



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

**AVALIAÇÃO DA PERICULOSIDADE DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO  
RIO DE JANEIRO: CONTRIBUIÇÃO PARA OS PLANOS DE SEGURANÇA E  
PREVENÇÃO DE ACIDENTES**

**FELIPE LIMA CAMPOS GUIMARÃES MIGUEL**

**Rio de Janeiro**

**2016**

FELIPE LIMA CAMPOS GUIMARÃES MIGUEL

**AVALIAÇÃO DA PERICULOSIDADE DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO  
RIO DE JANEIRO: CONTRIBUIÇÃO PARA OS PLANOS DE SEGURANÇA E  
PREVENÇÃO DE ACIDENTES**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (Geografia).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Paulo Faria

Rio de Janeiro

2016

Felipe Lima Campos Guimarães Miguel

**AVALIAÇÃO DA PERICULOSIDADE DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO  
RIO DE JANEIRO: CONTRIBUIÇÃO PARA OS PLANOS DE SEGURANÇA E  
PREVENÇÃO DE ACIDENTES**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, como requisito necessário para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (Geografia).

Aprovada em:

---

Orientador: Prof. Dr. Antonio Paulo Faria  
(UFRJ)

---

Prof. Dr. André de Souza Avelar  
(UFRJ)

---

Prof. Dr. Eduardo Manuel Rosa Bulhões  
(UFF)

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos familiares que me ajudaram durante a realização deste trabalho, em especial aos meus irmãos, minha avó e meus primos Marcelo, Rodolfo e Andreia. Muito obrigado por vocês existirem na minha vida.

Agradeço ao meu orientador, Professor Antonio Paulo Faria, por ter me incentivado a estudar a geomorfologia de costa rochosa e ter me mostrado a importância do tema para a questão da segurança e prevenção de acidentes. Agradecer também por sua paciência e pela confiança depositada na minha pessoa para a execução desta pesquisa.

Um agradecimento a todos os pesquisadores que colaboraram com informações cruciais para o trabalho, em especial a Paulo Hargreaves, Andrea Junqueira, Nelson Violante de Carvalho, Ricardo Coutinho, Alexandre Macedo Fernandes e Leonardo Klumb.

Muito obrigado aos membros do Grupamento Marítimo do Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro, em especial ao Tenente Coronel Nelson Borges (G-Mar 2) e ao Capitão Colaço (G-Mar 3), pelas informações concedidas a respeito dos acidentes ocorridos na costa rochosa do município.

Aos estudantes de graduação do curso de Geografia da UFRJ Mauro Nóbrega e Wander Ferreira pela ajuda em trabalhos de campo. Muito obrigado também pelas ideias trocadas, pelos registros fotográficos e por fazer a segurança do pesquisador durante as medições nos costões.

Agradecer aos amigos Gustavo de Souza e Murilo Matuch pelas expedições de barco ao longo da costa do município e pelo incentivo a trabalhar com a questão da segurança e prevenção de acidentes.

A minha prima Claudinha, renomada pesquisadora, por ter aguçado meu olhar para as ciências da natureza. Por ter me mostrado a vida marinha e sua importância para o planeta. Por me convencer que a academia é mais que apenas uma fogueira das vaidades.

Aos pescadores que tive a oportunidade de conhecer durante os trabalhos de campo. Por me mostrarem que é preciso mais que títulos para saber lidar com as forças do mar. Esses sim “botam pra baixo”.

Um agradecimento especial aos meus pais, Rubem Guimarães Miguel e Virgínia Lima C.G. Miguel. Toda ajuda concedida até o presente momento é e sempre será impagável. Sem vocês não teria conseguido chegar até aqui. Muito obrigado!

Miguel, Felipe Lima Campos Guimarães

Avaliação da periculosidade da costa rochosa do município do Rio de Janeiro: Contribuição para os planos de segurança e prevenção de acidentes / Felipe Lima Campos Guimarães Miguel – Rio de Janeiro: UFRJ / PPGG , 2016.

156p.: il . ; 30 cm.

Orientador: Dr. Antonio Paulo Faria

Dissertação (mestrado): UFRJ / IGEO / PPGG, 2016.

Referências Bibliográficas: p.134-139

1. Costa Rochosa 2. Ondas 3. Grau de perigo I. Título

## RESUMO

MIGUEL, Felipe Lima Campos Guimarães. **Avaliação da periculosidade da costa rochosa do município do rio de janeiro: Contribuição para os planos de segurança e prevenção de acidentes.** Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Estudos sobre costas rochosas são de grande valia na elaboração de planos de segurança e prevenção de acidentes. Dos perigos enfrentados pelos usuários dessas localidades costeiras estão as ondas. A maioria dos acidentes é ocasionada pelo movimento de subida e descida das ondas nas superfícies rochosas, conhecido como lavagem, que acaba arrastando os usuários para o mar. A magnitude da lavagem é influenciada tanto por aspectos ligados a morfologia da costa como pelo clima de ondas local. Acidentes por lavagens são comuns na costa rochosa do município do Rio de Janeiro. Diante disso, o presente estudo busca, através de parâmetros geomorfológicos e oceanográficos, avaliar o grau de periculosidade de locais da costa em questão utilizados para lazer. O reconhecimento das faixas de atuação das ondas funcionou como indicador dos alcances máximos atingidos pelas lavagens nos locais avaliados. Os resultados mostram que a orientação dos locais frente à direção das ondas exerce influência significativa na magnitude das lavagens. A inclinação mais suave de alguns trechos da costa pode aumentar o grau de exposição de alguns locais frente à ação das ondas. Os locais mais expostos às ondulações de tempestade vindas dos quadrantes de S e que apresentam lavagens de maior alcance foram considerados os mais perigosos. Já os locais orientados para os quadrantes de W, N e E apresentam lavagens de menor alcance foram considerados os mais seguros. A rugosidade da superfície não exerce grande influência na magnitude das lavagens. No entanto, a mesma pode ser considerada um elemento potencializador do perigo. Nos locais com superfície classificada como lisa a probabilidade de o usuário escorregar no mar é maior. A partir dos parâmetros analisados os locais tiveram seu grau de periculosidade classificado como baixo, moderado, elevado e muito elevado. Espera-se que os resultados encontrados pela pesquisa possam servir no auxílio de medidas preventivas e na redução de acidentes na costa rochosa do município.

Palavras-chave: Costa rochosa, ondas, periculosidade.

## ABSTRACT

MIGUEL, Felipe Lima Campos Guimarães. **Avaliação da periculosidade da costa rochosa do município do rio de janeiro: Contribuição para os planos de segurança e prevenção de acidentes.** Rio de Janeiro, 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Studies of rocky coasts are of great value in developing security plans and accident prevention. The dangers faced by users of these coastal regions are the waves. Most accidents are caused by the rise and down movement of waves on the rocky surfaces, known as wash, which ends up dragging users of the sea. Aspects linked to the coast morphology and the local wave climate influence the magnitude of the wash. Accidents washes are common on the rocky coast of the city of Rio de Janeiro. Thus, this study aims, through geomorphological and oceanographic parameters, assess the degree of dangerousness shore sites in question used for leisure. The recognition of the waves acting bands worked as an indicator of the maximum ranges achieved by washing the assessed locations. The results show that the orientation direction of the local wave front has a significant influence on the magnitude of the washes. The gentler slope of some stretches of the coast can increase the degree of exposure of some locations to the action of the waves. More exposed to the coming storm ripples of S quadrants and with the greatest range of washes sites were considered the most dangerous. Already sites oriented by W, N and E quadrants and have less reach washes the safest were considered. The surface roughness exerts no significant influence on the magnitude of the washes. However, it can be considered a hazard element enhancer. In places with classified surface as smooth, user likely slip into the sea is higher. From the parameters analyzed, the sites had their degree of dangerousness classified as low, moderate, high and very high. It is expected that the findings of the research can serve the aid of preventive measures and reduce accidents on the rocky coast of the municipality.

Key words: Rocky Coast, waves, dangerousness

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Infraestrutura para visitação de locais da costa rochosa do município.....	17
Figura 2: Resgate de pescador realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar (CBMERJ) em local da costa rochosa do município.....	18
Figura 3: Lavagem de onda arrastando um usuário para dentro d'água.....	19
Figura 4: Motivações da pesquisa.....	20
Figura 5: Bases para avaliar o grau de periculosidade dos locais frequentados da costa rochosa do município do Rio de Janeiro, objetivo central do presente estudo.....	22
Figura 6: Localização da área de estudo.....	23
Figura 7: Histograma com a) Direção e altura significativa das ondas e b) Período.....	25
Figura 8: Mapa esquemático dos Domínios e Regiões Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro com destaque para a localização da área de estudo.....	26
Figura 9: Trechos da costa rochosa do município do Rio de Janeiro.....	27
Figura 10: Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:400.000, com detalhe para os tipos de rocha encontrados na área de estudo.....	28
Figura 11: Mapa Geológico na escala 1:100.000, com detalhe para os tipos de rocha encontrados na área de estudo.....	29
Figura 12: Falésias e plataformas, as formas de costa rochosa mais estudadas no mundo .....	32
Figura 13: Bancadas presentes na costa rochosa do município do Rio de Janeiro.....	33
Figura 14: Perfis de falésias de acordo com a variação de resistência da rocha e sua relativa eficácia dos processos erosivos marinhos (M) e os processos erosivos subaéreos (Sa).....	35
Figura 15: Ação hidráulica das ondas nas fissuras presentes nas rochas .....	36
Figura 16: Quadro conceitual de riscos e perigos associados à costa rochosa (Fonte: Kennedy <i>et al.</i> , 2013).....	40



Figura 17: Lavagem das ondas arrastando usuários para dentro do mar .....	41
Figura 18: Zona de espraiamento na praia (Fonte: Site <a href="http://www.cem.ufpr.br">www.cem.ufpr.br</a> ).....	42
Figura 19: Lavagem realizada pelas ondas em locais da costa rochosa do município: A) Lavagem vista em perfil; B) e C) Lavagem vista em planta.....	43
Figura 20: Foto em perfil de local da costa rochosa, com destaque para o que a presente dissertação definiu como sendo a face .....	43
Figura 21: Algumas reportagens sobre acidentes em locais da costa rochosa do município que nortearam a seleção dos locais a serem avaliados pela pesquisa (Fonte: acervo digital do Jornal O Globo, disponível no site <a href="http://www.acervo.oglobo.globo.com">www.acervo.oglobo.globo.com</a> ).....	47
Figura 22: Detritos deixados pelos usuários e suportes feitos com canos de PVC para apoiar equipamento de pesca.....	48
Figura 23: Cabos improvisados por usuários para acessar certos locais da costa rochosa .....	49
Figura 24: Comprimento da face e extensão lateral de local da costa rochosa utilizados para delimitar a área representativa onde foram feitas as medições propostas pela pesquisa .....	50
Figura 25: Ferramenta “Caminho” do aplicativo Google Earth, utilizada para delimitar a extensão lateral aproximada dos locais selecionados.....	51
Figura 26: Trecho 1, situado entre a Praia do Forte São João e a Praia Vermelha, com destaque para a localização dos locais selecionados pelo estudo .....	53
Figura 27: Locais selecionados do trecho 1: A) L1; B) L2 e L3; C) L4 .....	53
Figura 28: Trecho da costa rochosa situado entre a Praia Vermelha e o Morro do Leme, com destaque para os locais avaliados pelo presente estudo .....	54
Figura 29: Locais selecionados do trecho: A) L5; B) L6 .....	55
Figura 30: Trecho do Costão do Leme, com destaque para local selecionado pelo estudo .....	56
Figura 31: O Caminho do Pescador - Local L7 .....	56

Figura 32: Trecho da Pedra do Arpoador, com destaque para os locais selecionados .....	57
Figura 33: Locais selecionados da Pedra do Arpoador: A) L8, L9 e L10; B) L11 e L12.....	57
Figura 34: Trecho de costa rochosa localizado entre as praias do Leblon e do Vidigal com a localização dos locais selecionados .....	58
Figura 35: Locais selecionados do trecho: A) L13; B) L14 .....	59
Figura 36: Trecho do Costão da Niemeyer com a localização dos locais selecionados pela pesquisa .....	60
Figura 37: Locais selecionados do trecho 6: A) L15; B) L16; C) L17 e L18 .....	60
Figura 38: Costão da Joatinga (Trecho 7), entre a Ponta do Marisco e a Praia da Joatinga com a localização do L 19 .....	61
Figura 39: L19, local selecionado do trecho 7 .....	62
Figura 40: Trecho 8 (Pontal do Recreio) com a localização dos locais selecionados pelo estudo .....	63
Figura 41: Alguns Locais selecionados do trecho do Pontal do Recreio (Trecho 8): A) L21 e L22; B) L23; C) L24 e L25; D) L26.....	63
Figura 42: Trecho 9 com a localização dos locais selecionados pelo estudo .....	64
Figura 43: Locais selecionados da costa rochosa no trecho 9 (entre Praia da Macumba e Prainha): A) L28; B) L29; C) L30; D) L31 .....	65
Figura 44: Trecho 10 (Costão do Grumari) com a localização dos locais selecionados pelo estudo.....	66
Figura 45: Locais selecionados no trecho do Costão de Grumari.....	66
Figura 46: Trecho entre a Praia Funda e a Praia do Inferno, com a localização do local selecionado pelo estudo .....	67
Figura 47: Local L 36, no trecho descrito.....	67
Figura 48: Trecho 12, onde está localizado o L37; Trecho 13, onde está localizado o L38.....	68

Figura 49: Locais selecionados pelo estudo: A) L37; B) L38 .....	68
Figura 50: Trecho 14 (Pedra da Tartaruga) com a localização dos locais selecionados .....	69
Figura 51: L39 e L40, locais do trecho 14.....	70
Figura 52: Trecho 15 com a localização dos locais selecionados.....	71
Figura 53: Locais selecionados no trecho 15: A) L42; B) L43; C) L44; D) L45; E) L46.....	71
Figura 54: Trecho 16 com a localização dos locais selecionados pelo trabalho.....	72
Figura 55: Locais do trecho 16: A) L49; B) L50.....	72
Figura 56: Faixas presentes nos locais da costa rochosa.....	74
Figura 57: Faixa inferior: Coloração típica da faixa descrita (Fotos A, B e C); Usuários “escalando” a faixa (Foto D).....	75
Figura 58: Local L30 (no trecho 9), observado em dias com diferentes condições de mar.....	76
Figura 59 – Faixa mediana de local da costa rochosa.....	77
Figura 60: Marcas d’água indicando ondas alcançando a faixa mediana de local da costa rochosa em dia típico de ressaca.....	77
Figura 61 – Faixa superior de local da costa rochosa.....	78
Figura 62: Coloração típica da faixa superior, com detalhe nos líquens presentes na superfície rochosa.....	78
Figura 63: Cactos presentes na faixa superior em local da costa rochosa.....	79
Figura 64 – Largura das faixas utilizadas como indicador do alcance atingido pela lavagem das ondas.....	80
Figura 65: Processo de medição da largura da faixa inferior.....	81
Figura 66: Trena sendo utilizada para medir a faixa mediana e a faixa superior dos locais selecionados pelo estudo.....	82

Figura 67: Pontos de medição da inclinação dos locais, nas três faixas de lavagem.....	83
Figura 68: Tipos de rugosidade encontrada na costa rochosa.....	84
Figura 69: Superfícies mais encontradas na faixa superior dos locais avaliados.....	85
Figura 70: Superfícies mais encontradas na faixa mediana dos locais avaliados.....	85
Figura 71: Superfícies mais encontradas na faixa inferior dos locais avaliados.....	86
Figura 72: A) Superfície de local da costa rochosa classificada como lisa; B) superfície lisa em maior detalhe; C) Trecho do Pontal do Recreio, com superfície classificada como lisa.....	87
Figura 73: Superfície classificada como rugosa.....	88
Figura 74: Descontinuidades presentes na superfície “acidentada”.....	89
Figura 75: Valores de azimute utilizados como referência para classificar a orientação da face dos locais avaliados.....	90
Figura 76: Indicadores e variáveis analisados pelo estudo para inferir o grau de periculosidade dos locais frequentados da costa rochosa do município.....	93
Figura 77: Placa de sinalização de perigo no trecho da costa rochosa entre a Praia da Macumba e a Prainha (Trecho 9).....	94
Figura 78: Placa de sinalização de perigo no trecho da Ponta do Picão (trecho 16).....	95
Figura 79: Largura da faixa inferior e mediana dos locais da costa rochosa.....	96
Figura 80: L9, no trecho da Pedra do Arpoador.....	97
Figura 81: L6, entre a Praia Vermelha e o Costão do Leme.....	98
Figura 82: Largura média da faixa inferior e da faixa mediana, de acordo com a orientação dos locais.....	100
Figura 83: Onda tangenciando a face de local da costa rochosa .....	102
Figura 84: Inclinação média encontrada nas faces dos locais.....	103

Figura 85: Inclinação encontrada na faixa inferior dos locais.....	104
Figura 86: Inclinação encontrada na faixa mediana dos locais.....	104
Figura 87: Alcance atingido pela faixa inferior em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 10 e 20°).....	105
Figura 88: Alcance atingido pela faixa inferior em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 20 e 30°).....	106
Figura 89: Alcance atingido pela faixa mediana em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 10 e 20°).....	107
Figura 90: Alcance atingido pela faixa mediana em locais com diferentes tipos de face (Faixa com inclinação medindo entre 20 e 30°).....	107
Figura 91: Aderência relativa da superfície dos locais estudados.....	108
Figura 92: Trecho entre o Pão-de-Açúcar e a Praia Vermelha, com destaque para os locais avaliados.....	110
Figura 93: Trecho do Costão do Leme, com destaque para o local avaliado.....	111
Figura 94: Trecho da Pedra do Arpoador, com destaque para os locais avaliados.....	112
Figura 95: Trecho da costa rochosa entre a Praia do Leblon e a Praia do Vidigal, com destaque para os locais avaliados.....	113
Figura 96: Trecho da Niemeyer, com destaque para os locais avaliados.....	114
Figura 97: Trecho da Joatinga, com destaque para o local avaliado.....	115
Figura 98: Trecho do Pontal do Recreio, com destaque para os locais avaliados.....	116
Figura 99: Trecho de costa rochosa entre a Praia da Macumba e a Prainha, com destaque para os locais avaliados.....	117
Figura 100: Trechos de costa rochosa entre a Praia de Grumari e a Praia do Meio, com destaque para os locais avaliados.....	118
Figura 101: Trecho de costa rochosa entre a Ponta do Picão e a Ponta da Tartaruga, com destaque para os locais avaliados.....	119

Figura 102: Trecho da Ponta do Picão, com destaque para os locais avaliados.....	120
Figura 103: Localização dos locais frequentados da costa rochosa do município classificados pela pesquisa como os menos perigosos.....	121
Figura 104: O Caminho do Pescador (o L7), com detalhe para o alcance da faixa mediana.....	122
Figura 105: Reportagem sobre acidente ocorrido no Caminho do Pescador, no trecho do Costão do Leme (Fonte: Jornal O GLOBO, 26 de agosto de 1992).....	123
Figura 106: Localização dos locais mais expostos de todos os classificados com grau de periculosidade moderado.....	124
Figura 107: Localização dos locais classificados com grau de periculosidade elevado.....	125
Figura 108: Locais com grau de periculosidade muito elevado.....	126
Figura 109: Locais com grau de periculosidade muito elevado.....	127
Figura 110: Parte da ciclovia destruída por lavagem das ondas no L16, o Castelinho.....	128
Figura 111: L18 e L17, com detalhe na ciclovia recém-construída.....	129
Figura 112: Reportagens sobre acidentes ocorridos na Pedra do Roncador, o local L30 da pesquisa .....	130
Figura 113: Placa de sinalização em local da costa rochosa, com as possíveis contribuições desta pesquisa.....	132
Figura 114: Boia salva-vidas ( <i>angel rings</i> ).....	133

## SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1 - OBJETIVOS .....	21
1.1.1 - <b>Objetivo geral</b> .....	21
1.1.2 - <b>Objetivo específico</b> .....	21
<b>2 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO</b> .....	23
2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
2.2 - CLIMA DE ONDAS E REGIME DE MARÉS DA REGIÃO.....	24
2.3 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAIS.....	26
<b>3 - EMBASAMENTO BIBLIOGRÁFICO</b> .....	31
3.1 - COSTAS ROCHOSAS: DEFINIÇÕES E FORMAS MAIS ESTUDADAS .....	31
3.2 - DEFINIÇÃO DE COSTÕES E FALÉSIAS.....	33
3.3 - A GEOMORFOLOGIA DE COSTAS ROCHOSAS: OS FATORES CONTROLADORES E OS PRINCIPAIS PROCESSOS EROSIVOS.....	34
3.4 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO APLICADO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM COSTAS ROCHOSAS .....	36
3.5 - RISCOS E PERIGOS ASSOCIADOS À COSTAS ROCHOSAS.....	38
3.6 - A LAVAGEM REALIZADA PELAS ONDAS EM COSTAS ROCHOSAS .....	40
3.7 - ASPECTOS LIGADOS À DINÂMICA DE COSTA ROCHOSA E OS MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAR OS PERIGOS OFERECIDOS AOS USUÁRIOS .....	44
<b>4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	46
4.1 - LOCAIS DA COSTA ROCHOSA A SEREM AVALIADOS QUANTO AO GRAU DE PERICULOSIDADE.....	46
4.2 - MENSURAÇÃO DOS FATORES LIGADOS À DINÂMICA DE COSTAS ROCHOSAS.....	73
<b>4.2.1 - A lavagem realizada pelas ondas</b> .....	73
4.2.1.1 - A faixa inferior .....	74
4.2.1.2 - A faixa mediana .....	76
4.2.1.3 - A faixa superior .....	78

