Figuras 37 a 106, deste trabalho, as curvas têm as angulações muito altas.

Para a navegação de tráfego comercial e seguro, a atualização das cartas náuticas existentes é uma importante ferramenta de apoio à navegação, através dessa melhoria pode-se ter uma navegação noturna, assim melhorando e contribuindo para a fluidez do tráfego comercial. Realizada esta melhoria e seus reflexos positivos à navegação, pode-se chamar de Hidrovia dos Estreitos.

Considerando que o comprimento máximo do comboio permitido é de 181 m e boca de 37 m, e que foi autorizada uma exceção a regra para a navegação do comboio de 347 m de comprimento e 53,35 m de boca, observa-se uma incoerência entre as normas estabelecidas ao apontar a necessidade de que estes comboios de maior porte naveguem somente durante o período diurno, pois, devido ao longo trecho de 85 milhas a ser navegado no Estreito de Boiuçu, observa-se que as embarcações empreendem uma velocidade de 8 a 12 nós para cumprir a exigência da navegação diurna, enquanto que a velocidade permitida para a navegação na região dos Estreitos de Breves e Boiuçu é de 5 nós, velocidade esta estabelecida para manter a sinergia entre a comunidade aquaviária e os ribeirinhos, evitando marolas, bem como na contenção do fenômeno de terras caídas.

Nas Figuras 37 a 106, contêm as condições de navegabilidade dos Estreitos, em que a largura do canal foi dimensionada para 160 m, avaliação pela Norma PIANC, os valores ficaram superdimensionados, escolhendo-se a USACE por ter seus parâmetros aceitáveis para a região com profundidade adotada de 4,6 m, similar a calculada que ficou entre 4,83 para o Estreito de Boiçu e 4,77 m para o Estreito de Breves, sem considerar a variação de maré, folga abaixo da quilha considerada de 0,90 m. Um estudo para melhor conhecer a variação de maré da região, faz-se salutar, tendo em vista a precariedade de dados da região. A coleta efetiva de estações, e a colocação de réguas ao longo do trecho da navegação.

No que diz respeito à profundidade, não houve restrições no Estreito de Boiçu, já o Estreito de Breves apresentou áreas com profundidades menores que 4,6 m.

Quanto aos raios implementados, de acordo com as curvas tanto para os Estreitos de Boiçu e Breves, o comboio de 347 m apresenta restrições para navegação nos raios de 694 m e 1041 m, não sendo recomendado devido à exposição de riscos.

Quanto as Normas PIANC e USACE, o comboio de 347 m de comprimento e 53,35 m de boca não atende a estas normas, cada uma destas em parâmetros distintos, tais quando se refere a largura do canal, boca e comprimento da embarcação, raio de curvatura e ângulo da curva, conforme exemplos da Tabela 29 e 30 .

ESTREITO DE BOIUÇU							
CURVA	LARGURA DO CANAL	BOCA comboio		COMPRIMENTO (L) comboio	RAIO DE CURVATURA DO CANAL	ÂNGULO da Curva	PLANTA
		PIANC	USACE				
	PIANC e USACE	PIANC	USACE				
BO32	160 m	32 m	53 m	347 m	694	65°	8
BO44	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	78°	14
BR10	160 m	32 m	53 m	347 m	1041	90°	7
BR44	160 m	32 m	53 m	347 m	694	80°	23

De fato a navegação nos Estreitos de Boiçu já ocorre com o comboio 5x5 de 347 m de comprimento, apesar das restrições as normas. Cabe salientar que as embarcações utilizadas para realizar a navegação utilizam propulsores azimutais que facilitam a manobra em trechos com raios de curvatura de 694 e 1041 m. Embarcações convencionais, certamente terão dificuldades nas curvas pronunciadas que conseqüentemente impedirá a evolução normal das mesmas para este comprimento de comboio estudado.

E não recomenda-se a navegação com essas dimensões de comboio nos Estreitos de Breves tendo em vista a sucessão de curvas, além de raio de curvaturas de 694 e 1041, seja embarcações azimutais ou convencionais.

Dentre os raios de curvatura estudados, a navegação nos Estreitos de Boiuçu se torna mais favorável, pois 63 % dos raios de curvatura são de 3470, 17% de raio de curvatura de 1735, 7% de raio de curvatura de 1041, e 13% de raio de curvatura de 694. Em contrapartida a navegação nos Estreitos de Breves torna-se desfavorável, tendo em vista o maior número de curvas e angulações altas, possui representatividade 56% de raio de curvatura de 3470, 16% de raio de curvatura de 1735, 7% de raio de curvatura de 1041 e 21% de raio de curvatura de 694.