<b>4.2.2 - A inclinação</b> .....	82
<b>4.2.3 - A rugosidade</b> .....	83
<b>4.2.4 - A orientação dos locais frente às ondulações</b> .....	89
<b>4.2.5 - Avaliação do grau de perigo oferecido pelos locais da costa rochosa</b> ..	90
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	94
5.1 - AS SINALIZAÇÕES EXISTENTES AO LONGO DA COSTA ROCHOSA.....	94
5.2 - O ALCANCE DA LAVAGEM REALIZADA PELAS ONDAS .....	95
5.3 - A ORIENTAÇÃO DA FACE DOS LOCAIS.....	99
5.4 - A INCLINAÇÃO DOS LOCAIS .....	102
5.5 - A RUGOSIDADE DAS SUPERFÍCIES E O ALCANCE DAS LAVAGENS.....	105
5.6 - O GRAU DE PERICULOSIDADE DOS LOCAIS FREQUENTADOS DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO .....	109
<b>5.6.1 - Locais com grau de periculosidade baixo</b> .....	120
<b>5.6.2 - Locais com grau de periculosidade moderado</b> .....	123
<b>5.6.3 - Locais com grau de periculosidade elevado</b> .....	124
<b>5.6.4 - Locais com grau de periculosidade muito elevado</b> .....	125
<b>6 - CONCLUSÕES</b> .....	131
<b>7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	134
<b>ANEXOS</b> .....	140
ANEXO A - EXTENSÃO LATERAL APROXIMADA, COMPRIMENTO DA FACE E ÁREA REPRESENTATIVA DOS LOCAIS SELECIONADOS DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO.....	140
ANEXO B - ORIENTAÇÃO DA FACE E LARGURA DAS FAIXAS DOS LOCAIS ESTUDADOS.....	142
ANEXO C - INCLINAÇÃO DOS LOCAIS .....	144
ANEXO D - TIPO DE SUPERFÍCIE DOS LOCAIS.....	146
ANEXO E - DADOS DOS PERFIS REALIZADOS NOS LOCAIS ESTUDADOS.....	148
ANEXO F - LARGURA DAS FAIXAS E COMPRIMENTO DAS FACES DOS PERFIS .....	153



## 1 - INTRODUÇÃO

No Brasil, a Região Sudeste concentra grande parte da costa rochosa. Faria (2016) calculou que só no estado do Rio de Janeiro a extensão da costa com litologias cristalinas fica na ordem de 860 quilômetros, levando em consideração todas as ilhas e reentrâncias, enquanto a extensão total do litoral ficou em 1760 quilômetros. Nesta porção litorânea do estado está localizado o município do Rio de Janeiro. Com uma beleza cênica exuberante, boas condições de balneabilidade e oferta de variados tipos de pescado, sua costa rochosa é frequentada por diversos tipos de usuário. O uso cada vez mais frequente fez com que alguns locais “ganhassem” caminhos para passeios, decks com restaurantes e postes de iluminação para visitas noturnas (Figura 1).



Figura 1: Infraestrutura para visitação de locais da costa rochosa do município (Foto A: Felipe Miguel; Foto B - Fonte: Site [www.mergulhadores.com.br](http://www.mergulhadores.com.br); Foto C - Fonte: Site [www.noticias.r7.com](http://www.noticias.r7.com); Foto D - Fonte: Site [www.globo.com](http://www.globo.com)).

Segundo o *Surf Life Saving Australia* (SLSA) - Autoridade em prevenções de afogamentos em zonas costeiras - as costas rochosas, de uma maneira geral, representam claramente um local de alto risco de acidentes, colocando assim desafios significativos para a gestão costeira. Na Austrália, 113 pessoas morreram em costas rochosas entre as temporadas de verão de 2004/5 e 2010/11, respondendo por 18% de todas as mortes de afogamento na costa australiana (SLSA *Annual Report*, 2011- 2012).

Para o município do Rio de Janeiro o Corpo de Bombeiros Militar do Estado (CBMERJ) e a Secretaria de Estado de Defesa Civil (CEDEC) são os órgãos públicos responsáveis pela segurança dos usuários da costa rochosa. Os mesmos não possuem uma estatística voltada para os acidentes ocorridos. Por exemplo, não dizem precisamente onde a pessoa se acidentou ou que atividade estava realizando no momento. Tais informações, de certa forma, auxiliariam na localização dos locais mais perigosos, que merecem atenção (Figura 2).



Figura 2: Resgate de pescador realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar (CBMERJ) em local da costa rochosa do município (Fonte: Site [www.g1.globo.com](http://www.g1.globo.com), acesso em 02 nov. 2015).

Dentre os perigos enfrentados pelos usuários de costa rochosa estão as ondas. A maioria dos acidentes é ocasionada pelo movimento de subida (“*set up*”) e descida (“*set down*”) das ondas nas superfícies rochosas, conhecido como lavagem (“*wash*”). São essas lavagens que acabam arrastando os usuários para o mar (Kennedy *et al.*, 2013).



Figura 3: Lavagem de onda arrastando um usuário para dentro d’água.

(Fonte: Site [www.media.bom.gov.au](http://www.media.bom.gov.au))

A lavagem, por sua vez, é influenciada pela rugosidade encontrada na superfície da costa rochosa, sua inclinação, largura e sua borda em contato com o mar. Segundo Kennedy (*op. cit.*), os níveis de periculosidade e segurança para o uso de costas rochosas estão, em grande parte, ligados à própria geomorfologia assim como o seu grau de exposição às ondas.

Na última década, apesar de ter havido um crescente interesse em se conhecer melhor a dinâmica desse ambiente costeiro, a especialidade sobre o tema

é ainda pequena, quando comparado com outros sistemas de paisagem, tais como praias, rios ou geleiras (Kennedy, Stephenson e Naylor, 2014).

Alguns autores justificam a carência de estudos sobre costas rochosas à dificuldade e à periculosidade de acesso em função da exposição às ondas fortes, à inclinação elevada e às localizações remotas em que estas se encontram (Trenhaile, 1987; Suguio, 1992). Outros já associam a baixa produção de trabalhos sobre o tema a uma preferência de muitos pesquisadores em querer estudar as praias, percebidas pelos mesmos como zonas de maior valor social e econômico (Horn, 1997).

Segundo Carter e Woodroffe (1994) a falta de conhecimento sobre as costas rochosas é preocupante já que a expansão antrópica sobre essas áreas está sendo feita de maneira intensa, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. Muitos acidentes poderiam ser reduzidos se houvesse uma compreensão mais clara de como as ondas interagem com as formas encontradas em tais costas (Woodroffe *et al.*, 2012).

Neste contexto, o presente estudo visa aprimorar o conhecimento sobre a interação existente entre a geomorfologia de costa rochosa do município do Rio de Janeiro com o comportamento das ondas a que ela está submetida. Espera-se que o resultado desta pesquisa possa servir no auxílio de medidas preventivas e na redução de acidentes nessa porção litorânea (Figura 4).

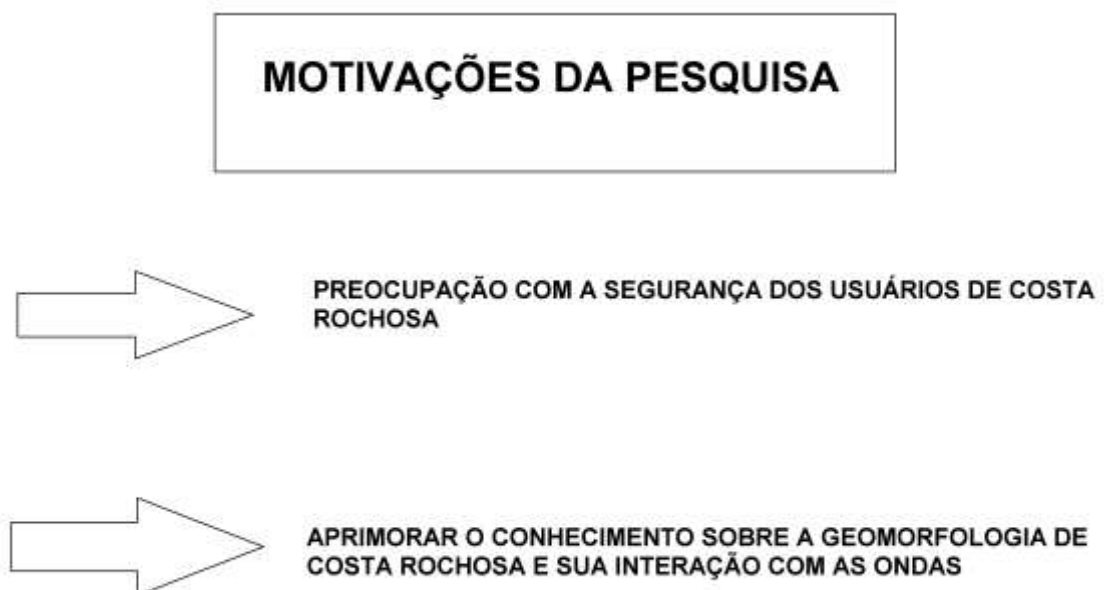


Figura 4: Motivações da pesquisa.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo parte do princípio de que o conhecimento sobre a dinâmica das ondas em costas rochosas é fundamental na elaboração dos planos de segurança e prevenção de acidentes. A compreensão das relações existentes entre a geomorfologia desse ambiente costeiro com a lavagem realizada pelas ondas permite localizar e identificar os locais considerados mais críticos com relação ao perigo oferecido aos usuários. Diante disso, o estudo objetiva aprimorar o conhecimento sobre as lavagens realizadas pelas ondas que atingem a costa rochosa do município do Rio de Janeiro considerando as relações existentes entre parâmetros geomorfológicos (características das formas encontradas) e parâmetros oceanográficos (direção das ondulações e tamanho das ondas).

### 1.1.2 Objetivo específico

O estudo tem como objetivo específico avaliar o grau de periculosidade de diversos locais da costa rochosa do município, utilizados para lazer, tomando como base as seguintes questões:

- Qual o alcance atingido pela lavagem das ondas nos locais frequentados da costa rochosa do município
- Quais as inclinações que predominam ao longo desses locais
- Quais os tipos de rugosidade encontrados nas superfícies rochosas desses locais e qual a sua influência no alcance atingido pelas lavagens.
- Qual o grau de exposição dos locais frente às ondulações que atingem o litoral em questão.



Figura 5: Bases para avaliar o grau de periculosidade dos locais frequentados da costa rochosa do município do Rio de Janeiro, objetivo central do presente estudo.



## 2 - CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

### 2.1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

De acordo com a classificação de Muehe (1998), a costa rochosa do município faz parte do Litoral Sul do estado do Rio de Janeiro. Tal classificação se baseia na mudança de orientação no litoral a partir da Ilha de Cabo Frio (RJ). Esta mudança brusca na linha de costa está associada à presença da zona de fratura oceânica do Rio de Janeiro, responsável pela orientação leste-oeste que passa a predominar na costa (Figura 6).



Figura 6: Localização da área de estudo (Fonte: Google Earth)

## 2.2 - CLIMA DE ONDAS E REGIME DE MARÉS DA REGIÃO

A altura e direção das ondas, assim como o regime de marés, são primordiais para a compreensão do alcance atingido pela lavagem das ondas na costa rochosa. As características do clima de ondas local servem como base para avaliar o perigo oferecido pelos locais frequentados.

Como já abordado em diversos trabalhos ligados à geomorfologia costeira, o clima de ondas para o litoral do Rio de Janeiro é resultado da interação dos sistemas de larga escala atuantes no Atlântico Sul, como o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que predomina durante todo ano. Sua atuação confere à região condições atmosféricas de estabilidade, com ventos e ondulações provenientes do quadrante NE e SE. Durante os meses de outono e inverno predominam os sistemas frontais e ciclones extratropicais que produzem ventos e ondulações vindas do quadrante SW e SE responsáveis pelas tempestades e condições denominadas de “mau tempo”.

Estudos realizados por Pianca *et al.* (2010) apontam algumas características referentes a altura significativa das ondas que atingem essa porção da linha de costa ao longo do ano, com suas respectivas direções. No verão a direção de onda dominante para a região é proveniente de S, com alturas que variam entre 1 e 2 metros e períodos de 10 a 12 segundos. As maiores ondas são provenientes da direção SW e podem atingir até 4 metros de altura. No outono, a direção de onda que predomina é a S, com alturas entre 1 e 3 metros e períodos de 10 a 12 segundos. As maiores ondas nesta estação do ano são as que vêm de SW, podendo atingir até 6,3 metros. No inverno, ondas de S são dominantes, com alturas que variam entre 2 e 3 metros e períodos de 10 a 12 segundos. As mais altas atingem até 5,7 metros. Na Primavera a direção dominante é de E, com alturas entre 1 e 2 metros e períodos de 6 a 8 segundos. As ondas de S que atingem a região nessa estação do ano apresentam altura entre 1 e 3 metros, com períodos de 8 e 12 segundos. Ondas vindas de SE são as maiores nessa época do ano, podendo chegar a 4,5 metros de altura (Pianca *et al.*, 2010).

Pereira e Klumb (2015), em estudo sobre o efeito do fenômeno El Niño no clima de ondas da costa do Rio de Janeiro, também realizaram uma caracterização



das alturas das ondas com suas respectivas direções e períodos numa série temporal abrangendo de janeiro de 1973 até dezembro de 2013 (Figura 7).

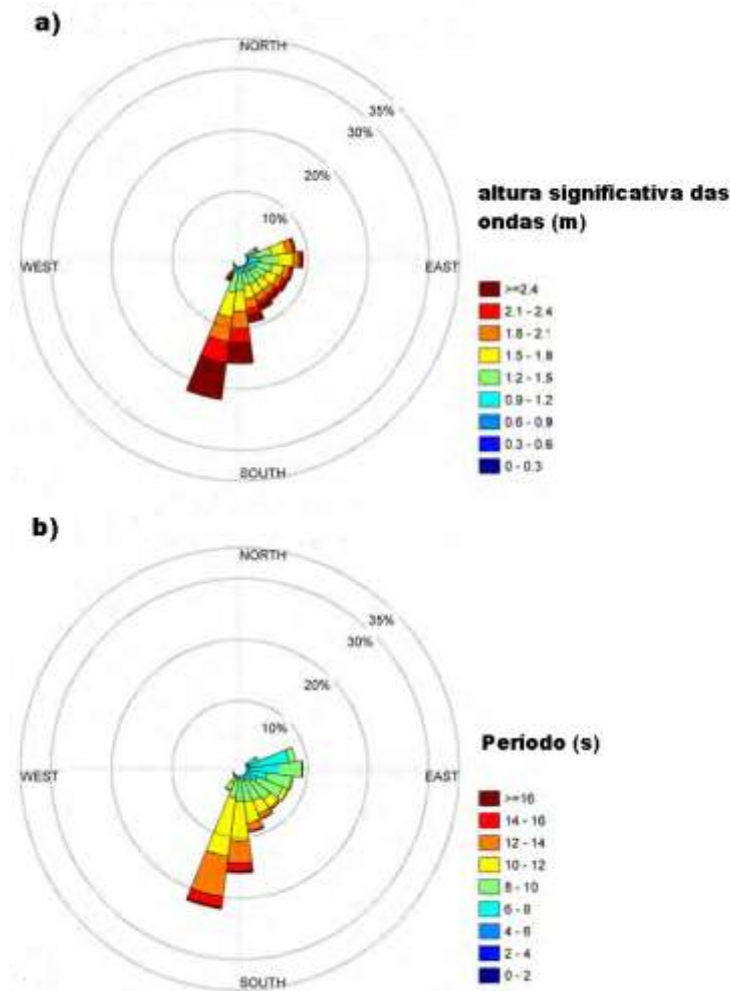


Figura 7: Histograma com a) Direção e altura significativa das ondas e b) Período.

(Fonte: Pereira e Klumb, 2015)

A partir dos estudos realizados por Pereira e Klumb (*op. cit.*) e por Pianca (*op. cit.*), pode-se concluir que a costa rochosa do município é dominada por ondas cuja variabilidade vai desde 1 até 6 metros de altura. O padrão de ondas mais comum para a área de estudo fica na ordem de 1 até 2 metros, com períodos variando de 8 a 12 segundos. As maiores ondulações que atingem a costa do município do Rio de Janeiro são provenientes das direções de SW, S e SE. Quanto às características das marés, seu litoral está associado ao regime de micro-marés (amplitude em sizígia menor que 2 m), segundo proposto por Davies (1964).

### 2.3 - GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA REGIONAIS

Conforme Almeida e Carneiro (1998), a costa rochosa do município está associada à unidade morfoescultural dos maciços costeiros. Essa unidade compreende um conjunto de maciços montanhosos relativamente alinhados sob direção WSW-ENE, desde o maciço da Juatinga ao maciço da Região dos Lagos, estando situados em meio às baías e baixadas litorâneas. Os autores destacam que os maciços são remanescentes de uma antiga borda meridional do graben da Guanabara, outrora inserida no Planalto Atlântico (no Paleoceno) e que foi intensamente erodida pelo recuo da escarpa da Serra do Mar, originada junto à Falha de Santos. A proximidade da estrutura cristalina dos maciços com a linha de costa origina a feição dos trechos de costa rochosa encontrados no litoral do município (Figura 8).

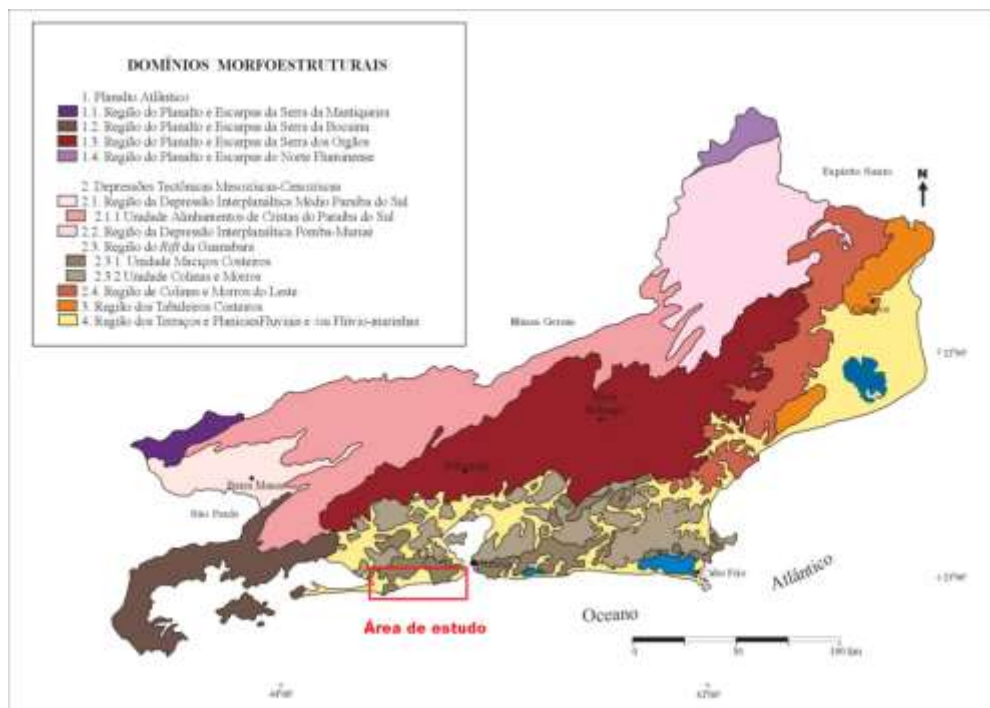


Figura 8: Mapa esquemático dos Domínios e Regiões Morfoestruturais do Estado do Rio de Janeiro com destaque para a localização da área de estudo (Fonte: Silva, 2002).

No litoral do município destacam-se as rochas metamórficas. Elas possuem idades variando entre 500 milhões a 2 bilhões de anos, podendo ser rochas ortoderivadas do metamorfismo sobre rochas ígneas (ortognaisses), que mostram

estrutura planar, ou foliação bem desenvolvida. Outro tipo são as rochas paraderivadas, a partir do metamorfismo das rochas sedimentares (paragnaisses), que possuem minerais típicos de metamorfismo sobre sedimentos, como a sillimanita e a granada. Quanto às rochas ígneas que não sofreram metamorfismo, os granitos são as mais comuns. São constituídos, basicamente, pelos minerais quartzo, feldspato e biotita, que podem ocorrer em proporções variadas (CPRM, 2001).

Esta dissertação se restringiu a estudar apenas locais situados em trechos da costa rochosa da parte continental não sendo consideradas as ilhas. Foram escolhidos, no total, 16 trechos que possuem locais com livre acesso ao público frequentador, localizados entre o Costão do Pão-de-Açúcar e a Ponta do Picão (Figura 9):



Figura 9: Trechos da costa rochosa do município do Rio de Janeiro (Fonte: Google Earth).

Dentre as rochas constituintes dos trechos destacam-se: ortognaisses, granitoides, sillimanita-biotita gnaiss, metadiorito, metatonalito, metagabro, gnaiss granulítico e leucogranitos (CPRM, 2009).

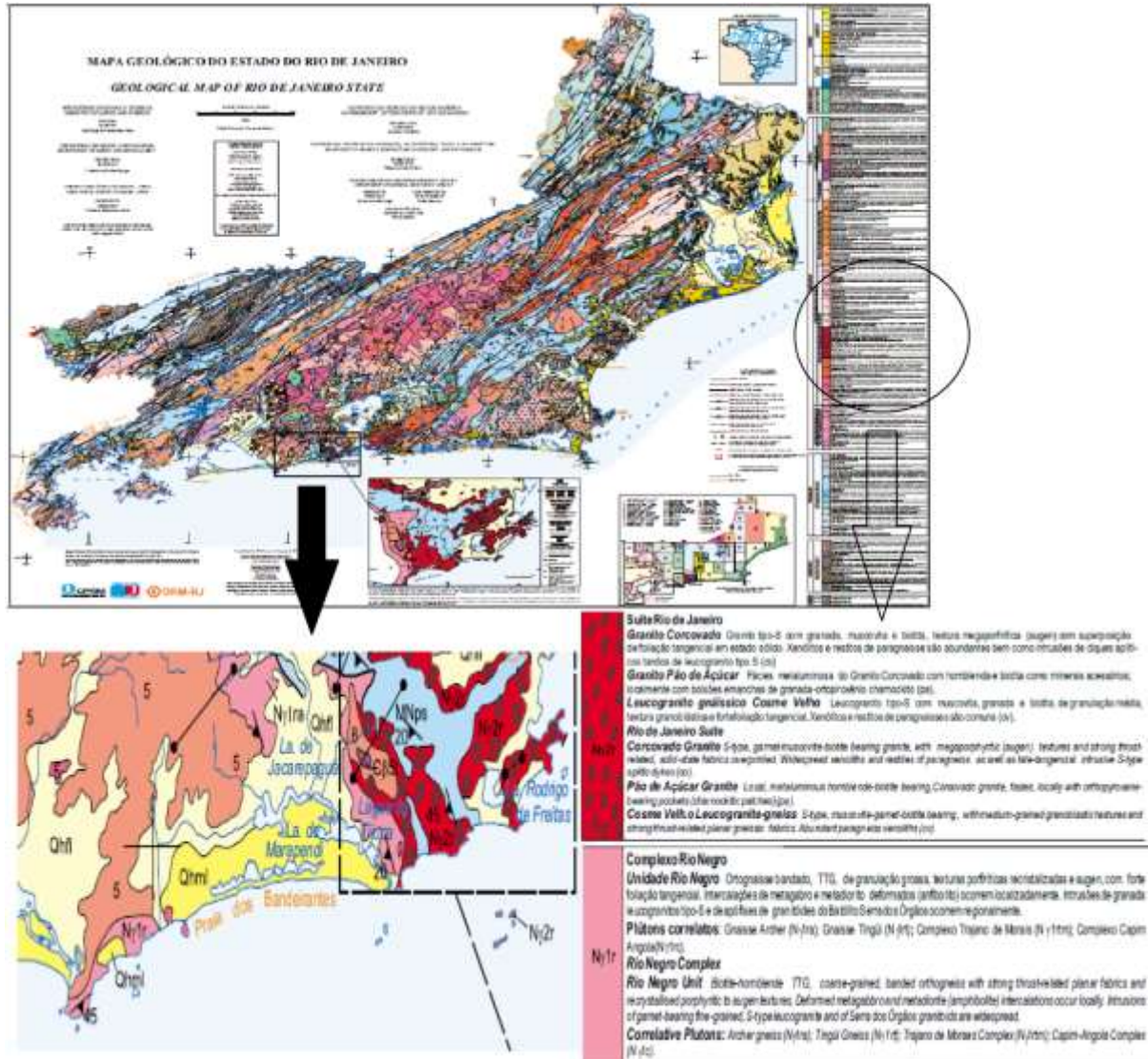


Figura 10: Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro na escala 1:400.000, com detalhe para os tipos de rocha encontrados na área de estudo (Fonte: CPRM, 2001 - Figura ilustrativa).



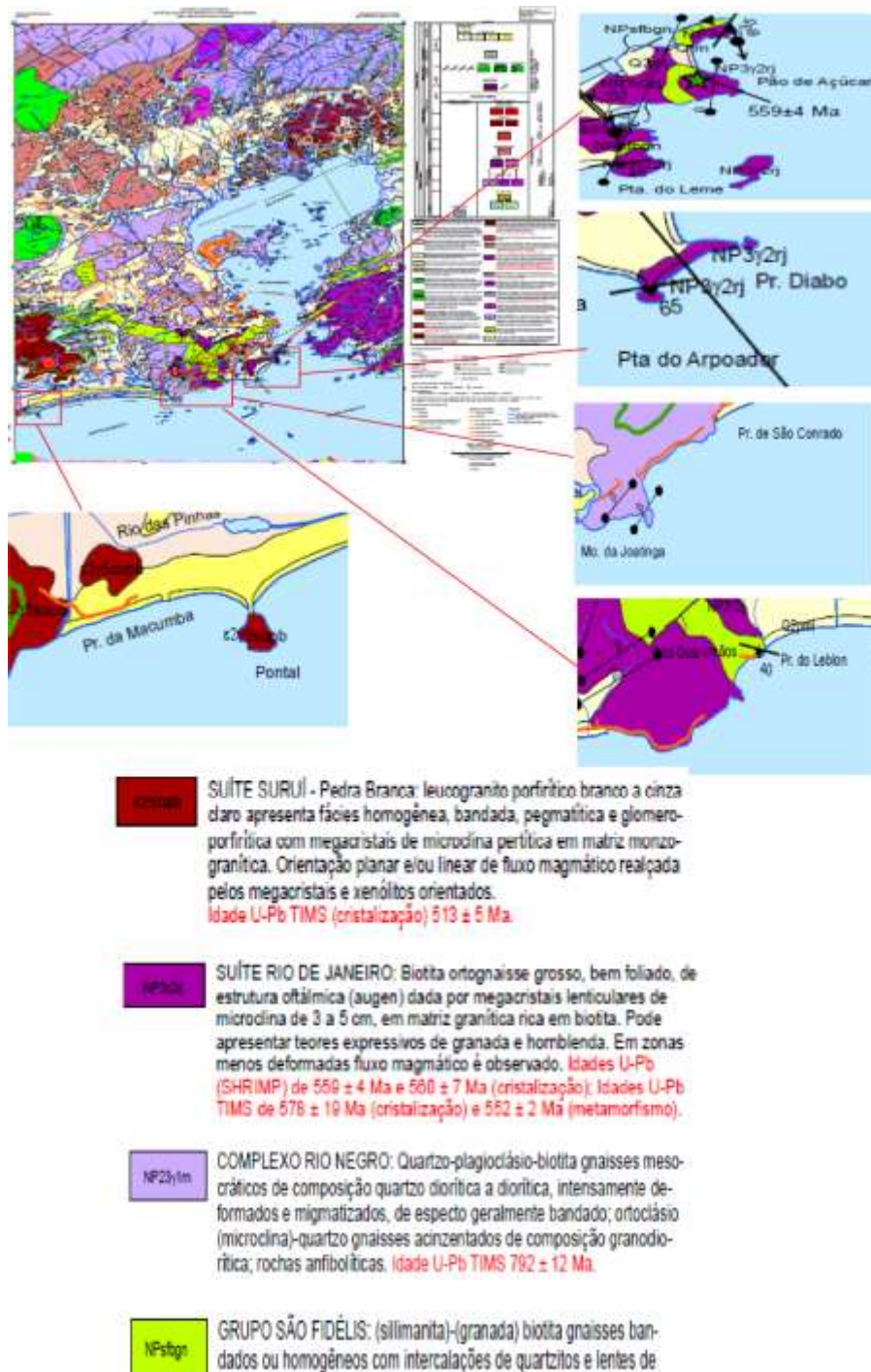


Figura 11: Mapa Geológico na escala 1:100.000, com detalhe para os tipos de rocha encontrados na área de estudo (Fonte: Folha Baía de Guanabara SF23-Z-B-IV CPRM, 2009 - Figura ilustrativa).

Em classificação proposta para o zoneamento da costa rochosa do estado, Faria (2016) chama atenção para as formas encontradas na costa do município do Rio de Janeiro. Há vários promontórios convexos que dão um contorno arredondado a vários trechos, formando principalmente costões e falésias produzidas em escarpas de falha, fraturas e contatos litológicos.

Apesar desses costões e falésias estarem em trechos da costa expostos às ondulações que atingem o litoral em questão, suas formas sinuosas faz com que alguns locais fiquem mais protegidos do ataque direto das ondas, enquanto outros fiquem mais suscetíveis à ação das mesmas. Isso, de certa forma, pode influenciar no alcance atingido pela lavagem das ondas e, assim, no grau de periculosidade dos locais frequentados. Os trechos estudados pelo presente trabalho assim como os locais selecionados para serem avaliados quanto ao grau de periculosidade estão descritos com maior detalhamento no capítulo *Procedimentos Metodológicos*.

### 3 - EMBASAMENTO BIBLIOGRÁFICO

#### 3.1 - COSTAS ROCHOSAS: DEFINIÇÕES E FORMAS MAIS ESTUDADAS

Dada a influência de aspectos ligados à morfologia de costas rochosas no alcance da lavagem realizada pelas ondas, achou-se pertinente fazer aqui uma pequena discussão teórica acerca das definições atribuídas às formas mais encontradas, de uma maneira geral.

As costas rochosas são ambientes costeiros situados na transição entre os meios terrestre e marinho. Emery e Kuhn (1982) as definem como encostas íngremes que margeiam as costas oceânicas e são normalmente encontrados juntos às praias e outros acidentes geográficos costeiros. Elas englobam morfologias diversas, com inclinações bem variadas, indo desde falésias que apresentam gradientes bem acentuados até plataformas com inclinações bem suaves. Na bibliografia internacional as formas mais estudadas são as falésias (“*sea cliffs*”) e as plataformas rochosas (“*shores platforms*”).

“*Sea cliffs*” são caracterizados por falésias expostas à ação das ondas podendo apresentar litologias variadas, que vão desde rochas sedimentares até rochas magmáticas e metamórficas bastante resistentes ao intemperismo e à erosão. Estima-se que os “*sea cliffs*” estão presentes em aproximadamente 80 % da costa oceânica do planeta (Emery e Kuhn, 1982). Os trabalhos realizados por Sunamura (1992) são uma referência para diversos estudos sobre geomorfologia de falésias (“*sea cliffs*”). Em seus estudos, o autor desenvolveu desde modelos conceituais até relações mais gerais entre a geomorfologia de costas rochosas com alta inclinação e taxas de erosão provenientes das ondas.

As “*shore platforms*” (ou plataformas) são formas caracterizadas por serem geralmente planas ou que se inclinam suavemente em direção ao mar, podendo atingir até cerca de um quilômetro de largura. Pistas de 1: 100 são comuns, embora qualquer ângulo entre 0° e 3° pode ser encontrado neste tipo de costa (Trenhaile, 1980). Seus perfis podem variar de linear a côncavos, embora alguns autores descrevam perfis compostos que são convexos no geral (Bradley e Griggs, 1976).

Trabalhos desenvolvidos em plataformas rochosas têm mostrado a influência de suas morfologias na dissipação de energia e na capacidade de erosão das ondas. A taxa de desenvolvimento da plataforma rochosa e sua elevação são determinadas pelo tipo de onda que atinge a base das falésias (Sunamura,1977 *apud* Trenhaile,1987). A figura 12 ilustra as formas de costa rochosa mais estudadas.



Figura 12: Falésias e plataformas, as formas de costa rochosa mais estudadas no mundo: A) Falésia de Nazaré, em Portugal (Fonte: Site [www.reckontalk.com](http://www.reckontalk.com)); B) Plataforma rochosa nas Ilhas Orkney, Reino Unido (Fonte: Site [www.landforms.eu](http://www.landforms.eu)); C) Falésia e plataforma rochosa conjugadas em Broad Bench, Reino Unido (Fonte: Site [www.tynehamopc.org.uk](http://www.tynehamopc.org.uk)).

No município do Rio de Janeiro as formas mais encontradas são os costões e falésias. Não há plataformas rochosas. Em algumas localidades verifica-se apenas a presença de platôs com inclinação inferior a  $15^\circ$  e com comprimento atingindo, no máximo, 20 metros aproximados. Faria (2016) nomeou tais platôs como “bancadas” em sua classificação. Segundo o autor, as bancadas encontradas no litoral do Rio de Janeiro estão associadas à evolução de falésias produzidas por uma conjunção de processos geomorfológicos continentais e marinhos (Figura 13):





Figura 13: Bancadas presentes na costa rochosa do município do Rio de Janeiro (Fonte: Faria, 2016).

### 3.2 - DEFINIÇÃO DE COSTÕES E FALÉSIAS

De uma maneira geral, costões e falésias têm sido colocados pela literatura como sendo feições geomorfológicas que apresentam grandes declividades, mas sem que haja uma inclinação padrão capaz de distingui-las.

Segundo Christofolletti (1980), as falésias são um resalto não coberto pela vegetação, com declividades muito acentuadas e de alturas variadas, localizado na linha de contato entre a terra e o mar. O Dicionário Geológico-Geomorfológico (Guerra, 2011) define as falésias como sendo formas de relevo litorâneo abruptas ou escarpadas ou, ainda, desnivelamento de igual aspecto no interior do continente. Deve-se, no entanto, reservá-lo exclusivamente para definir tipo de costa no qual o relevo aparece com fortes abruptos. Já o costão é definido pelo mesmo dicionário (Guerra, *op. cit.*) como sendo uma denominação regional usada no litoral paulista, para os esporões da Serra do Mar, que penetram na direção do oceano, dando aparecimento de falésias.

Tomando as definições exemplificadas acima nota-se que nenhuma delas enfoca o grau de inclinação que as definem. Kennedy *et al.* (2014) chama a atenção

para a falta de uma definição estrita que delinea uma encosta-costão de uma falésia. Em muitas localidades da costa rochosa encontramos um ambiente bastante variado em termos de inclinação, com costões e falésias interligados. Isso resulta numa interação bastante complexa entre tais formas com a dinâmica e alcance atingido pela lavagem realizada pelas ondas.

### 3.3 - A GEOMORFOLOGIA DE COSTAS ROCHOSAS: OS FATORES CONTROLADORES E OS PRINCIPAIS PROCESSOS EROSIVOS

Costas rochosas variam enormemente em morfologia e nos processos dominantes que atuam sobre elas. Sua geomorfologia é, em geral, controlada por litologia, configuração estrutural, ondas, clima e mudanças relativas do nível do mar. A variação em tais fatores é responsável pelas diferentes formas encontradas no mundo.

Segundo Trenhaile (1987), os perfis encontrados são o resultado da interação de fatores tais como geologia, clima, ondas e regime de marés, a vegetação, o tipo e a quantidade de material de praia em sua base, a topografia da área no topo da costa rochosa e as mudanças em relação ao nível do mar.

Viles e Spencer (1995) enfocam que, em essência, a geomorfologia das costas rochosas é controlada pela interação de processos subaéreos (movimentos de massa de tipos variados, processos hidrológicos e intemperismo) e erosão marinha.

A eficácia do intemperismo também varia de um tipo de rocha para outra, dependendo das características físicas e químicas, e a partir de um lugar para outro, de acordo com o clima prevalecente e a elevação do local no que diz respeito às marés (Trenhaile, *op. cit.*).

Swan (1971) e Tricart (1972) destacam o eficaz papel do intemperismo químico no desenvolvimento das formas encontradas em costas rochosas localizadas nas áreas tropicais úmidas do globo. O intemperismo químico pela maresia (o *salt spray*), por exemplo, é um processo dominante no desenvolvimento das costas rochosas presentes no litoral do Brasil (Tricart, *op. cit.*). Segundo Davies

(1972), as falésias de baixos gradientes encontradas nos trópicos refletem a proeminência do intemperismo químico.

Emery e Kuhn (1982) classificaram perfis de falésias (*cliffs*) de acordo com a variação de resistência das rochas e a eficácia dos processos erosivos. Tal classificação é uma referência para diversos estudos sobre geomorfologia de costas rochosas. O quadro da figura 14 expõe a classificação dos tipos de perfis de falésias propostos por Emery e Kuhn (*op. cit.*).

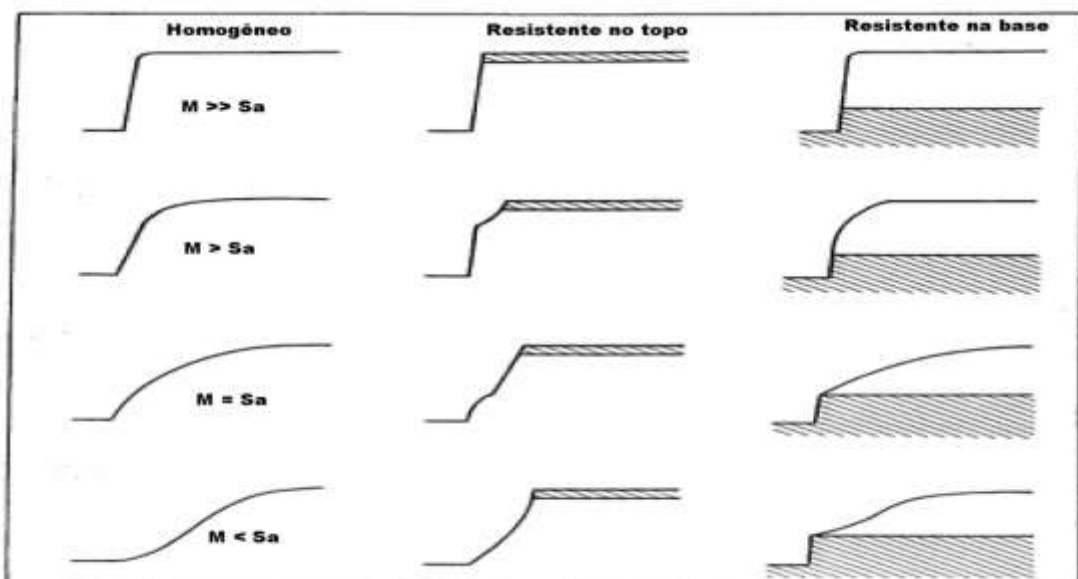


Figura 14: Perfis de falésias de acordo com a variação de resistência da rocha e sua relativa eficácia dos processos erosivos marinhos (M) e os processos erosivos subaéreos (Sa).

(Fonte: Emery e Kuhn, 1982)

Costas rochosas mais expostas sofrem grande impacto da ação das ondas. King (1972) descreve os quatro processos principais pelos quais o mar ataca as rochas. Eles são corrosão, corrasão, atrito e ação hidráulica. A corrosão refere-se ao intemperismo químico das rochas pelo contato com a água do mar. Este processo é particularmente eficaz na rocha calcária, segundo o referido autor. A corrasão implica o ataque direto dos costões por ondas transportando grãos de areia e seixos. As rochas são gradualmente desgastadas e alisadas por este processo. O atrito é o contato do costão com os pedaços de rocha derivados do penhasco ou noutro local. As rochas, ao se tornarem gradualmente mais redondas, podem então ser mais

facilmente deslocadas para longe e alisadas. O último processo, a ação hidráulica juntamente com a pressão do ar, é provavelmente o agente mais eficaz de erosão. Quando as ondas se quebram contra uma costa rochosa, suas fendas são fortemente comprimidas com ar e depois, enquanto a onda se retrai, a pressão é subitamente aliviada. Estas súbitas mudanças de pressão podem ampliar a fratura e soltar pedaços de rocha (King, *op. cit.*).

A eficácia da erosão pelas ondas e a natureza dos processos dominantes em costas rochosas variam no espaço e no tempo, de acordo com a inclinação da superfície e a rugosidade encontrada nas localidades. A figura 15 ilustra o processo de ação hidráulica, considerado pelo autor como o mais eficiente mecanismo de erosão promovido pelas ondas.



Figura 15: Ação hidráulica das ondas nas fissuras presentes nas rochas (Fotos: Mauro Nóbrega).

#### 3.4 – O CONHECIMENTO CIENTÍFICO APLICADO NA PREVENÇÃO DE ACIDENTES EM COSTAS ROCHOSAS

Os acidentes em costas rochosas estão situados dentro da classe dos salvamentos marítimos. O Grupamento Marítimo do CBMERJ (G-Mar) coloca que esse tipo de ocorrência advém do fato de que existem pessoas que se expõem a riscos desnecessários por acreditar conhecer certos locais, desconsiderando a periculosidade das mudanças na condição do mar, por não respeitar suas limitações físicas, além do eventual consumo de álcool e outras drogas, caracterizando assim

um comportamento de risco (Procedimento Operacional Padrão de Salvamento em costão, disponível no site [www.pop.cbmerj.rj.gov.br](http://www.pop.cbmerj.rj.gov.br)).

Apesar de todos os perigos inerentes ao ambiente costeiro, a falta de conhecimento por parte dos usuários ainda é a maior causa para ocorrência de acidentes. O Guia de diretrizes operacionais publicado em 2005 para a segurança das praias europeias coloca como primeira causa para os afogamentos e acidentes em zonas costeiras a ignorância, o desrespeito e a subestimação dos perigos por parte dos usuários (*Safety on Europeans Beaches Operational Guidelines*, 2005).

Recorrendo a literatura especializada na segurança dos usuários de zonas costeiras, é possível perceber uma grande atenção dada às praias. Muitos trabalhos científicos procuram atrelar níveis de segurança às condições geomorfológicas das praias, associando a morfodinâmica das mesmas com riscos relacionados aos banhistas.