De acordo com as análises realizadas, as possibilidades comerciais que se apresentam para Miritituba - PA, associada à intenção de garantir uma operação segura das embarcações na futura hidrovia dos Estreitos, é necessário que seja estabelecido uma prioridade para as autoridades do governo estadual do Pará, e que contemple, obviamente, os municípios que abrangem a “hidrovia”, como também envolva a autoridade marítima, operadores comerciais da via e organizações esportivas e recreativas que por ventura utilizem o rio.

Para isso, vê-se a necessidade de criação de Normas de Tráfego para os Estreitos para fornecer orientação sobre vários aspectos de segurança da navegação, contemplando as embarcações que trafegam naquela área. Nessa Norma, devem ser incluídas as regras gerais do rio, a interação com outros navios, o conhecimento dos fatores ambientais, as orientações de segurança para os participantes e os avisos de acidentes, bem como um controle do tráfego na área que pode ser feito primeiramente com aquelas embarcações que possuam AIS, que assim possam ser identificadas.

8 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Quanto ao prosseguimento dos estudos futuros relacionados com a linha de pesquisa em pauta, que teve por base o aprofundamento de normas internacionais utilizadas no dimensionamento de canais, registrado através de uma metodologia aplicada e apresentada na revisão bibliográfica; os conhecimentos, aqui obtidos, podem ser ampliados através de estudos posteriores a partir das sugestões elencadas a seguir:

- a) Desenvolver modelo de otimização do volume de tráfego das embarcações que trafegam nos Estreitos, no intuito de servir para cálculo mais preciso quanto a real densidade desse tráfego, e assim identificar se é necessário a utilização de canal de mão dupla ou duplo sentido, os trechos que devem ser sinalizados, e qual o comboio-tipo adequado;
- b) Desenvolver análise do quantitativo do fluxo comercial de *commodities* pelos Estreitos, tendo em vista que ele é o delimitador de fluxo de transporte, que vem do Tapajós através de ferramentas que permitam avaliar o desempenho do transporte realizado por comboios, bem como a capacidade de carga máxima que os Estreitos podem suportar.
- c) Desenvolver normas de controle de tráfego que permitam a fluidez da hidrovia em condições seguras, a fim de manter a operacionalidade no seu máximo; de forma a contribuir com a eficiência da navegação nos Estreitos.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Potencialidades paisagísticas brasileiras**. Universidade de São Paulo: Instituto de Geografia, 1977.
- _____. Bases para o estudo dos ecossistemas da Amazônia brasileira. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 16, n. 45, p. 7-30, 2002.
- AFONSO, H. C. A. da G. **Análise dos custos de transporte da soja brasileira**. 2006. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes)–Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2006.
- ALMEIDA, C. D. de; BRIGHETTI, G. **Navegação interior e portos marítimos**. Notas de Aula PHD 523. São Paulo: EPUSP, 1997.
- BARBOSA, G. V.; RENNÓ, C. V.; FRANCO, E. M. SJr. Geomorfologia da Folha SA. 22-Belém. **BRASIL. DNPM. Projeto RADAM. Folha SA, 1974**.
- BOYD, R.; DALRYMPLE, R. W.; ZAITLIN, B. A. Estuarine and incised-valley facies models. **Special Publication-Sepm**, U.S.A, v. 84, p. 171, 2006.
- _____. **Plano hidroviário estratégico**. Brasília: Ministério dos Transportes, 2013. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 02 abr. 2017a.
- _____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapeia a infraestrutura dos transportes no Brasil**, 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2014/11/ibge-mapeia-a-infraestrutura-dos-transportes-no-brasil>>. Acesso em: 28 mar. 2017b.
- _____. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. **Anuário Estatístico de Transportes 2010 – 2016**. Rio de Janeiro: MT, 2017c.
- _____. Agência Nacional de Transportes. **Lucas do Rio Verde/MT - Itaituba/PA (Distrito de Miritituba)**. Disponível em: <<http://pilferroviarias.antt.gov.br/index.php/content/view/2013.html>>. Acesso em: 11 fev. 2017d.
- _____. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. COPPEAD. **Transporte de cargas no Brasil: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país**. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/transporte-de-cargas-no-brasil-ameacas-e-oportunidades-para-o-desenvolvimento-do-pais.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2017e.
- _____. Ministério dos Transportes. Diretrizes da Política Nacional de Transportes Hidroviários. Brasília. DF. Outubro de 2010f.
- _____. Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior. **Aliceweb**: Sistema de análise das informações de comércio exterior via internet do Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://alicesweb.desenvolvimento.gov.br/>> Acesso em: 20 mar. 2018g.