No âmbito internacional merecem destaques os trabalhos de Wright e Short (1984) com o desenvolvimento do modelo de estágios morfodinâmicos praias; e o de Short (1999), tratando das condições oceanográficas nas praias, que potencializam o risco de acidentes com banhistas. Os trabalhos abordam especialmente a questão das correntes de retorno associadas aos fundos móveis e aos estágios morfodinâmicos intermediários.

No Brasil, o trabalho desenvolvido por Hoefel e Klein (1998) na costa de Santa Catarina, o de Carvalho (2002) na costa da Bahia, o de Pereira *et al.* (2003) em praias do Rio Grande do Sul e o de Bulhões (2006) nas praias oceânicas do município do Rio de Janeiro, exemplificam algumas contribuições científicas de grande valia para os responsáveis pela segurança dos usuários de praias no território nacional.

Porém, quando se trata das costas rochosas, ainda são poucos os trabalhos científicos que abordam a temática da segurança dos usuários. Kennedy *et al.* (2013) atenta que a falta de se incorporar as costas rochosas na avaliação dos riscos relacionados à linha de costa é uma grande lacuna na gestão costeira especialmente porque, ao contrário dos usuários das praias, as pessoas que usam as costas rochosas para recreação são despreparadas para entrarem na água e nadarem.

A maioria dos locais frequentados da costa rochosa do município do Rio de Janeiro, ao contrário das praias, não possuem postos de salvamento. Muitas localidades utilizadas para recreação estão situadas em áreas remotas da linha de costa da cidade, longe dos postos de guarda-vidas e de difícil acesso. Isso faz do trabalho de prevenção uma ferramenta-chave para reduzir o número de acidentes.

### 3.5 – RISCOS E PERIGOS ASSOCIADOS À COSTAS ROCHOSAS

Em Pereira *et al.* (2003), citando Short *et al.* (1993), os riscos costeiros são colocados como elementos do ambiente que expõem o usuário à perigos que possam vir causar danos à sua vida e a integridade física. Os riscos costeiros podem ser relacionados a fenômenos físicos e biológicos. Riscos físicos incluem a profundidade, quebra de ondas, variabilidades da topografia da praia e da zona de surfe, variabilidade nas correntes na zona de arrebentação, bem como riscos locais (Ex.: rochas, desembocaduras de rios e recifes). Podem ser classificados em riscos permanentes e não permanentes. Na tabela abaixo estão categorizados os riscos permanentes e os riscos não permanentes do ambiente costeiro.

Riscos físicos costeiros com impacto na segurança dos banhistas

Riscos permanentes	Riscos não permanentes
	Topografia da zona de praia e zona de surfe:
Falésias	Variações nas profundidades
	Bancos, cavas e canais
Plataformas rochosas	Quebra de ondas e vagalhões
Rochas	“set up” e “set down” das ondas
Recifes	Correntes de maré
Desembocaduras	Correntes na zona de surfe
Profundidade	Marés meteorológicas

(Fonte: Short *et al.*, 1993 *apud* Pereira *et al.*,2003)

Diante dos riscos costeiros, as costas rochosas representam uma porção do litoral com características consideradas estáticas, incapazes de ajustar sua morfologia durante tempestades, ao contrário praias. Por este motivo, segundo Short (1993), fazem parte da categoria dos chamados riscos permanentes.

Bulhões (2006) fez uma reflexão apurada acerca dos conceitos de riscos e perigos. Em seu trabalho, o autor interpreta tais conceitos a partir da ideia de que o risco é o grau de exposição dos homens e daquilo que estes valorizam, a dados perigos que podem provocar danos e prejuízos à suas vidas. Sobre o olhar do autor, os riscos são os de rotina e os perigos são aqueles promovidos substancialmente por características naturais do ambiente de praia, como a hidrodinâmica marinha e a variabilidade topográfica do fundo na porção próxima à praia.

Segundo Kennedy *et al.* (2013), perigos em zonas costeiras ocorrem ao longo de uma ampla gama de escalas e incluem tsunamis, tempestades, ondas geradas por ventos, correntes de retorno e marés. O grau em que eles afetam a costa é determinado pelas condições de contorno dos acidentes geográficos que compreendem a costa. Já o risco pode ser entendido, segundo o autor, como a combinação de um perigo físico com a exposição, ou seja, o número de pessoas presentes e suas susceptibilidades ao perigo. O risco pode ser visto como uma combinação de a probabilidade de acontecer algo adverso e a provável consequência desse evento.

O quadro conceitual de risco para costas rochosas, desenvolvido por Kennedy (*op. cit.*), chama atenção para o perigo relacionado com as ondas que se chocam com a costa rochosa (Figura 16):



Figura 16: Quadro conceitual de riscos e perigos associados à costa rochosa

(Fonte: Kennedy *et al.*, 2013).

### 3.6 - A LAVAGEM REALIZADA PELAS ONDAS EM COSTAS ROCHOSAS

A compreensão sobre a magnitude da lavagem realizada pelas ondas na costa rochosa constitui ponto-chave para inferir o quão perigoso são certos locais. A zona da costa onde ocorre a lavagem é a área mais crítica quanto aos perigos oferecidos aos usuários (Figura 17).





Figura 17: Lavagem das ondas arrastando usuários para dentro do mar (Fonte da foto A: Site [www.dailyexaminer.com.au](http://www.dailyexaminer.com.au); Fonte da foto B: Site [www.recfishwest.org.au](http://www.recfishwest.org.au)).

Nas praias ocorre uma zona parecida. É conhecida como “zona de espraiamento” (“*swash zone*”). Dado ao paralelo estabelecido aqui entre a lavagem ocorrida em costas rochosas e o espraiamento das ondas verificado nas praias, achou-se pertinente realizar uma breve discussão acerca dessas definições.

Erickson *et al.* (2005), caracterizando a zona de espraiamento de Ocean Beach em São Francisco (Califórnia), define a mesma (“*swash zone*”) como sendo aquela parte da praia que se estende a partir da profundidade mais próxima da costa até o limite de inundação máxima na face da mesma.

Segundo Masselink (2006), a zona de espraiamento corresponde aquela parte da costa alternadamente coberta e exposta pelo fluxo ascendente (o “*uprush*”) e o de retorno (o “*backwash*”) gerado pelas ondas na face da praia.

Longo (2002) define a zona de espraiamento como sendo aquela parte da praia onde ocorre o mínimo e o máximo nível de água durante o “*run up*” (fluxo ascendente) e o “*run down*” (fluxo descendente). No entanto, o autor comenta a falta de uma definição sobre os limites precisos entre a zona de surf e a zona de espraiamento.

No portal eletrônico do Centro de Estudos do Mar da Universidade Federal do Paraná, vinculados ao programa de segurança nas praias do estado do Paraná, a zona de espraiamento é definida como sendo aquela região da praia delimitada entre a máxima e a mínima excursão dos vagalhões sobre a face praia (Figura 18).

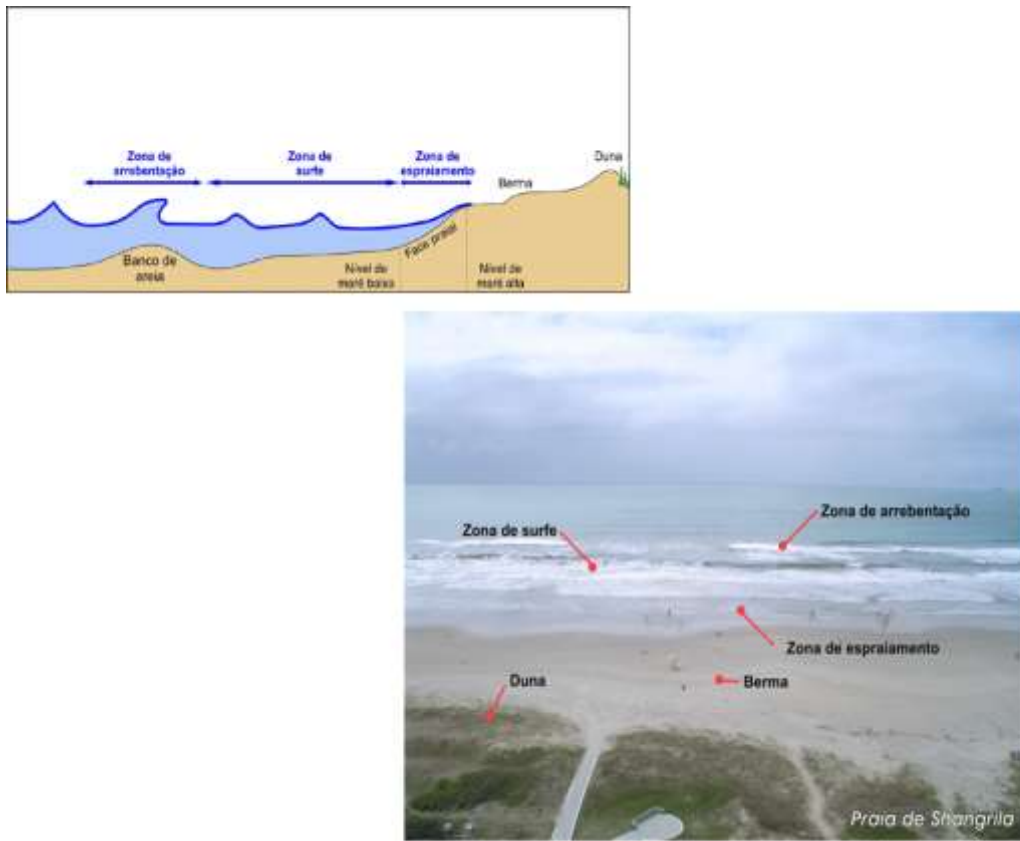


Figura 18: Zona de espraiamento na praia (Fonte: Site [www.cem.ufpr.br](http://www.cem.ufpr.br)).

Diante das definições expostas acima foi considerado por esta dissertação como a “zona de lavagem” a área onde ocorre a movimentação do fluxo hídrico gerado pela onda na superfície emersa da costa rochosa, no instante em esta atinge a sua borda, em contato com a linha d’água do mar, até o limite máximo alcançado pelo fluxo na sua face.

A zona de lavagem numa costa rochosa pode variar bastante, de acordo com as condições do mar do momento e a forma da mesma. Aspectos ligados à inclinação, a rugosidade da superfície e a orientação frente às ondulações pode fazer com que a zona de lavagem varie de local para local numa mesma costa rochosa. A figura 19 ilustra a lavagem realizada pelas ondas em local da costa rochosa do município.



Figura 19: Lavagem realizada pelas ondas em locais da costa rochosa do município: A) Lavagem vista em perfil; B) e C) Lavagem vista em planta (Fotos: Felipe Miguel).

Quanto à face da costa rochosa, a pesquisa considerou a mesma como sendo toda a área emersa compreendida entre a borda da costa (fronteira de contato com a linha d'água do mar) até a presença da vegetação terrestre, na parte mais superior da encosta (Figura 20).



Figura 20: Foto em perfil de local da costa rochosa, com destaque para o que a presente dissertação definiu como sendo a face (Foto: Felipe Miguel).

### 3.7 - ASPECTOS LIGADOS À DINÂMICA DE COSTA ROCHOSA E OS MÉTODOS UTILIZADOS PARA AVALIAR OS PERIGOS OFERECIDOS AOS USUÁRIOS

Os aspectos ligados à natureza da costa rochosa escolhidos pelo presente estudo para avaliar o grau de periculosidade tiveram como base os trabalhos desenvolvidos na costa australiana pela equipe de Kennedy.

Kennedy *et al.* (2013) considerou a altura da onda na borda da plataforma como sendo o parâmetro mais importante já que é isso que leva as pessoas para dentro d'água. Seu trabalho chama a atenção para a dificuldade e o alto custo de se calcular a altura da onda na borda da plataforma já que tal feito requer uma instrumentação a ser implantada em um ambiente perigoso e numa escala muito local. Neste sentido, seu trabalho avalia a energia da onda na borda da mesma (*Wave energy on the platform - Hpe*) como sendo uma função da altura de onda significativa em águas profundas (*Deep-water significant wave height - Hs*) e a profundidade na frente da plataforma (*Front depth - FD*):

- $Hpe = f(Hs, FD)$
- Hpe - Energia da onda na plataforma;
- Hs - Onda significativa em águas profundas;
- FD - Profundidade na frente da plataforma.

O autor coloca que as diversas elevações existentes nas plataformas podem, em conjunto com a maré, influenciar no alcance das ondas em suas superfícies. Algumas plataformas são mais elevadas que outras em relação ao nível do mar. O autor considera que o perigo da plataforma (*Shore Platform Hazard - SPH*) pode ser uma função da altura da onda na borda da mesma (Hpe) e a sua elevação (*Shore Platform elevation – Spe*):

- $SPH = f(Hpe, SPe)$
- SPH - Perigo da plataforma;

- Hpe - Energia da onda na plataforma;
- SPe - Elevação da plataforma.

Seu trabalho aponta para a complexidade de se calcular a elevação da plataforma. Suas análises estão restritas à borda em contato com o mar, dado suas constatações de que essa zona da costa rochosa em questão é a preferida por pescadores, usuários foco de suas pesquisas.

Kennedy *et al.* (2013) faz algumas quantificações sobre os perigos oferecidos pelas costas rochosas utilizando dados batimétricos e topográficos, coletados a partir de um sistema de varredura a laser – o LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Com auxílio do LIDAR na mensuração da batimetria de frente à borda e da elevação da plataforma, o autor classificou quatro tipos principais de bordas: as rampas, as rampas íngremes de falésias, os recifes de sub-maré e as prateleiras de baixa-maré. Através dos dados coletados em diversas plataformas rochosas do estado de Vitória (Austrália), o trabalho de Kennedy faz uma avaliação do grau de periculosidade de diversos locais frequentados.

Apesar de suas pesquisas terem sido realizadas em áreas de plataformas, diferentes dos costões e falésias encontrados na costa rochosa do município do Rio de Janeiro, elas foram de grande valia para a elaboração dos procedimentos metodológicos adotados por esta dissertação.

## 4 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A avaliação do grau de periculosidade da costa rochosa do município foi dividida em três etapas: a) seleção e delimitação dos locais onde seriam feitas as medições; b) realização de trabalhos de campo para mensurar fatores ligados à morfologia dos locais selecionados e suas interações com a dinâmica das ondas; c) Avaliação e classificação do grau de periculosidade dos locais selecionados.

### 4.1 - LOCAIS DA COSTA ROCHOSA A SEREM AVALIADOS QUANTO AO GRAU DE PERICULOSIDADE

A seleção dos locais para coleta de dados e avaliação do perigo se baseou em reportagens sobre acidentes ocorridos na costa rochosa do município, entrevistas com membros do Grupamento Marítimo (G-Mar) do Corpo de Bombeiros Militar do estado do Rio de Janeiro (CBMERJ) e excursões de campo ao longo da costa. Primeiramente foi feito um levantamento de reportagens publicadas em jornais e portais eletrônicos sobre acidentes ocorridos na costa rochosa do município. Através da pesquisa, foram identificados os locais onde são registrados acidentes com maior frequência (Figura 21).



Figura 21: Algumas reportagens sobre acidentes em locais da costa rochosa do município que nortearam a seleção dos locais a serem avaliados pela pesquisa (Fonte: acervo digital do Jornal O Globo, disponível no site [www.acervo.oglobo.globo.com](http://www.acervo.oglobo.globo.com)).

Em conjunto com o levantamento das reportagens foram realizadas entrevistas com membros do Segundo e do Terceiro Grupamento Marítimo do CBMERJ, responsáveis por monitorar grande parte da costa rochosa do município. O G-Mar 2, com sede na orla da Barra da Tijuca, é responsável por monitorar a linha de costa da zona oeste da cidade, desde a Praia da Joatinga até Barra de Guaratiba. O Tenente-Coronel Nelson Borges, encarregado pelo comando do Grupamento, apontou alguns locais da costa rochosa onde ocorre maior número de buscas e salvamentos. O G-Mar 3, com sede localizada na orla de Copacabana, é responsável por cobrir toda a linha de costa compreendida entre o Costão do Leme até a orla de São Conrado. Em entrevista realizada com o Capitão Colaço foi possível identificar locais da referida costa onde ocorrem mais acidentes.

Como colocado na introdução, o Grupamento Marítimo do CBMERJ não possui uma estatística específica voltada para as ocorrências registradas em locais de costa rochosa. O presente estudo chama atenção para o preenchimento desta



lacuna, dada a sua importância no norteamento dos planos de segurança e prevenção de acidentes.

Observa-se que, entre o grupo de usuários que mais frequenta a costa rochosa, estão os pescadores. São eles que, normalmente, abrem trilhas de acesso a diversos locais. Através de trabalhos de campo foi possível reconhecê-las e acessar os locais frequentados. Os detritos deixados pelos usuários assim como a presença de infraestrutura improvisada para facilitar o acesso, como cabos e cordas, também serviram para localizar e inserir os locais na investigação proposta pelo estudo (figuras 22 e 23).



Figura 22: Detritos deixados pelos usuários e suportes feitos com canos de PVC para apoiar equipamento de pesca (Fotos: Felipe Miguel).





Figura 23: Cabos improvisados por usuários para acessar certos locais da costa rochosa.

Ao contrário das praias, diversos locais da costa rochosa do município não possuem nomes conhecidos pelo público em geral. Soma-se a isso o fato dos mesmos não terem uma área com limites bem definidos. Isso dificulta de certa forma a localização de muitos deles.

Para definir onde seriam realizadas as mensurações almejadas pelo estudo, conveniou-se delimitar uma área representativa para cada local selecionado. A área dos locais foi calculada a partir das medidas referentes ao comprimento longitudinal da face e a extensão lateral aproximada dos mesmos. A figura 24 ilustra o que o estudo considerou como sendo o comprimento longitudinal da face e a extensão lateral dos locais:



Figura 24: Comprimento da face e extensão lateral de local da costa rochosa utilizados para delimitar a área representativa onde foram feitas as medições propostas pela pesquisa (Fonte: Google Earth).

O primeiro passo foi delimitar a extensão lateral dos locais. Com o auxílio das imagens de satélite, disponibilizadas pelo aplicativo Google Earth, foi pré-definida uma extensão lateral aproximada para cada local selecionado da costa rochosa. Esta etapa foi realizada utilizando a ferramenta “caminho”, do referido aplicativo (Figura 25):

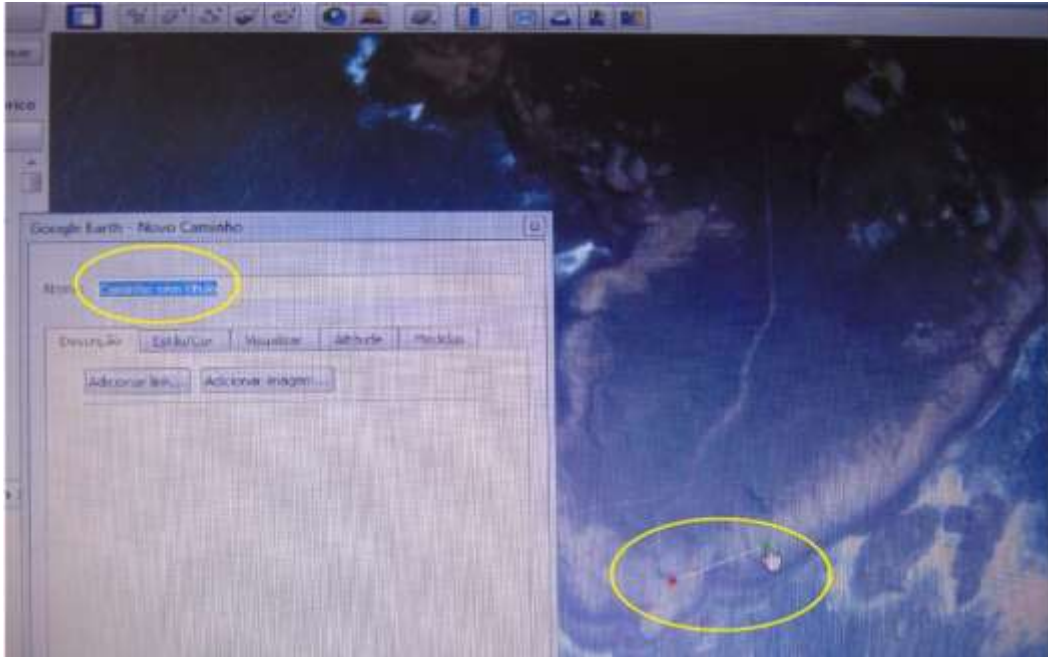


Figura 25: Ferramenta “Caminho” do aplicativo Google Earth, utilizada para delimitar a extensão lateral aproximada dos locais selecionados (Foto: Felipe Miguel).

Após terem suas extensões laterais previamente definidas, o próximo passo foi medir o comprimento da face. Essa parte do trabalho foi feita em campo, através de perfis realizados ao longo da extensão dos mesmos. Com o auxílio de trenas, os locais tiveram o comprimento de suas faces mensurado. Foram realizados de 2 a 6 perfis por local, dependendo da extensão relativa de cada um. Os perfis foram dispostos com aproximadamente 10-15 metros de distância um do outro. No total, foram realizados 142 perfis de mensuração. Com os valores referentes à largura e ao comprimento da face foi delimitada a área representativa dos locais selecionados.

Foram selecionados e delimitados 51 locais na costa rochosa do município. A visão aérea dos trechos é proveniente de imagens Google Earth. Estão em escalas variadas, de acordo com a extensão relativa de cada um. A justificativa pela escolha de tais escalas está na preocupação em mostrar na imagem, além dos trechos de costa rochosa, as praias adjacentes, referência para a localização dos locais selecionados.

As fotos subjacentes, obtidas de embarcações ou no próprio local, destacam em maior detalhe os locais. Pelo fato de muitos não possuírem nomes amplamente conhecido, como frisado anteriormente, resolveu-se enumerá-los e indicá-los com a letra “L” (de “local”).

As informações a respeito das rochas encontradas nos trechos tiveram como base o mapa geológico do estado do Rio de Janeiro na escala de 1:400.000 (CPRM, 2001) e a Folha Baía de Guanabara SF23-Z-B-IV na escala 1:100.000 (CPRM, 2009). A seguir, estão descritos os 16 trechos de costa rochosa do município, com a respectiva localização dos locais selecionados para serem avaliados quanto ao grau de periculosidade.

Trecho 1 - Locais: **L1** (22° 57' 3" S; 43° 09' 1.85" O), **L2** (22° 57' 4.9" S; 43° 09' 5.25" O), **L3** (22° 57' 5.09" S; 43° 09' 8.01" O) e **L4** (22° 57' 10.84" S; 43° 09' 23.64" O).

O trecho está localizado entre a Praia do Forte São João e a Praia Vermelha, nos sopés do Morro da Urca e do Morro Pão-de-Açúcar, um dos pontos turísticos mais visitados da cidade. O acesso dos usuários para os locais do trecho em questão se dá pela Pista Cláudio Coutinho, localizada na Praia Vermelha, no Bairro da Urca.

Sua litologia é marcada por biotita ortognaisse grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica (augen) dada por megacristais lenticulares de microclima de 3 a 5 cm, em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores expressivos de granada e hornblenda. Parte do trecho é constituído por campo de blocos de grande porte (diâmetro maior que 5 m<sup>2</sup>) formado pelo deslocamento das vertentes rochosas. Os locais selecionados estão situados nas vertentes direcionadas entre os quadrantes de S e E. Isso faz com que os mesmos fiquem expostos às ondulações de tempestade vindas de SW, S e SE assim como às ondulações ditas de "tempo bom", vindas de E (Figuras 26 e 27).



Figura 26: Trecho 1, situado entre a Praia do Forte São João e a Praia Vermelha, com destaque para a localização dos locais selecionados pelo estudo (Fonte: Google Earth).



Figura 27: Locais selecionados do trecho 1: A) L1; B) L2 e L3; C) L4 (Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 2 - Locais: **L5** (22°57' 24.37" S; 43°09' 52.12" O) e **L6** (22°57' 24.71" S; 43°09' 50.97" O).

Está localizado entre a Praia Vermelha e o Morro do Leme. O trecho é marcado pela presença de rochas biotita ortognaisse grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica (augen) dada por megacristais lenticulares de microclima de 3 a 5 cm, em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores expressivos de granada e hornblenda. Próximo à praia a costa rochosa do trecho possui uma condição mais protegida contra as ondulações vindas dos quadrantes de SW, S e SE (Figuras 28 e 29).



Figura 28: Trecho da costa rochosa situado entre a Praia Vermelha e o Morro do Leme, com destaque para os locais avaliados pelo presente estudo (Fonte: Google Earth).





Figura 29: Locais selecionados do trecho: A) L5; B) L6 (Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 3 - Local: **L7** (22° 57' 49.13" S; 43° 09' 53.03" O).

Conhecido como Costão do Leme, o trecho é formado por um promontório convexo. Sua forma geográfica faz com que o costão apresente localidades orientadas para direções variadas, entre os quadrantes de NW, W, S e SE. O trecho é constituído por rochas do tipo biotita ortogneiss grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica (augen) dada por megacristais lenticulares de microclima de 3 a 5 cm, em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores expressivos de granada e hornblenda.

A maior parte dessa área é controlada pelo Exército e só pode ser acessada mediante autorização. Na outra parte, mais próxima à Praia do Leme, foi construído o Caminho do Pescador, em meados dos anos 80. O mesmo foi escolhido pelo trabalho para ser avaliado quanto ao grau de periculosidade (Figuras 30 e 31).



Figura 30: Trecho do Costão do Leme, com destaque para local selecionado pelo estudo (Fonte: Google Earth).



Figura 31: O Caminho do Pescador - Local L7 (Foto: Felipe Miguel).

Trecho 4 - Locais: **L8** (22° 59' 25.72" S; 43° 11' 25.16" O), **L9** (22° 59' 25.93" S; 43° 11' 24.38" O), **L10** (22° 59' 26.50" S; 43° 11' 26.28" O), **L11** (22° 59' 26.52" S; 43° 11' 29.92" O) e **L12** (22° 59' 25.89" S; 43° 11' 30.05" O).

O quarto trecho localiza-se entre a Praia do Diabo e a Praia do Arpoador. Sua litologia é constituída por biotita ortognaisse grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica (augen) dada por megacristais lenticulares de microclima de 3 a 5 cm, em



matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores expressivos de granada e hornblenda. A forma geográfica do trecho, bem sinuosa, faz com que os seus locais tenham orientações voltadas para diferentes direções. Por isso, os mesmos podem apresentar diferentes graus de exposição frente às ondulações que atingem a costa.

O trecho é bastante frequentado pelo público em geral, sendo ainda palco de eventos culturais e esportivos marcantes na história da cidade, o que faz dele um grande atrativo turístico. Segundo informações do Grupamento Marítimo (G-Mar) é um dos trechos com maior índice de acidentes (Figuras 32 e 33).



Figura 32: Trecho da Pedra do Arpoador, com destaque para os locais selecionados

(Fonte Google Earth).



Figura 33: Locais selecionados da Pedra do Arpoador: A) L.8, L.9 e L.10; B) L.11 e L.12

Trecho 5 - Locais: **L13** ( $22^{\circ} 59' 27.69''$  S;  $43^{\circ} 13' 46.73''$  O) e **L14** ( $22^{\circ} 59' 27.32''$  S;  $43^{\circ} 13' 49.91''$  O).

Localizado entre a Praia do Leblon e a Praia do Vidigal, o trecho tem sua litologia marcada pela presença de silimanita-biotita-gnaiss bandados ou homogêneos com intercalações de quartzitos e lentes de rochas calcissicáticas. O trecho possui orientação geral direcionada para os quadrantes de SW, S e SE, constituindo assim uma porção da costa rochosa bastante exposta às ondulações de tempestade que atingem o litoral do município. No local foram construídos mirantes onde muitos visitantes usam para observar as ressacas (Figuras 34 e 35).



Figura 34: Trecho de costa rochosa localizado entre as praias do Leblon e do Vidigal com a localização dos locais selecionados (Fonte: Google Earth).



Figura 35: Locais selecionados do trecho: A) L13; B) L14 (Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 6 - Locais: **L15** ( $22^{\circ} 59' 53.54''$  S;  $43^{\circ} 14' 20.97''$  O), **L16** ( $22^{\circ} 59' 57.23''$  S;  $43^{\circ} 15' 0.37''$  O), **L17** ( $22^{\circ} 59' 55.71''$  S;  $43^{\circ} 15' 09.11''$  O) e **L18** ( $22^{\circ} 59' 55.65''$  S;  $43^{\circ} 15' 12.05''$  O).

Conhecido como Costão da Niemeyer, este extenso trecho localiza-se entre a Praia do Vidigal e a Praia de São Conrado. É formado por rochas do tipo biotita ortognaisse grosso, bem foliado, de estrutura oftálmica (augen) dada por megacristais lenticulares de microclima de 3 a 5 cm, em matriz granítica rica em biotita. Pode apresentar teores expressivos de granada e hornblenda. Com orientação geral voltada para os quadrantes de S, o trecho é bem exposto às ondulações de tempestade vindas de SW, S e SE. Considerado pelos Grupamentos Marítimos (G-Mar 2 e G-Mar 3) como um dos trechos onde ocorrem acidentes com grande frequência (Figuras 36 e 37).



Figura 36: Trecho do Costão da Niemeyer com a localização dos locais selecionados pela pesquisa (Fonte: Google Earth).



Figura 37: Locais selecionados do trecho 6: A) L15; B) L16; C) L17 e L18 (Fotos: Felipe Miguel).

Passando a Praia de São Conrado em direção ao Costão da Joatinga existe um trecho de costa de rochosa com alguns locais frequentados. No entanto, devido às obras de ampliação do elevado do Joá, o acesso aos mesmos ficou interditado. A empresa responsável pela construção do viaduto não autorizou o acesso aos locais alegando motivos de segurança. Por isso, o trecho ficou descartado da avaliação proposta pelo presente estudo.

Trecho 7 - Local: **L19** (22°00' 54.17" S; 43°17' 20.63" O).

Entre a Ponta do Marisco e o canal da Barra da Tijuca encontra-se o Costão da Joatinga (Trecho 7). Possui litologia marcada pela presença de quartzoplagioclásio-biotita gnaisses mesocráticos de composição quartzo diorítica a diorítica, intensamente deformados e migmatizados, de aspecto geralmente bandado. Encontram-se também gnaisses de composição granidiorítica e rochas anfibolíticas. O trecho é marcado por uma praia encaixada orientada para S, a Praia da Joatinga. Em dias de mar com ondas acima de 2 m a praia pode ficar completamente inundada, podendo ser verificadas lavagens de grande magnitude (Figuras 38 e 39).



Figura 38: Costão da Joatinga (Trecho 7), entre a Ponta do Marisco e a Praia da Joatinga com a localização do L 19 (Fonte: Google Earth).





Figura 39: L19, local selecionado do trecho 7 (Foto: Felipe Miguel).

Trecho 8 - Locais: **L20** (23° 02' 01.73" S; 43° 28' 12.36" O), **L21** (23° 02' 02.87" S; 43° 28' 09.45" O), **L22** (23° 02' 06.77" S; 43° 28' 07.07" O), **L23** (23° 02' 09.94" S; 43° 28' 05.34" O), **L24** (23° 02' 15.71" S; 43° 28' 10.14" O), **L25** (23° 02' 14.96" S; 43° 28' 14.53" O), **L26** (23° 02' 10.29" S; 43° 28' 19.45" O) e **L27** (23° 02' 07.68" S; 43° 28' 18.62" O).

Localizado entre a Praia do Recreio e a Praia da Macumba, o trecho é um promontório convexo formado por um tombolo, com alguns cânions em sua forma. Sua estrutura rochosa é constituída por leucogranito porfirítico branco a cinza claro com fácies homogênea, bandada, pegmatítica e glomeroporfirítica com megacrístais de microclima pertítica em matriz monzogranítica. A forma característica do trecho faz com que os locais frequentados apresentem diferentes orientações e, assim, diferentes graus de exposição frente às ondulações. Em função da localização e expansão urbana tornou-se uma área muito popular, sendo bastante frequentada por banhistas e pescadores (Figuras 40 e 41).



Figura 40: Trecho 8 (Pontal do Recreio) com a localização dos locais selecionados pelo estudo (Fonte: Google Earth).

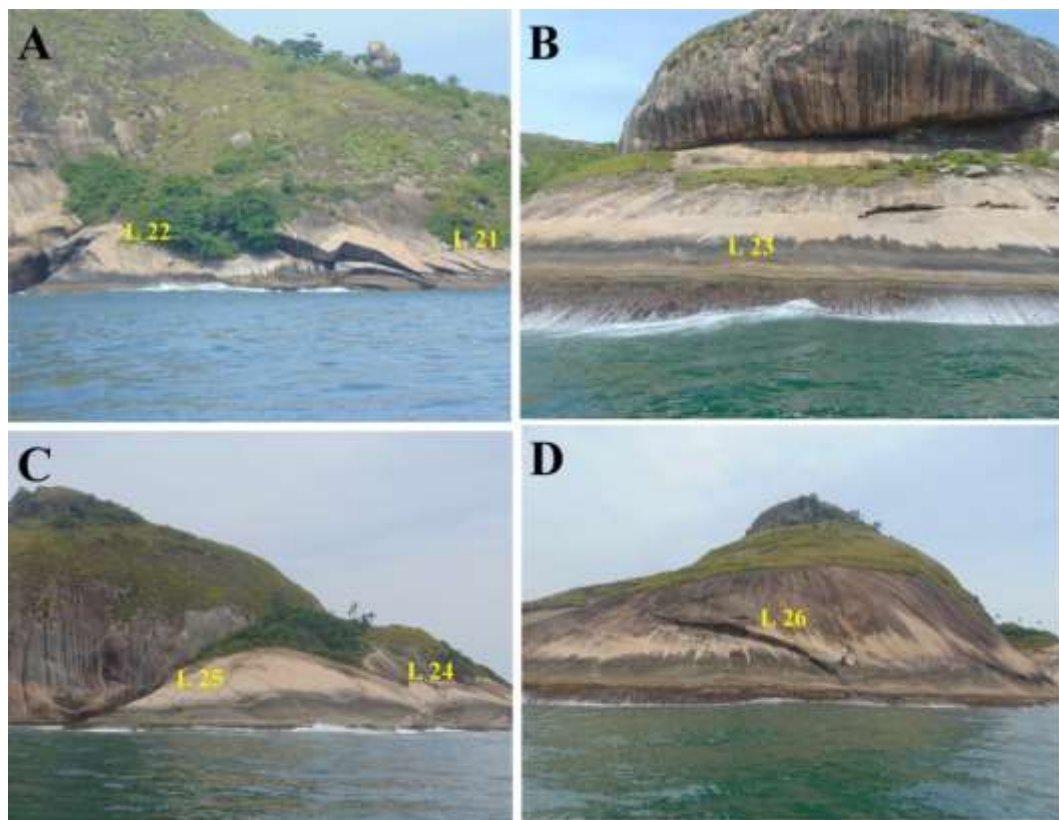


Figura 41: Alguns Locais selecionados do trecho do Pontal do Recreio (Trecho 8): A) L21 e L22; B) L23; C) L24 e L25; D) L26 (Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 9 - Locais: **L28** ( $23^{\circ} 02' 11.55''$  S;  $43^{\circ} 29' 45.04''$  O), **L29** ( $23^{\circ} 02' 14.16''$  S;  $43^{\circ} 29' 49.14''$  O), **L30** ( $23^{\circ} 02' 15.03''$  S;  $43^{\circ} 29' 52.02''$  O), **L31** ( $23^{\circ} 02' 25.69''$  S;  $43^{\circ} 30' 01.18''$  O) e **L32** ( $23^{\circ} 02' 26.71''$  S;  $43^{\circ} 30' 02.79''$  O).

Localizado entre a Praia da Macumba e a Prainha o trecho tem sua litologia marcada pela presença de ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfíricas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente. Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide. Possui uma orientação geral direcionada entre os quadrantes de SE e SW sendo assim bastante exposto às ondulações vindas dos quadrantes de S. Os escolhos localizados na base do trecho formam piscinas naturais entre as rochas, muito frequentadas pela população local em dias de mar calmo (Figuras 42 e 43).



Figura 42: Trecho 9 com a localização dos locais selecionados pelo estudo (Fonte: Google Earth)



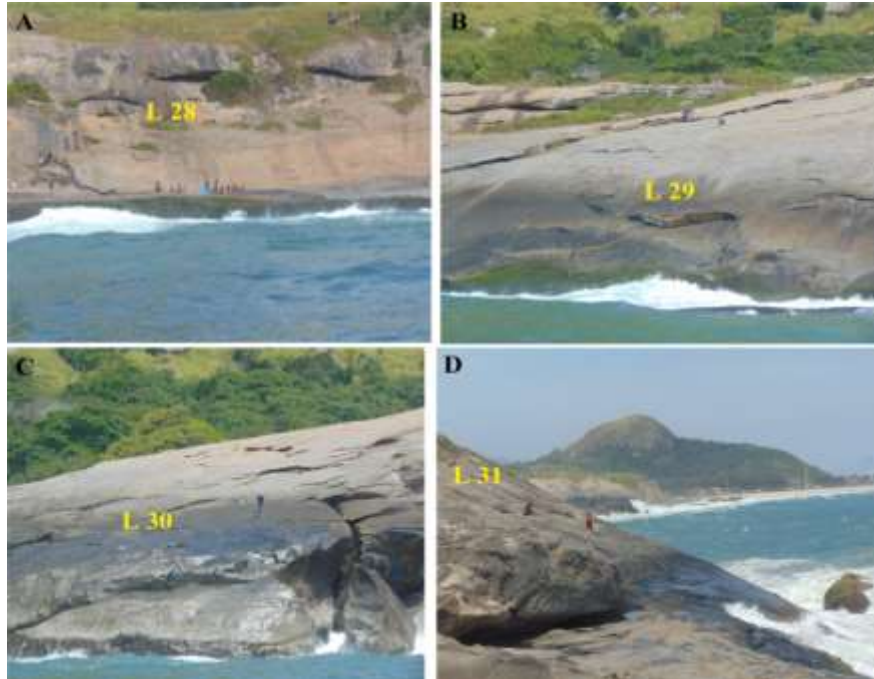


Figura 43: Locais selecionados da costa rochosa no trecho 9 (entre Praia da Macumba e Prainha): A) L28; B) L29; C) L30; D) L31 (Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 10 - Locais: **L33** (23° 03' 08.99" S; 43° 32' 08.74" O), **L34** (23° 03' 11.33" S; 43° 32' 06.86" O) e **L35** (23°03' 14.21" S; 43° 32' 07.39" O).

O próximo trecho é o Costão do Grumari. Sua litologia é marcada pela presença de leucogranito porfirítico branco a cinza claro com fácies homogênea, bandada, pegmatítica e glomeroporfirítica com megacristais de microclima perítica em matriz monzogranítica. O trecho é um promontório convexo, com orientação geral direcionada entre os quadrantes de S e NNE. A praia adjacente (Praia de Grumari) é muito requisitada para treinamento dos surfistas de ondas grandes (Figuras 44 e 45).



Figura 44: Trecho 10 (Costão do Grumari) com a localização dos locais selecionados pelo estudo (Fonte: Google Earth).



Figura 45: Locais selecionados no trecho do Costão de Grumari (Foto: Felipe Miguel).

Trecho 11 - Local: **L36** (23° 03' 37.92" S; 43° 32' 52.09" O).

Está localizado entre a Praia Funda e a Praia do Inferno. Sua litologia é marcada pela presença de ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfiríticas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente.

Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide. Possui orientação geral voltada para os quadrantes de S e SE. O trecho é um dos mais afastados dos núcleos urbanos da cidade. A beleza mais virgem faz o mesmo ser muito frequentado pelos amantes de trilhas e acampamentos (Figuras 46 e 47).



Figura 46: Trecho entre a Praia Funda e a Praia do Inferno, com a localização do local selecionado pelo estudo (Fonte: Google Earth).



Figura 47: Local L 36, no trecho descrito (Foto: Felipe Miguel).

Trechos 12 e 13 - Locais: **L37** ( $23^{\circ} 03' 53.97''$  S;  $43^{\circ} 32' 54.30''$  O) e **L38** ( $23^{\circ} 04' 03.76''$  S;  $43^{\circ} 33' 06.46''$  O), respectivamente.

Passando a Praia do Inferno, em direção a oeste, está localizada a Praia do Meio. Possui dois trechos de costa rochosa, um em cada extremidade da praia. Apresentam litologia constituída por ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfíricas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente. Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide. A orientação geral dos trechos está voltada para os quadrantes de S e E. Foram selecionados dois locais para serem estudados, um em cada trecho (Figuras 48 e 49):



Figura 48: Trecho 12, onde está localizado o L37; Trecho 13, onde está localizado o L38 (Fonte: Google Earth).



Figura 49: Locais selecionados pelo estudo: A) L37; B) L38 (Fotos: Felipe Miguel).



Trecho 14 - Locais: **L39** (23° 04' 33.99" S; 43°33' 11.23" O), **L40** (23° 04'33.88" S; 43° 33' 12.49" O) e **L41** (23°04' 31.97" S; 43°33' 09" O).

Na extremidade oeste da Praia do Perigoso localiza-se um trecho de costa rochosa cuja proeminência mais ao mar é conhecida como Pedra da Tartaruga. Possui litologia marcada pela presença de ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfiríticas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente. Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide. A forma do trecho faz com que os locais frequentados tenham orientações geográficas variadas, desde locais com face voltada para os quadrantes de S-SE até locais com face voltada para W-WNW (Figuras 50 e 51).



Figura 50: Trecho 14 (Pedra da Tartaruga) com a localização dos locais selecionados.

(Fonte: Google Earth)



Figura 51: L39 e L40, locais do trecho 14 (Foto: Felipe Miguel).

Trecho 15 - Locais: **L42** (23° 04' 24.22" S; 43° 33' 15.07" O), **L43** (23° 04' 22.70" S; 43° 33' 18.28" O), **L44** (23° 04' 24.83" S; 43° 33' 33" O), **L45** (23° 04' 25.23" S; 43° 33' 28.06" O), **L46** (23° 04' 26.43" S; 43° 33' 36.17" O), **L47** (23° 04' 31.08" S; 43° 33' 52.09" O) e **L48** (23° 04' 30.47" S; 43° 33' 55.52" O).