_____. **Porto de Santarém**. Disponível em:
<<http://www.antaq.gov.br/porta1/pdf/Portos/2012/Santarem.pdf>>. Acesso em: 5 de fevereiro de 2016h.

_____. **Plano Nacional de Logística e Transporte: Projeto de Reavaliação de Estimativas e Metas do PNL**. Brasília, DF: MT, 2012i.

_____. **Sistema de Informações Gerenciais (SIG)**. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/sistemas/sig/ComponenteSIG/DefaultSIG.aspx?IDModalidade=57&IDTabela=577>>. Acesso em: 03 abr. 2017j.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Complementar n° 97, de 10 de junho de 1999**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1999k.

_____. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Ordinária Federal n° 9.537, de 12 de dezembro de 1997**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1999l.

BRIGGS, M. J. et al. Prediction of squat for underkeel clearance. In: **Handbook of coastal and ocean engineering**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 723-774.

_____. Probability assessment for deep-draft navigation channel design. **Coastal engineering**, Australia, v. 48, n. 1, p. 29-50, 2003.

CALHEIROS, C. S. Metodologia de tarifa para transporte fluvial de passageiros na Amazônia. **COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ**, 2010.

CAMPÊLO, M. R.; DUHÁ, P. A. D. **Navegação: a história do transporte hidroviário interior no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Centhury, 2009.

COSTA, M. S.. Aporte hídrico e de material particulado em suspensão para a Baía do Marajó: **contribuições dos rios Jacaré Grande, Pará e Tocantins**. 2014. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, 2014.

CUNHA, G. T. **Navegação hidroviária interior no RS: vantagem econômica comparada aos outros modais e implantação do calado sazonal**. 2014. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Rio Grande do Sul, 2014.

DEL ESTADO, Puertos. **Recommendations for Maritime Works (Spain) ROM 3.1-99: Designing Maritime Configuration of Ports. Approach Channels and Floatation Areas**, Spain: CEDEX, 2007.

DINIZ, M. A. A et al. Transporte Hidroviário Interior no Brasil: diagnóstico e potencial. In: RIO DE TRANSPORTES, 5., 2007, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2010. p. 1-11. Disponível em:
<http://www.riodetransportes.org.br/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=152&Itemid=219>. Acesso em: 2 abr. 2017.

DOVER PORT. **Operations limitations**. Disponível em:
<<https://www.doverport.co.uk/operations/operating-limitations/>>. Acesso em: 23 maio 2018.

DYER, Keith R. **Estuaries: a physical introduction**. 2nd. New York: Wiley, 1977.

FILIZOLA, N. et al. Caracterização hidrológica da bacia Amazônica. In: RIVAS, A. A. F.; FREITAS, C. E. C. (Eds.). **Amazônia uma perspectiva interdisciplinar**. Manaus, AM: Universidade do Amazonas, 2002. p. 33-53.

FLEURY, F. **A infraestrutura e os desafios logísticos das exportações brasileiras**. Centro de Estudos em Logísticas (CEL), Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2005.

FONSECA, M. **Arte Naval**. 7.ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2005. v.1.

FREITAS, C. S. de. **Plano diretor de navegação interior do Rio Grande do Sul: estudo comparativo entre a proposta de 1976 e a situação atual de transporte de cargas e infraestrutura**. 2003. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

GAVRILOFF, A. De sangue e de soja, um asfalto sobre corpos. In: TORRES, Maurício. (Org.) **Amazônia revelada: os descaminhos ao longo da BR-163**. Brasília: CNPq, 2005. p.13-17.

GOMES, J. R. **Portos do Norte firmam-se como opção**. São Paulo: Estadão, 2016.

GUARD, Canadian Coast. Guidelines for the Safe Design of Commercial Shipping Channels. **Waterways Development Division, Canadian Coast Guard, Canada**, 2001.

HUERTAS, D. M. **Da fachada atlântica à imensidão amazônica: fronteira agrícola e integração territorial**. São Paulo: Annablume, 2009. 344p.

IALA. International Association of Marine Aids and Lighthouse Authorities. IALA Guidelines nº 1078: **The use of aids to navigation in the design of fairways**. 2011.

INMET. **Normas Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Organizadores: Ramos, A. M.; Santos, L. A. R.; Fortes, L. T. G. Brasília-DF. INMET, 2009, 465p. ISBN: 978-85-62817-01-4.