Entre a Pedra da Tartaruga e a Ponta do Picão se encontra um extenso trecho de costa rochosa com parte localizada de frente à Ilha Rasa de Guaratiba. O trecho possui uma orientação geral voltada para S. Sua litologia é marcada pela presença de ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfíricas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente. Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide (Figuras 52 e 53).



Figura 52: Trecho 15 com a localização dos locais selecionados (Fonte: Google Earth).



Figura 53: Locais selecionados no trecho 15: A) L42; B) L43; C) L44; D) L45; E) L46

(Fotos: Felipe Miguel).

Trecho 16 - Locais: **L49** ( $23^{\circ} 04' 91''$  S;  $43^{\circ} 34' 13.54''$  O), **L50** ( $23^{\circ} 04' 22.43''$  S;  $43^{\circ} 34' 19.59''$  O) e **L51** ( $23^{\circ} 04' 21.61''$  S;  $43^{\circ} 34' 18.69''$  O).

Finalmente, no extremo oeste do litoral da cidade, está o trecho 16 (a Ponta do Picão), localizado próximo à Praia de Guaratiba, no bairro de Barra de Guaratiba. Possui litologia marcada por presença de ortognaisses bandados de granulação grossa, texturas porfiríticas recristalizadas e augen, com forte foliação tangencial. Intercalações de metagabro e metadiorito deformados ocorrem isoladamente. Apresenta intrusões de granada leucogranitos e apófises de granitoide. O trecho possui alguns locais com face voltada para os quadrantes de S e outros com face voltada entre os quadrantes de W e N (Figuras 54 e 55).



Figura 54: Trecho 16 com a localização dos locais selecionados pelo trabalho (Fonte: Google Earth).



Figura 55: Locais do trecho 16: A) L49; B) L50 (Fotos: Felipe Miguel).



## 4.2 - MENSURAÇÃO DOS FATORES LIGADOS À DINÂMICA DE COSTAS ROCHOSAS

Através dos perfis realizados para medir e delimitar a área representativa dos locais foi medida a inclinação, a rugosidade presente nas superfícies rochosas e a largura referente à zona onde ocorre a lavagem realizada pelas ondas. Os locais também tiveram a orientação de suas faces mensuradas para avaliar o grau de exposição frente às ondulações. Os dados levantados serviram de base para nortear a avaliação do grau de perigo da costa rochosa do município.

### 4.2.1 - A lavagem realizada pelas ondas

Mensurar a lavagem realizada pelas ondas em costas rochosas é um desafio. Como colocado por Kennedy *et al.* (2013), o trabalho exige instrumentação numa escala local de análise e em áreas muito perigosas. O uso do LIDAR por sua equipe é um avanço na possibilidade de coletar dados em áreas de difícil acesso e que não expõe o pesquisador a risco. Porém, a utilização de tal instrumento no Brasil tem custo muito elevado.

No que diz respeito às tentativas de se modelar a refração e dissipação das ondas em águas rasas, a maioria dos modelos produzem previsões acuradas somente em profundidades acima de 5 m, com uma resolução pobre em águas mais rasas. Kennedy (*op. cit.*) considera que os dados dos modelos, sozinhos, não constituem um uso prático para os perigos oferecidos pelas costas rochosas já que a batimetria da base pode variar enormemente ao longo das mesmas.

Diante dos objetivos do presente estudo e das limitações relacionadas aos métodos utilizados, decidiu-se inferir o alcance da lavagem realizada pelas ondas através de elementos relacionados à ecologia dos costões. Observações de campo possibilitaram caracterizar três faixas presentes na face dos locais da costa rochosa em questão (Figura 56):

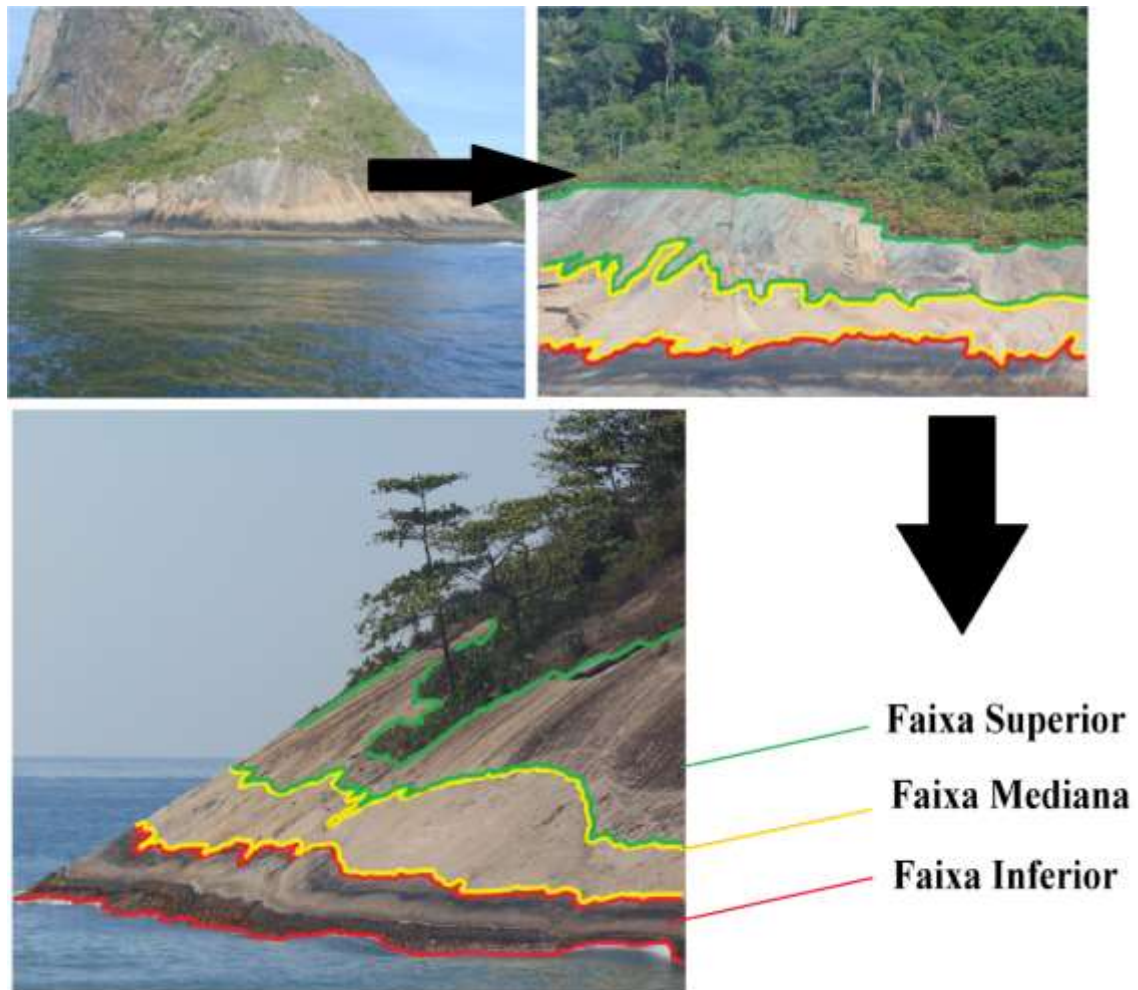


Figura 56: Faixas presentes nos locais da costa rochosa (Fotos: Felipe Miguel).

#### 4.2.1.1 - A faixa inferior

É a primeira faixa a partir do nível do mar. Possui uma coloração bastante escura, devido à presença dos organismos marinhos, sendo facilmente visível. O contato constante com a água marinha e a alta densidade de organismos bentônicos deixa esta faixa bem escorregadia. Em função disso e pelo fato de sofrer ataque das ondas regularmente, pode ser considerada a zona da costa rochosa que oferece maior perigo aos usuários (Figura 57):



Figura 57: Faixa inferior: Coloração típica da faixa descrita (Fotos A, B e C); Usuários “escalando” a faixa (Foto D).

A largura de tal faixa é marcada pela zonação dos organismos bentônicos. Segundo Lewis (1964), dos fatores considerados primordiais para a vida neste tipo de ambiente, o grau de umidade ao longo das diferentes alturas nos costões talvez seja o principal fator limitante para a biota e está diretamente relacionado com a quantidade e intensidade das ondas e com o regime de marés. Coutinho (2002), comparando o padrão de zonação dos organismos de um costão mais exposto ao ataque das ondas de outro mais protegido, constatou maior amplitude vertical das zonas na face do costão exposto. O autor atribuiu tal amplitude à maior ação das ondas na localidade. Masi e Zalmon (2008) associaram as diferenças encontradas nos padrões de zonação nas superfícies de molhes ao grau de exposição às ondas em que estes estavam submetidos.

Tomando tais trabalhos como referência pode-se considerar então que a largura da faixa inferior está intimamente relacionada com o alcance atingido pela lavagem das ondas. Quanto mais exposta e batida a face de um determinado local, maior será a amplitude vertical das zonações. Conseqüentemente, mais larga será a faixa inferior.

Observações de campo realizadas em dias com diferentes condições de mar possibilitaram constatar que ondas acima de 2 metros são suficientes para inundar por completo tal faixa (Figura 58):



Figura 58: Local L30 (no trecho 9), observado em dias com diferentes condições de mar (Fonte das condições do mar: Site [www.windguru.com](http://www.windguru.com)).

#### 4.2.1.2 - A faixa mediana

Localizada logo acima da faixa inferior, possui uma coloração mais clara. A faixa é caracterizada pela quase ausência de vegetação terrestre e organismos bentônicos. A ausência desses faz com que a faixa apresente a cor original das rochas. Trata-se de uma área de transição entre o ambiente marinho e o ambiente terrestre (Figura 59)



Figura 59 – Faixa mediana de local da costa rochosa (Foto: Felipe Miguel).

Ela é atingida pela lavagem apenas em dias típicos de ressaca, com ondas ultrapassando 2 m de altura (Figura 60):



Figura 60: Marcas d'água indicando ondas alcançando a faixa mediana de local da costa rochosa em dia típico de ressaca (Fotos: Felipe Miguel).



#### 4.2.1.3 - A faixa superior

Acima da faixa mediana encontra-se ainda uma terceira faixa, nomeada aqui de faixa superior. A mesma possui uma coloração variando de verde musgo até marrom escuro devido à presença de líquens e cianofíceas (Figuras 61 e 62).



Figura 61 – Faixa superior de local da costa rochosa (Foto: Felipe Miguel).



Figura 62: Coloração típica da faixa superior, com detalhe nos líquens presentes na superfície rochosa.

A faixa superior também é marcada pela presença da vegetação terrestre rupestre, típica de costas rochosas de ambiente tropical. Dentre as espécies vegetais que habitam tal faixa destacam-se as cactáceas, bromeliáceas e algumas espécies exóticas, como capins (Figura 63).



Figura 63: Cactos presentes na faixa superior em local da costa rochosa (Fotos: Felipe Miguel).

Tal faixa é raramente atacada pelas ondas. Ela só é atingida nos eventos mais extremos de tempestade, com ondas acima de 3 m de altura. Por isso, pode ser considerada a zona da costa rochosa que oferece menos perigo aos usuários.

As faixas serviram como indicador do alcance atingido pela lavagem das ondas. Através das suas larguras foi possível identificar que locais que sofrem as maiores lavagens e, assim, oferecem maior perigo aos usuários. A largura das três faixas, juntas, corresponde ao comprimento longitudinal da face dos locais. Quanto mais larga as faixas, mais extensa a face. A figura 64 ilustra o que o trabalho considerou como sendo a largura das faixas:

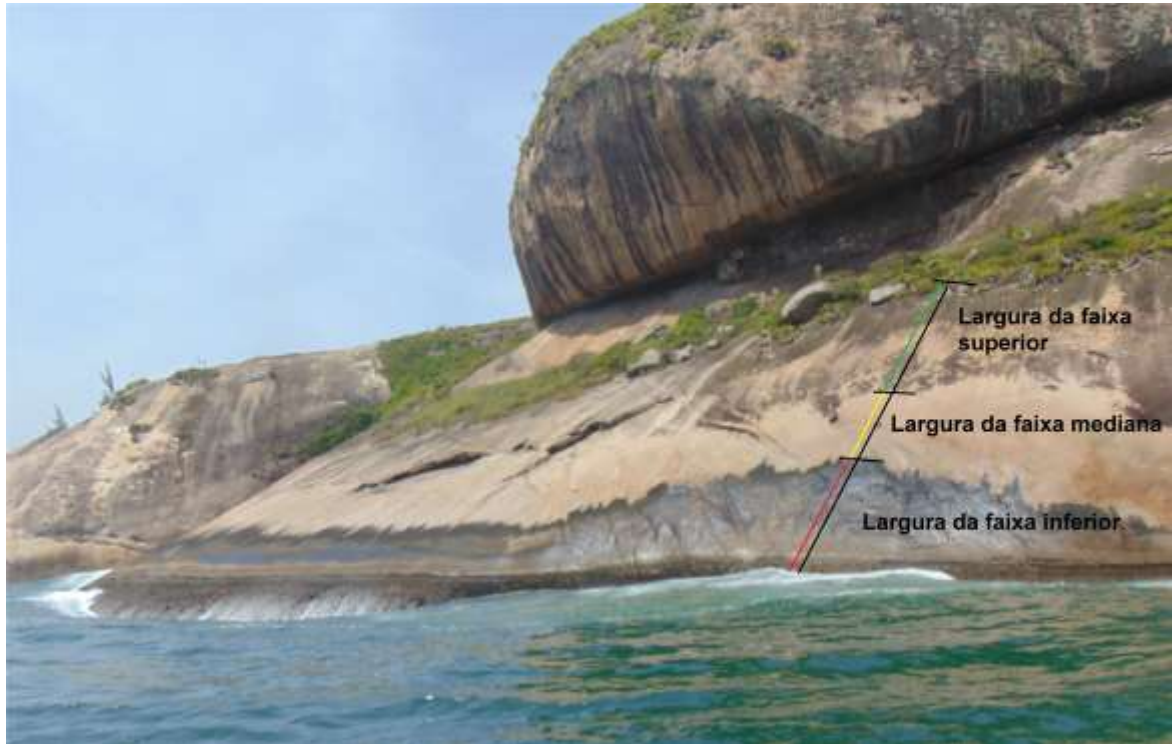


Figura 64 – Largura das faixas utilizadas como indicador do alcance atingido pela lavagem das ondas  
(Foto: Felipe Miguel).

A largura da faixa inferior de cada local selecionado foi então mensurada. A medição foi realizada utilizando uma corda metrada com peso cilíndrico numa das extremidades. A corda era arremessada ao mar e depois nivelada com a linha d'água. O nivelamento da extremidade superior da faixa com o nível da água indicou a sua largura aproximada (Figura 65).





Figura 65: Processo de medição da largura da faixa inferior: A) Cordelete graduado utilizado para mensurar a largura da faixa; B) Posicionamento na extremidade superior da faixa; C) Arremesso do cordelete; D) Nivelamento com o nível do mar para medir a largura da faixa (Fotos: Hannah Olivia).

Por questões de segurança, as mensurações foram feitas em dias de mar calmo, com ondas de no máximo 0,5m de altura. Dada a influência da maré no nível da linha d'água, as mensurações foram todas realizadas nos horários de pico da maré vazante.

A largura da faixa mediana e da faixa superior dos locais seleccionados também foram medidas. As mensurações foram realizadas com o auxílio de trenas (Figura 66):



Figura 66: Trena sendo utilizada para medir a faixa mediana e a faixa superior dos locais selecionados pelo estudo.

#### 4.2.2 - A inclinação

É consenso que a inclinação da superfície de uma costa rochosa exerce influência no movimento de subida (“*set up*”) e descida (“*set down*”) dos fluxos gerados pelas ondas. Um dos objetivos do trabalho é avaliar a influência exercida pelas inclinações no alcance das lavagens.

Visto que a inclinação varia ao longo da face dos locais, foram feitas medições nas três faixas com o uso de clinômetros (Figura 67):



Figura 67: Pontos de medição da inclinação dos locais, nas três faixas de lavagem

(Fotos: Felipe Miguel).

### 4.2.3 - A rugosidade

A rugosidade corresponde ao conjunto de produtos ligados aos processos erosivos e de intemperismo na superfície da costa rochosa, como tafones, fendas, canaletas, depressões e cristais salientes nas rochas. Recorrendo a literatura sobre costas rochosas percebe-se a falta de trabalhos de geomorfologia costeira que abordam a influência da rugosidade no alcance da lavagem realizada pelas ondas.

Pesquisas conduzidas na área da Engenharia têm investigado sua influência na dinâmica das lavagens. Juang (1995) encontrou diferença na altura relativa do “*run up*”, ao comparar superfícies de diques costeiros com diferentes rugosidades. Neelamani e Sandhya (2003), analisando superfícies de muros de proteção (“*sea walls*”), chamam atenção para a influência da rugosidade encontrada nas superfícies dos mesmos na dissipação de energia das ondas.

Este trabalho levantou e classificou diferentes tipos de rugosidade ao longo da costa rochosa em questão. Foi observado que alguns locais apresentam uma superfície mais contínua, sem muitas fraturas. Já outros, possuem face bastante fraturada, com uma superfície bem acidentada (Figura 68):



Figura 68: Tipos de superfície encontrada na costa rochosa: A) Face com superfície mais contínua, sem muitas fraturas; B) Face acidentada (Fotos: Felipe Miguel).

A hipótese que se levantou foi que quanto mais rugosa a superfície de um dado local, teoricamente, mais eficiência em “frear” o alcance da lavagem realizada pelas ondas. Portanto, menor seria a largura das faixas encontradas. Diante disso, foi elaborada uma classificação para a superfície dos locais de acordo com o nível de rugosidade encontrada. A classificação foi baseada em mensurações dos produtos de erosão e intemperismo encontrados nas superfícies rochosas.

Ressalta-se que o projeto inicial tinha a incumbência de realizar uma caracterização e classificação mais acurada com relação ao efeito da rugosidade encontrada na superfície dos locais estudados. Mas, por limitações técnicas e pelo pouco tempo concedido para a pesquisa, decidiu-se fazer uma análise baseada em registros fotográficos e algumas medições. Foram tiradas fotografias ao longo da face de cada local selecionado, nas três faixas descritas. Para a visualização em maior detalhe do terreno, foram demarcadas ao longo dos perfis traçados áreas com 1 m<sup>2</sup> dispostas nas faixas. As canaletas e fendas foram medidas com uma fita métrica.

Através das fotos e das medições, a rugosidade encontrada na superfície dos locais foi analisada e classificada. As figuras 69, 70 e 71 mostram as superfícies mais comuns:



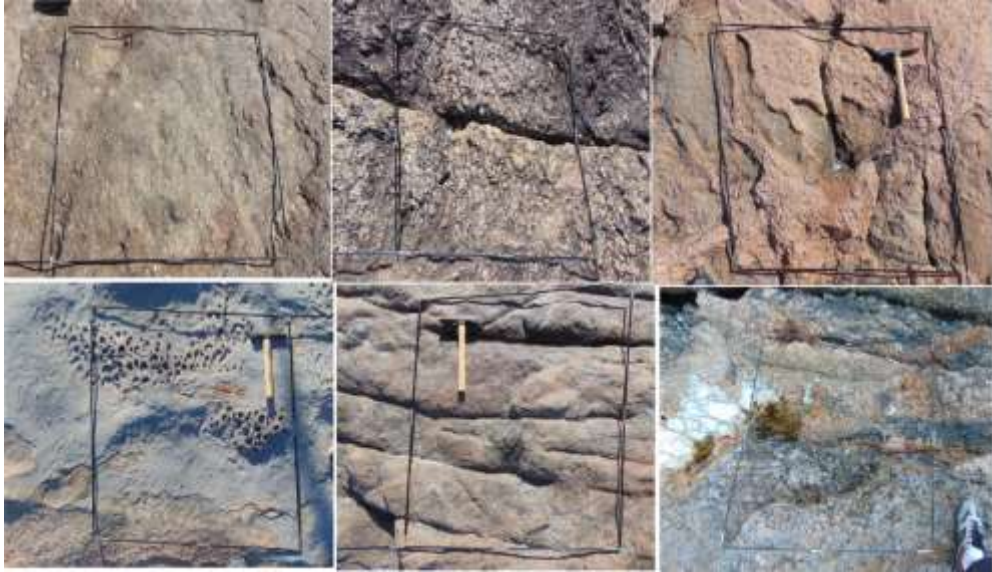


Figura 69: Superfícies mais encontradas na faixa superior dos locais avaliados (Fotos: Felipe Miguel).



Figura 70: Superfícies mais encontradas na faixa mediana dos locais avaliados (Fotos: Felipe Miguel).



Figura 71: Superfícies mais encontradas na faixa inferior dos locais avaliados (Fotos: Felipe Miguel).