KJERFVE, B. Estuarine geomorphology and physical oceanography. **Estuarine ecology**, U.S, p. 47-78, 1989.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C. Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin. **Zeitschrift fur Geomorphologie Supplement Band**, Brazil, v. 109, p. 109 - 127, 2002.

LIMA, A. M. M. et al. Ilha do Marajó: revisão histórica, hidroclimatologia, bacias hidrográficas e propostas de gestão. **Holos Environment**, v. 5, n. 1, p. 65-80, 2005.

LIMA, R. R.; TOURINHO, M. M.; COSTA, J. P. C. da. **Várzeas flúvio-marinhas da Amazônia brasileira: características e possibilidades agropecuárias**. 2. ed. Belém, PA: FCAP, Serviço de Documentação e Informação, 2001. 341 p.

LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvioestuarino de Barcarena, Pa. **Geochimica Brasiliensis**, v. 1, n. 2, p. 53-71, 1988.

MARGARIT, E. Os interesses em torno da pavimentação da BR-163: tramas políticas envolvidas na consolidação de um novo corredor logístico na Amazônia. **Revista Mato-Grossense de Geografia**, Mato Grosso, v. 16, n. 1, 2013.

MARINHA DO BRASIL. **Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos do Rio de Janeiro**. 2012. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/cprj/cprj/sites/www.marinha.mil.br/cprj/files//anexog.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2018a.

_____. **Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da Amazônia Oriental**. 2015. Disponível em: <https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/cpaor_0.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017b.

_____. **Roteiro Costa Norte**. Da Baía do Oiapoque ao Cabo Calcanhar. 11. ed. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2006b.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação Interior (NORMAM-02/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2005c.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para amadores, embarcações de esporte e/ou recreio e para cadastramento e funcionamento das marinas, clubes e entidades desportivas náuticas (NORMAM-03/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2003d.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para inspeção naval (NORMAM-07/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2003e.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para tráfego e permanência de embarcações em águas jurisdicionais brasileiras (NORMAM-08/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2013f.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para o serviço de praticagem (NORMAM-12/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2011g.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para aquaviários (NORMAM-13/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2013h.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para aquaviários (NORMAM-17/DHN)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2017i .

_____. **Normas da Autoridade Marítima para levantamentos hidrográficos (NORMAM-25/DHN)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2017j.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para para navegação e cartas náuticas (NORMAM-28/DHN)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2011k.

_____. **Normas da Autoridade Marítima para o ensino profissional marítimo (NORMAM-30/DPC)**. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 2012l.

_____. **Normas e Procedimentos da Capitania dos Portos da Amazônia Oriental**. 2015. Disponível em: <https://www.dpc.mar.mil.br/sites/default/files/cpaor_0.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2017m.

Portaria (verificar)

_____. Diretoria Hidrografia e Navegação. **Tábua de marés**. 2017. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/index.htm>>. Acesso em: 23 ago. de 2017n.

_____. Diretoria Hidrografia e Navegação. **Carta de correntes de maré do rio Pará**. 1962. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br.chm/files/u1974/ccm-salinopolis-a-belem.pdf>>. Acesso em: 18 ago. de 2018o.

MARTINS, S. E. M. **Geomorfologia e sedimentologia dos depósitos sedimentares recente da porção superior do estuário do rio Pará (Baia de Marajó, Amazônia)**. 2010. 124 f. Tese (Mestrado em Geociências), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Miranda, L. B. de et al. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Edusp, (2002).

MATO GROSSO. Movimento Pró-Logística. **Corredores: Arco Norte**. Cuiabá: FAMATO, 2016.

MEDEIROS, J. T.S. **O transporte fluvial e o direito à dignidade da pessoa humana na Amazônia**. 2012. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental), Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2012.

MEURS, K. Drift Angle and its Consequences in Ship Manoeuvres. **The Journal of Navigation**, Australia, v. 31, n. 1, p. 126-132, 1978.

MOLINIER, M et al. Les regimes hydrologiques de l' Amazoneet de ses affluentes. In: **L'hydrologie Tropicale: Géoscienceetoutil pour Le Développement**, Paris: IAHS Pub, 1996. 209-222 p.

NOGUEIRA, R. J. B. **Amazonas: um estado ribeirinho**. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1999.

OHTSU, K. et al. Design standard for fairway in next generation. **University of Marine Science and Technology**, Tokyo, p. 230-239, 2006.

PADOVEZI, C. D. **Conceito de embarcações adaptadas à via aplicado à navegação fluvial no Brasil**. 2003. 284 f. Tese (Doutorado em Engenharia)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, 2003.