As superfícies dos locais foram classificadas mediante três tipos, de acordo com a rugosidade: Superfície “lisa”, superfície “rugosa” e superfície “acidentada”. A seguir, segue a descrição de cada:

A superfície “lisa” é caracterizada por se apresentar, de certa forma, contínua em toda a sua extensão, sem presença de fraturas, canaletas, depressões e ou tafones (Figura 72):

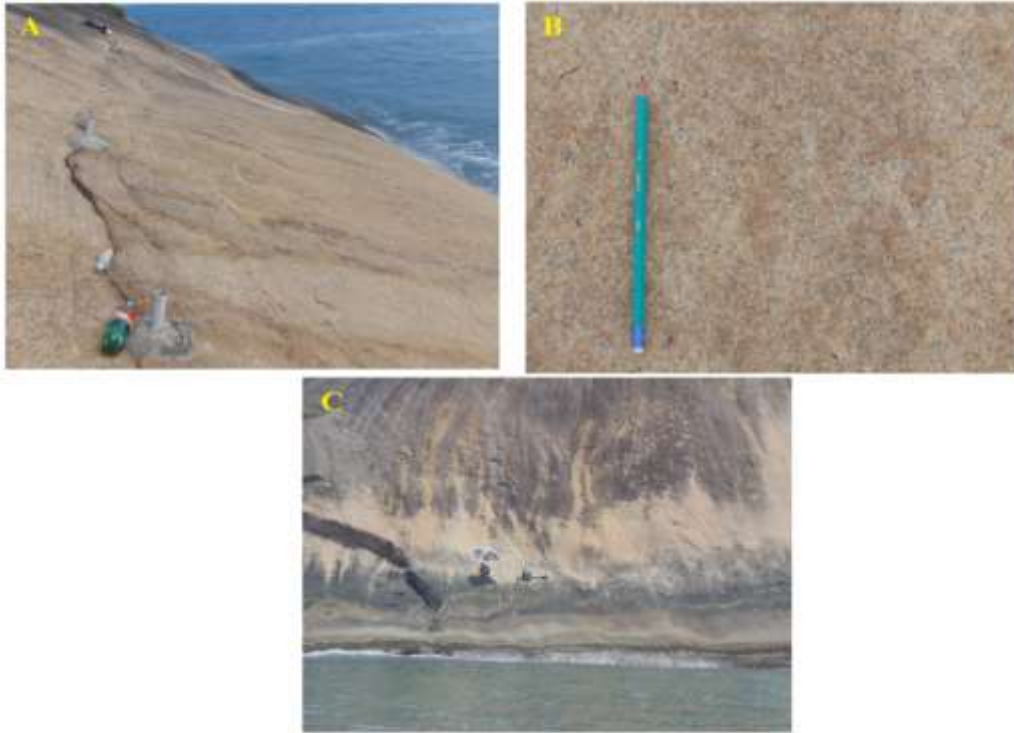


Figura 72: A) Superfície de local da costa rochosa classificada como lisa; B) superfície lisa em maior detalhe; C) Trecho do Pontal do Recreio, com superfície classificada como lisa (Fotos: Felipe Miguel).

A superfície classificada como “rugosa” apresenta pequenas canaletas e fraturas, com até 0,5 metro de largura e profundidade. A mesma também é marcada pela presença de tafones e pequenos “alvéolos”, associados ao intemperismo do sal marinho, com diâmetros de poucos centímetros (Figura 73):





Figura 73: Superfície classificada como rugosa: A) Local da costa com superfície rugosa; B) e C) Fraturas e tafones presentes na superfície; D) Trecho da costa rochosa entre a Praia da Macumba a Prainha, com superfície do tipo rugosa (Fotos: Felipe Miguel).

A superfície classificada como “acidentada” foi nomeada assim por apresentar fendas que ultrapassam 1 metro de comprimento, largura e profundidade. O deslocamento das rochas forma verdadeiros degraus gerando uma superfície com muitas discontinuidades que podem influenciar no tamanho das faixas de lavagem (Figura 74).



Figura 74: Descontinuidades presentes na superfície “acidentada”: A) Face com superfície fraturada; B) Fendas encontradas nas superfícies; C) Tafones e buracos presentes; D) Trecho do Costão da Joatinga, marcado por uma superfície acidentada (Fotos: Felipe Miguel).

As superfícies dos locais foram correlacionadas com a largura encontrada nas faixas. Através disto foi avaliada a influência da rugosidade no alcance atingido pela lavagem das ondas.

#### 4.2.4 - A orientação dos locais frente às ondulações

Sabe-se que a posição e o alinhamento do litoral do Rio de Janeiro, com grande parte de sua área costeira voltada para o quadrante sul, o torna exposto às fortes frentes frias e ondulações associadas que se formam com bastante intensidade neste quadrante. No entanto, dado ao contorno sinuoso de diversos trechos, alguns locais da costa rochosa não possuem face orientada frontalmente para a direção das ondas. Isso, de certa forma, pode exercer influência na amplitude

das lavagens. Resolveu-se então considerar a orientação da face como uma variável que pode determinar o grau de exposição dos locais frente ao ataque das ondas.

A orientação geográfica de cada local foi então mensurada com a utilização de bússolas e imagens de satélite nos trechos mais recortados. Para classificar a orientação das faces quanto à exposição frente às ondulações, os 51 locais selecionados foram agrupados de acordo com 16 pontos de orientação, sendo considerados pelo estudo os seguintes valores como referência (Figura 75):

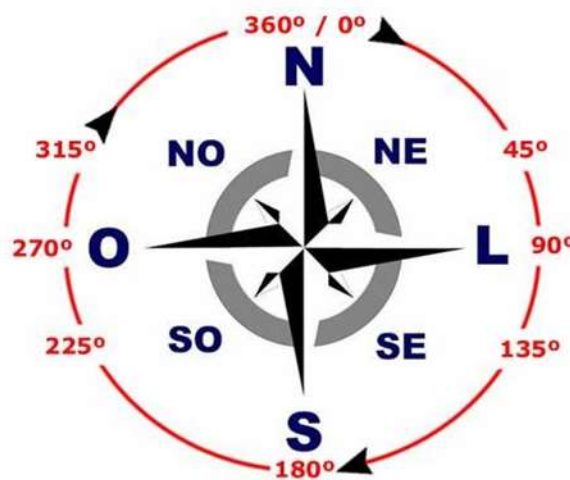


Figura 75: Valores de azimute utilizados como referência para classificar a orientação da face dos locais avaliados (Fonte: Site [www.treinecerto.biz](http://www.treinecerto.biz)).

Através desse agrupamento foi observada e comparada a largura das faixas. Quanto mais larga a sua faixa, considera-se que mais exposto é dado local da costa da costa rochosa.

#### 4.2.5 - Avaliação do grau de perigo oferecido pelos locais da costa rochosa

Os dados obtidos com as mensurações em campo fundamentaram a avaliação do grau de periculosidade dos locais selecionados. Entende-se aqui que o perigo oferecido pelos locais (P) está em função do alcance da lavagem realizada pelas ondas (AL), do grau de exposição dos locais (Gex) e da rugosidade encontrada na superfície dos mesmos:

$$P = f (AL, Gex, R)$$

P = perigo oferecido;

AL = Alcance da lavagem (largura das faixas)

Gex = grau de exposição

R = rugosidade

O alcance da lavagem nos locais (AL) é inferido, portanto, a partir da largura encontrada nas faixas inferior e mediana. Quanto mais largas as faixas, maior é o alcance atingido pela lavagem das ondas. De acordo com a largura encontrada, os locais avaliados terão a lavagem classificada quanto à magnitude de alcance. A faixa superior, por sofrer lavagem somente em dias com ondas maiores que 3 metros de altura, foi descartada pelo estudo na avaliação do grau de periculosidade dos locais. Num dia com ondas acima de 3 metros, qualquer local da costa rochosa fica extremamente perigoso não devendo nem ser frequentado.

Para avaliar o grau de exposição dos locais (Gex), o presente estudo selecionou dois indicadores: a orientação da face frente à direção das ondulações (O) e a inclinação da faixa inferior (Ifi). É assumido aqui que:

$$Gex = f (O, Ifi)$$

Gex – Grau de exposição

O – Orientação da face frente às ondulações

Ifi – Inclinação da faixa inferior

A orientação da face dos locais (O) foi correlacionada com a direção das ondulações. Os locais foram agrupados segundo a orientação geográfica registrada. Através da largura média das faixas foi analisado quais locais da costa rochosa do município são mais expostos às ondas de tempestade que atingem o litoral.

Depois de correlacionada a orientação da face com a direção das ondulações, o próximo passo foi averiguar a inclinação da faixa inferior (Ifi). A inclusão da inclinação de tal faixa na avaliação do grau de exposição dos locais tem como referência os trabalhos desenvolvidos por Kennedy *et al.* (2013). Em sua pesquisa, a exposição das plataformas com relação a lavagem das ondas foi avaliada a partir de aspectos morfológicos, dentre eles, a inclinação da borda. As plataformas que apresentavam bordas com menor elevação ou menos inclinadas foram consideradas como sendo as que possuíam maior exposição ao ataque das ondas. Diante disso, foram apontadas como as localidades que ofereceriam maior perigo aos usuários.

Tomando esse trabalho como base, resolveu-se considerar a inclinação registrada na faixa inferior como sendo representativa da borda dos locais da costa rochosa em questão. Quanto menos inclinada for a faixa inferior, mais exposto é o local. A inclinação mais suave permitiria maior movimentação dos fluxos hídricos gerados pelas ondas ao longo da face.

Por fim, foi investigado o efeito da rugosidade. Para avaliar sua influência no alcance da lavagem foram selecionados locais com orientações geográficas similares frente às ondulações e que apresentam as mesmas inclinações nas faixas. A ideia foi isolar as demais variáveis para averiguar somente o efeito da rugosidade nas lavagens. Com isso, poder inferir a sua contribuição no aumento ou diminuição do perigo do usuário ser arrastado para dentro d'água.

Através da análise combinada das variáveis e indicadores selecionados pelo estudo foi feita a avaliação e classificação do grau de periculosidade dos locais da costa rochosa do município (Figura 76):

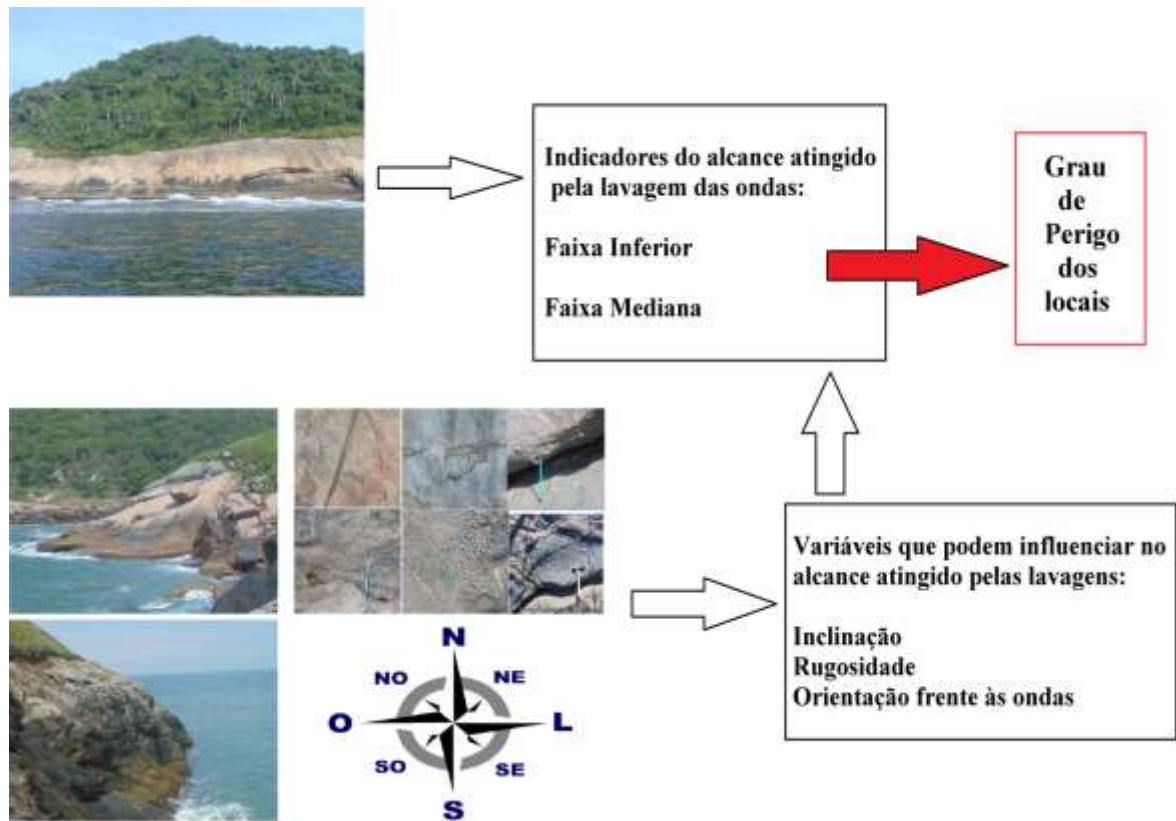


Figura 76: Indicadores e variáveis analisados pelo estudo para inferir o grau de periculosidade dos locais frequentados da costa rochosa do município.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos dados levantados nos 142 perfis foi possível avaliar o grau de periculosidade dos 51 locais selecionados pelo estudo (anexos A e B). Os dados foram tabelados e transformados em gráficos.

### 5.1 - A SINALIZAÇÃO EXISTENTE AO LONGO DA COSTA ROCHOSA

Dos 16 trechos abordados pelo trabalho, foi observado que apenas dois tinham placas de sinalização quanto ao perigo oferecido pelos locais. As placas alertam sobre o perigo sem fazer menção aos locais de uso existentes nos mesmos e ao grau de periculosidade. Percebeu-se também que as mesmas se localizam distantes dos locais frequentados (Figuras 77 e 78):

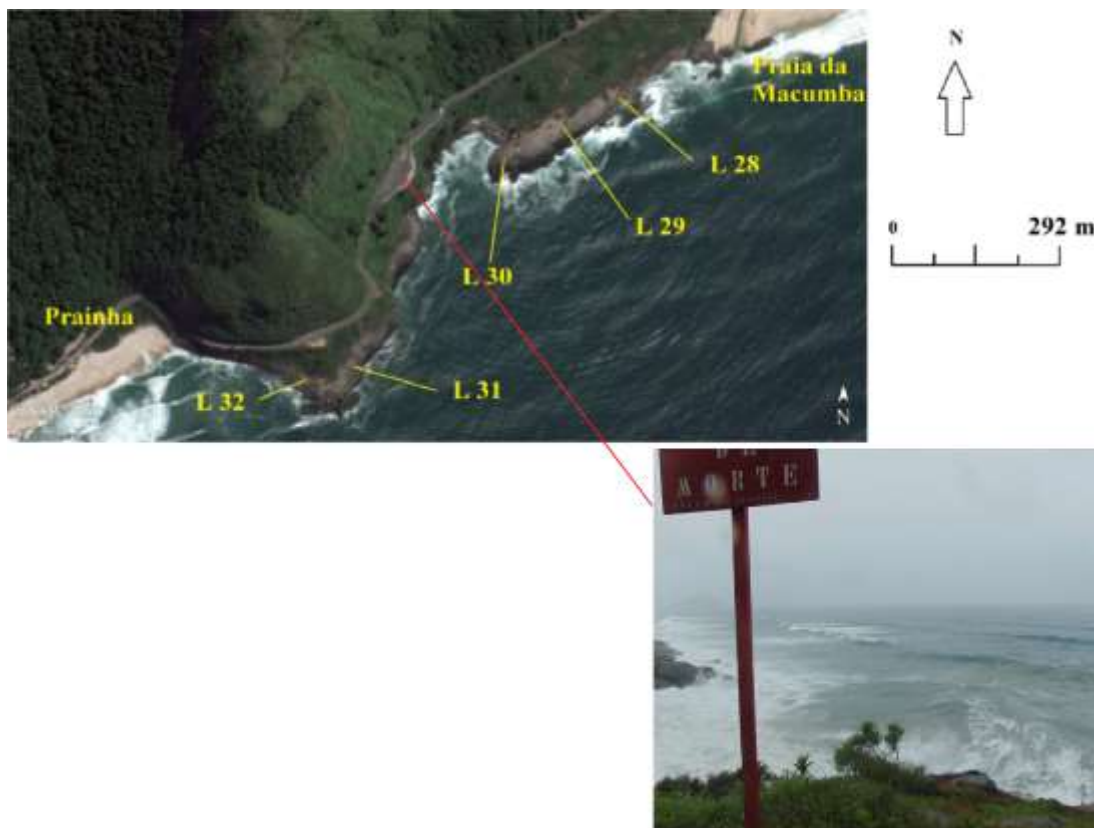


Figura 77: Placa de sinalização de perigo no trecho da costa rochosa entre a Praia da Macumba e a Praia da Prainha (Trecho 9)





Figura 78: Placa de sinalização de perigo no trecho da Ponta do Picão (trecho 16)

A delimitação das áreas realizada pelo estudo, além de auxiliar nos planejamentos de campo, pode contribuir na localização e reconhecimento dos mesmos.

## 5.2 - O ALCANCE DA LAVAGEM REALIZADA PELAS ONDAS

A largura das faixas funcionou como uma marca permanente do alcance atingido pela lavagem das ondas. Através dos valores registrados foi possível localizar os locais onde ocorre maior lavagem e os locais mais protegidos da costa rochosa. Na figura 79 estão expostas as larguras da faixa inferior e mediana dos locais estudados:

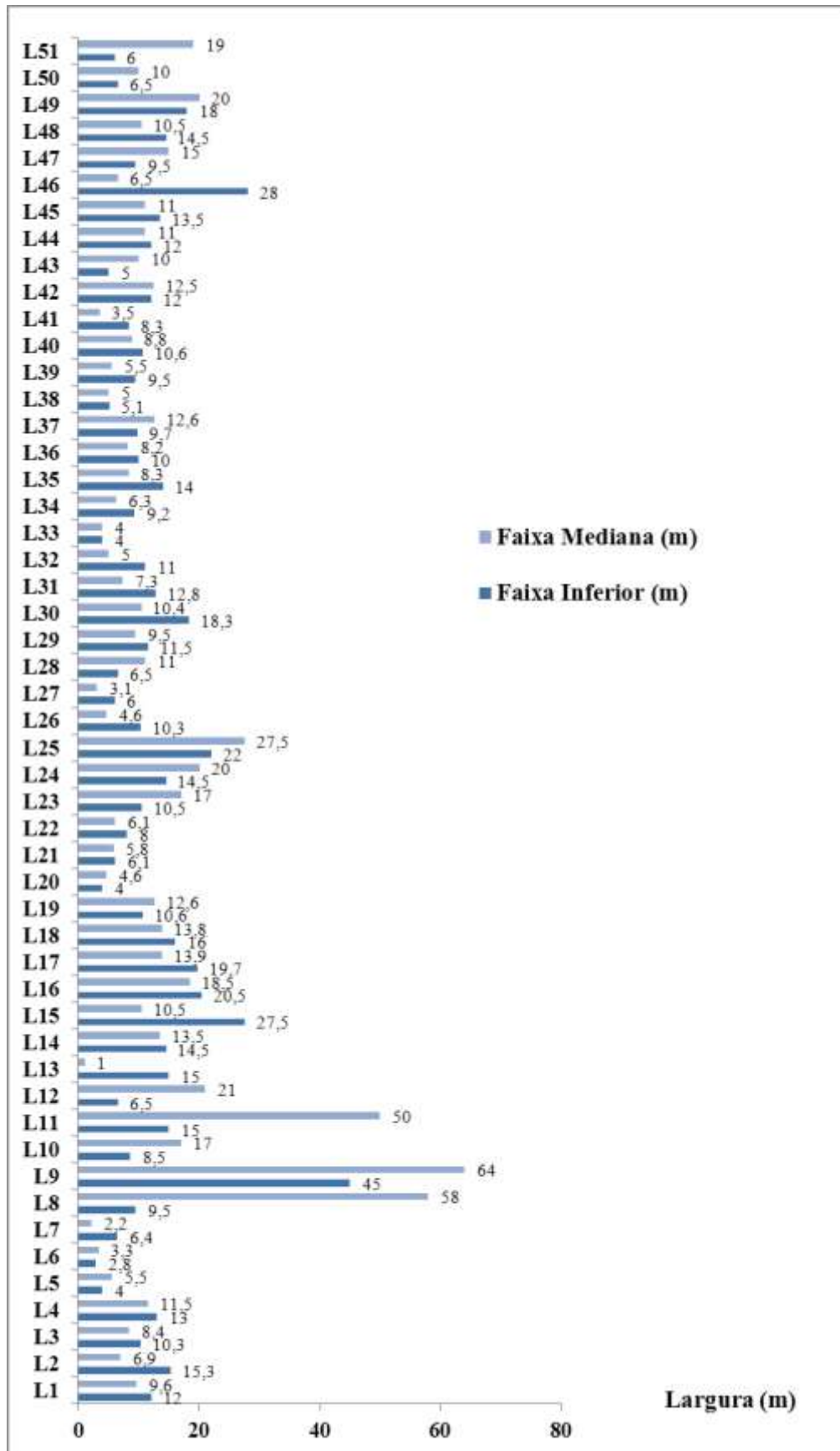


Figura 79: Largura da faixa inferior e mediana dos locais da costa rochosa.

As faixas apresentam larguras variadas. Enquanto em alguns locais da costa a largura da faixa inferior não chega a 5 m, em outros a mesma ultrapassa 20 m. Alguns locais apresentam faixa mediana que ultrapassam 50 m de largura (Figura 79). O L9, localizado no trecho da Pedra do Arpoador, foi o que apresentou as faixas mais largas (Figura 80):



Figura 80: L9, no trecho da Pedra do Arpoador (Foto: Felipe Miguel).

Dos que apresentaram as faixas com as menores larguras, destaca-se o L6, localizado no entre a Praia Vermelha e o Costão do Leme. O mesmo apresentou faixa inferior com 2,8 m e faixa mediana com 3,3 m de larguras (Figura 81):



Figura 81: L6, entre a Praia Vermelha e o Costão do Leme (Foto: Felipe Miguel).