PARÁ. Ministério Público. **Corredor logístico**. 2018. Disponível em: <http://www.mppa.mp.br/upload/noticia/Miritituba_2.jpg>. Acesso em: 11 maio 2018.

PIANC. **Approach channels: a guide for design**. Brussels, BRU: IMPA; Tokyo, JAP: IALA, 1997.

PORT METRO VANCOUVER. **Harbour operations manual**. Vancouver: Vancouver Fraser Port Authority, 2010.

PORTOS E NAVIOS. **Cianport em Miritituba (PA) e Porto de Santana (AP) iniciam operação em junho**. Disponível em: <<https://www.portosenavios.com.br/noticias/portos-e-logistica/33898-cianport-em-miritituba-pa-e-porto-de-santana-ap-iniciam-operacao-em-junho>>. Acesso em: 11 maio de 2018.

PRITCHARD, D. W. Estuarine circulation patterns. In: **Proceedings of the American Society of Civil Engineers**. ASCE, 1955. p. 1-11.

QUEENSLAND GOVERNMENT. **Safe on water: Code of conduct on the Brisbane River**. Brisbane: Department of Transport and Main Roads, 2015.

RADFAR, S. et al. Standardization of the main dimensions of design container ships in ports - A Case Study. **World Journal of Engineering and Technology**, v. 5, n. 04, p. 51, 2017.

REUTERS. **ADM recebe autorização para operar novo terminal portuário de grãos no Pará**. Disponível em: <<http://www.encomex.mdic.gov.br/public/arquivo/arq1316454341.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2017.

ROBIJNS, Thijs. **Flow Beneath Inland Navigation Vessels**. 2014. 141 f. Dissertação (Mestrado in Hydraulic Engineering at Delft)–University of Technology, Delft University Of Technology, Delft, 2010.

ROCHA, F. V. et al. A competitividade do transporte rodoferroviário da soja no Mato Grosso frente aos investimentos do Arco Norte. In: **SIMPÓSIO EM GESTÃO DO AGRONEGÓCIO**, 2. 2017. .Jaboticaba, SP: UNESP, 2017.

ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J. **A cultura da soja no Brasil: evolução recente**. Londrina: EMBRAPA, 2005.

RODRIGUES, J. C.; CASTRO, E. M. R. Transporte hidroviário, terminais interiores e portos na Amazônia: uma análise sobre seus papéis nas políticas públicas territoriais. In: **Encontro da Rede de Estudos Rurais**, 5, 2012, **Artigo...** Belém: Rede de Estudos Rurais, 2012, v. 1. p. 1-15.

SANTANA, W. A. TACHIBANA, T. **Caracterização dos elementos de um projeto hidroviário, vantagens, aspectos e impactos ambientais para a proposição de metodologias técnico-ambientais para o desenvolvimento do transporte comercial de cargas nas hidrovias brasileiras.** 2004. Disponível em:

<http://www.uff.br/engevista/3_6Engevista6.pdf>. Acessado em: 30 ago. 2017.

SILVA, L. C. **Stochastic Simulation of the Dynamic Behavior of Grain Storage Facilities.** 2002. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)–Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

SUDAM. Superintendência do Desenvolvimento na Amazônia. **Legislação da Amazônia.** Disponível em: <<http://www.sudam.gov.br/index.php/fno/58-acesso-a-informacao/86-legislacao-da-amazonia>> Acesso em: 21 ago. 2017

TIMOSSI, A. J. Grandes mudanças no escoamento de grãos. **FNP Consultoria & Agroinformativos**, São Paulo, p. 427-478. 2003.

TORRES, C. L. O Intermodal a passos largos. **Valor Setorial Ferrovias**, São Paulo, p. 8-10, 2006.

USACE. United States Army Corps of Engineers. **Hydraulic design of deep draft navigation projects.** EM 1110-2-1613. 2006.

_____. United States Army Corps of Engineers. **Layout and design of shallow draft waterways.** EM 1110-2-1611. 1996.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topographic modeling of Marajó Island with SRTM data. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, p. 53-64, 2008.

WIEGMANS, B.; Konings, R. Intermodal Inland Waterway Transport: modelling conditions influencing its cost competitiveness. **The Asian Journal of Shipping and Logistics**, Netherlands, v. 31, issue 2, p. 273-294, 2015.

WELLS, John T. Tide-dominated estuaries and tidal rivers. **Developments in sedimentology**, v.53, p. 179-205, 1995.

ZAMBONI, J. **Corredor Madeira/Amazonas Transporte de Grãos.** Cuiabá: Hermasa – Navegação da Amazônia. (Grupo André Maggi). 2010.