A variação na largura das faixas mostra como os aspectos ligados à morfologia dos trechos podem conferir a cada local uma interação particular com as ondas. A partir dos valores mais encontrados foi definida uma graduação referente à magnitude de alcance das lavagens. Foram estipulados quatro níveis de alcance que nortearam a avaliação e classificação referente ao grau de periculosidade dos locais, a saber:

- Alcance baixo - faixas com até 5 m de largura;
- Alcance moderado - faixas medindo entre >5 e 10 m de largura;
- Alcance elevado – faixas medindo entre >10 e 15 m de largura;
- Alcance muito elevado – faixas ultrapassando 15 m de largura;

A largura das faixas foi então correlacionada com as variáveis selecionadas pela pesquisa para investigação. Os resultados das análises referentes à influência exercida pela orientação, inclinação e rugosidade no alcance das lavagens estão expostos a seguir.

### 5.3 - A ORIENTAÇÃO DA FACE DOS LOCAIS

Como caracterizado por Pianca *et al.* (2010) e Pereira e Klumb (2015), as maiores ondas que atingem o litoral do Rio de Janeiro são provenientes dos quadrantes de SW, S e SE. Diante disso, a orientação da face dos locais foi então correlacionada com a direção dessas ondulações.

A análise da orientação possibilitou localizar áreas da costa rochosa com diferentes graus de exposição (dados em anexo B). A largura das faixas serviu como um indicador dos locais mais expostos às ondulações. Os gráficos da figura 82 mostram os valores médios encontrados na largura das duas faixas, de acordo com a orientação da face dos locais:

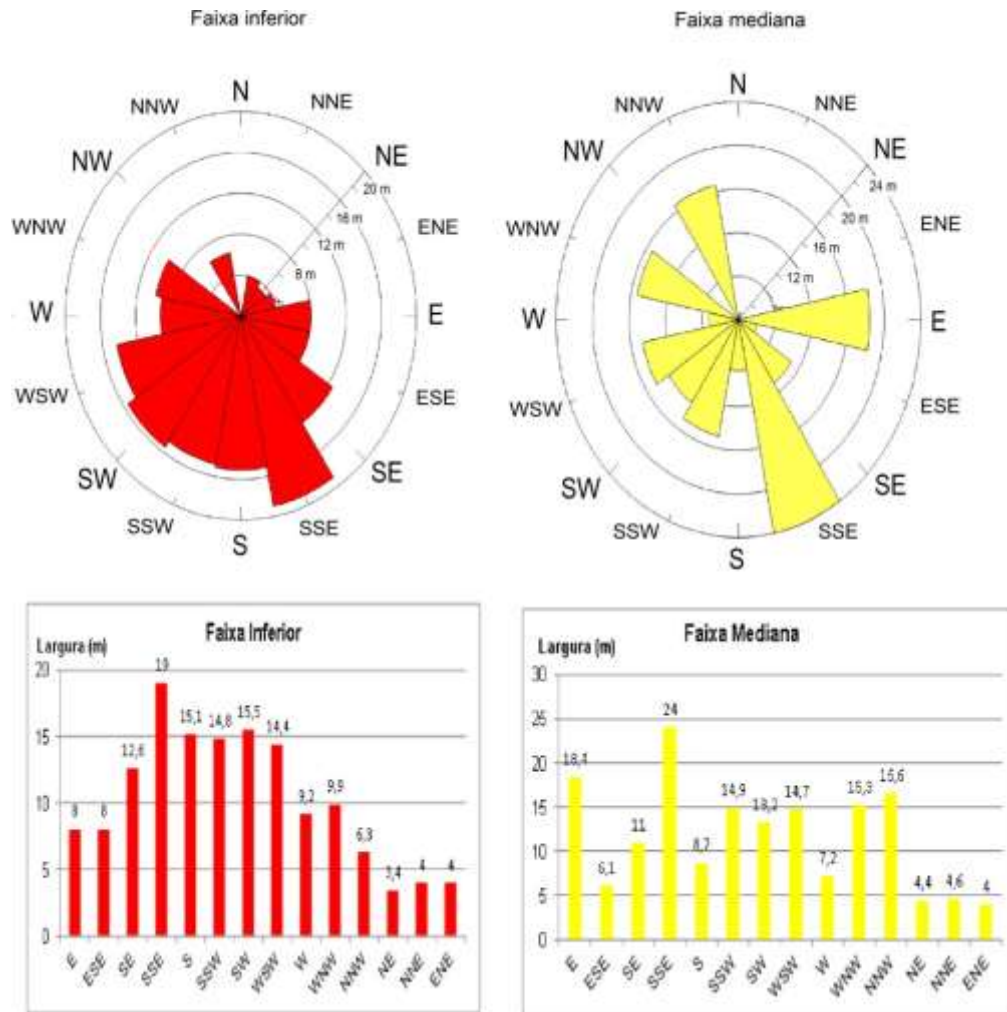


Figura 82: Largura média da faixa inferior e da faixa mediana, de acordo com a orientação dos locais.

Percebe-se que a orientação da face exerce influência significativa no alcance atingido pela lavagem das ondas. Como exposto na figura 82, as maiores faixas inferiores foram encontradas nas faces com orientações de SE, SSE, S, SSW, SW e WSW. Isto pode ser atribuído ao fato desses locais receberem de frente as ondulações vindas de SW, S e SE. As ondas atingem perpendicularmente suas faces, gerando lavagens de maior alcance vertical. Os locais com face voltada entre as direções de ESE, NNE e WNW, por não receberem frontalmente tais ondulações, apresentam faixas mais curtas, indicando um alcance mais baixo das lavagens.

Os valores encontrados na largura média da faixa mediana também apontam para o efeito da orientação em relação à direção das ondas. Os menores valores médios foram registrados nas faces com orientações de NE, NNE e ENE, direções opostas às das ondulações de tempestade.



A análise conjunta dos dados permitiu identificar os locais mais expostos e os mais protegidos com relação à ação das ondas. Conveniu-se dar maior peso para a largura média da faixa inferior, visto que a mesma é atacada pelas ondas com maior regularidade e por ondulações de variados tamanhos. Recebe desde ondas de 0,5 m até ondas acima de 2 m de altura. Com os valores médios encontrados foi possível classificar os locais da costa rochosa em dois grupos, de acordo com a orientação da face:

- Locais expostos – Face com orientação voltada para as direções de S, SSW, SW, WSW, SSE ou SE;
- Locais semi- expostos – Face com orientação voltada para as direções de ESE, E, ENE, NE, NNE, NNW, WNW ou W.

Os locais semi-expostos foram chamados assim porque, apesar de estarem em trechos da costa expostos às ondulações de tempestade, possuem uma condição mais abrigada contra a ação das mesmas. Em observações de campo foi possível ver que nestes locais as ondas passam tangenciando as faces, conferindo lavagens de menor magnitude (Figura 83).



Figura 83: Onda tangenciando a face de local da costa rochosa.

#### 5.4 – A INCLINAÇÃO DOS LOCAIS

Com os dados levantados em campo foi possível caracterizar as inclinações mais encontradas nos locais da costa rochosa do município. Os registros feitos nas três faixas (inferior, mediana e superior) serviram para ver a variação da inclinação ao longo da face dos locais (Figuras 84, 85 e 86):



Figura 84: Inclinação média encontrada nas faces dos locais.

As inclinações mais encontradas na face dos locais ficaram entre 20° e 30°. Faria (2016) encontrou valores parecidos em sua caracterização geomorfológica da costa rochosa do estado do Rio de Janeiro. O autor encontrou faces apresentando inclinação mais comum nas classes 15-20° e 27-32°. Os valores registrados pelo presente estudo, assim como o realizado por Faria (*op. cit.*), apontam para o grau de inclinação entre 20 e 30° como sendo um padrão encontrado nos locais da costa rochosa do município. Este padrão difere do encontrado nas costas rochosas estudadas por outros pesquisadores do tema.

Como já colocado anteriormente, a maioria dos estudos tem sido realizada em locais de plataforma rochosa, que não ultrapassam 15° de inclinação, ou em áreas de falésia, que apresentam gradiente bem mais acentuado, acima de 45° de inclinação. Os trabalhos de segurança e prevenção de acidentes em costas rochosas da Austrália que vem sendo desenvolvido por Kennedy (*op. cit.*), por exemplo, trabalha somente com áreas de plataformas, com locais apresentando faces bem menos inclinadas que as encontradas na maior parte da costa rochosa do município do Rio de Janeiro.



Figura 85: Inclinação encontrada na faixa inferior dos locais.

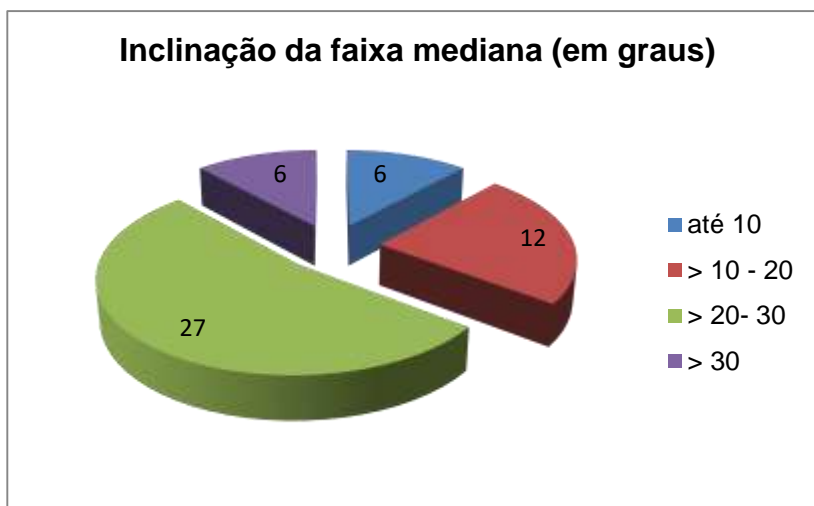


Figura 86: Inclinação encontrada na faixa mediana dos locais.

Como apontam os gráficos, a inclinação mais encontrada ficou entre 20 e 30°. Comparando com os valores registrados em ambas as faixas foi possível constatar que a maioria dos locais possui um perfil relativamente retilíneo, sem variações bruscas de inclinação entre as duas faixas.

A inclinação foi considerada como mais um parâmetro para avaliar a exposição dos locais frente à ação das ondas. Como discutido na metodologia, quanto menor a inclinação, maior alcance as lavagens podem atingir. Isso serviu para diferenciar os locais quanto ao grau de exposição. A partir dos valores encontrados foram estabelecidas quatro classes de inclinação para avaliar a exposição dos locais:

- Inclinação muito baixa – até 10°;
- Inclinação baixa – entre >10 e 20°;
- Inclinação média – entre >20 e 30°;
- Inclinação alta – entre >30° e 40°;
- Inclinação muito alta - > 40°

## 5.5 - A RUGOSIDADE DAS SUPERFÍCIES E O ALCANCE DAS LAVAGENS

A maioria dos locais apresenta superfície lisa (contínua, sem muitas irregularidades ao longo de sua extensão). Em segundo lugar aparece a superfície acidentada (com fendas e canaletas de maior porte, acima de 1 m de profundidade e largura). A superfície menos encontrada pela pesquisa foi a rugosa (com pequenas canaletas e tafones).

Para averiguar a influência da rugosidade no alcance atingido pelas lavagens foram selecionados locais com face exposta e com faixas medindo de 10 a 30° de inclinação. Ou seja, locais que apresentam um alto grau de exposição frente à ação das ondas. Nas figuras 87 e 88 estão expostas as larguras da faixa inferior dos locais selecionados:

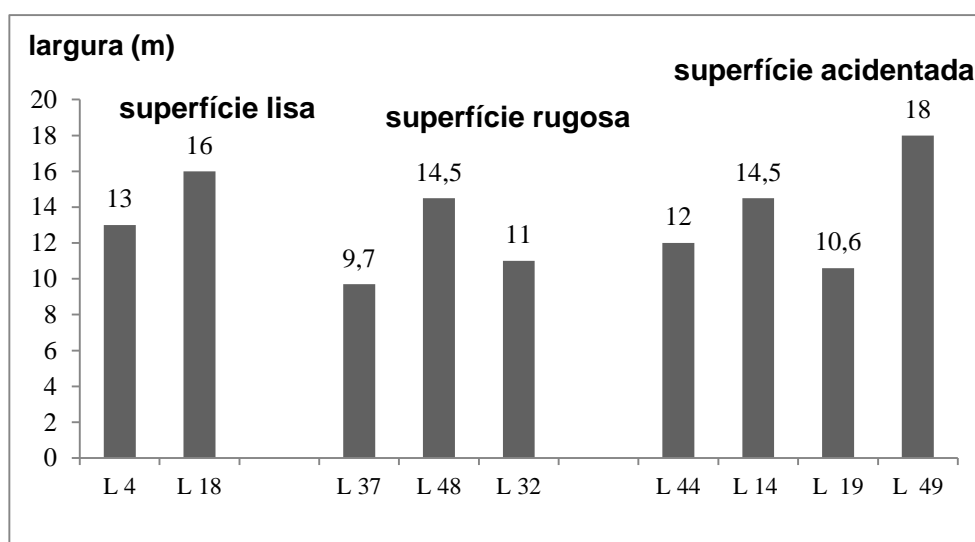


Figura 87: Alcance atingido pela faixa inferior em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 10 e 20°).

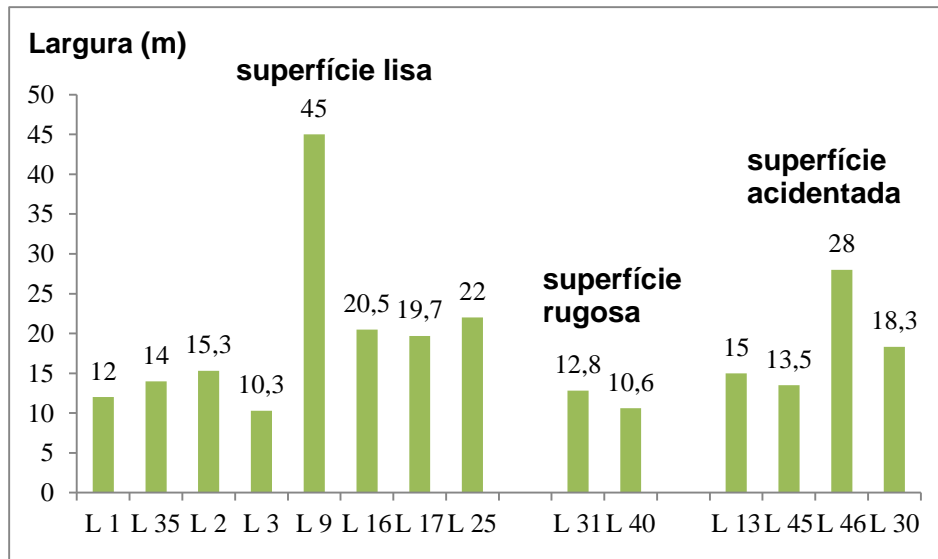


Figura 88: Alcance atingido pela faixa inferior em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 20 e 30°).

Como mostra os histogramas, a rugosidade da superfície, no geral, não exerce grande influência no alcance das ondas. Alguns locais com superfície acidentada apresentam faixas de lavagem mais largas que locais com superfície lisa. O L49, com face acidentada apresentou faixa inferior mais larga que os locais L4 e L18, de face lisa. O L37, de face rugosa, apresenta a menor faixa de todos os comparados (Figura 87). O L46, de superfície acidentada, possui faixa mais larga que o L1, L2, L35, L3, L16, L17 e L25, com superfícies lisas (Figura 88).

Comparando faixas medianas de locais expostos da costa também não se observou influência significativa do tipo de superfície encontrado no alcance das lavagens. Nas figuras 89 e 90 estão apresentadas as larguras da faixa mediana dos locais escolhidos para comparação:



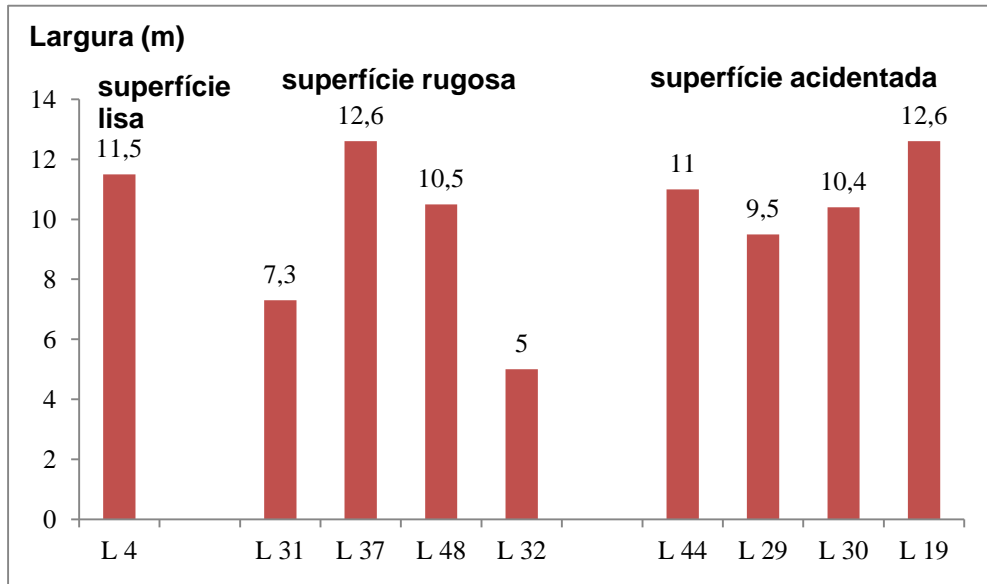


Figura 89: Alcance atingido pela faixa mediana em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 10 e 20°).

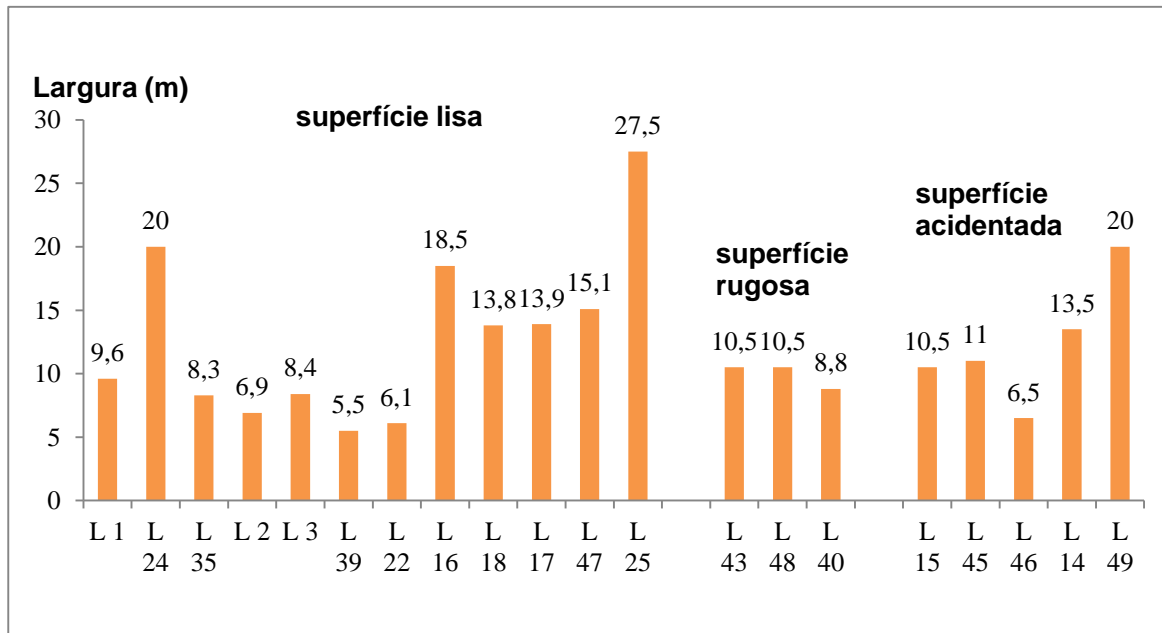


Figura 90: Alcance atingido pela faixa mediana em locais com diferentes tipos de superfície (Faixa com inclinação medindo entre 20 e 30°).

A variação encontrada na largura da faixa mediana dos locais analisados também apontou para uma baixa influência exercida pela rugosidade na magnitude das lavagens. Locais com superfície acidentada apresentam faixa mais larga que locais com superfície lisa (Figuras 89 e 90). Os resultados mostraram que não há

uma tendência clara na diminuição de alcance da lavagem com o aumento da rugosidade na superfície dos locais. Espera-se que estudos mais acurados, como simulações em tanques e medições da lavagem das ondas em tempo real, por exemplo, possam avaliar melhor o grau de influência exercido pela mesma.

Apesar do efeito reduzido na amplitude das lavagens, a rugosidade da superfície se mostrou uma variável que pode aumentar o perigo oferecido pelos locais. Isso foi observado durante os trabalhos de campo. Nos locais com superfície lisa as medições tiveram que ser conduzidas com maior atenção devido à menor aderência. Dentre os três tipos de superfície, a rugosa se mostrou a mais aderente. Isso pode ser atribuído à presença dos tafones, alvéolos e as fraturas de pequeno porte. A superfície acidentada também é escorregadia, mas a presença das fendas e buracos pode de algum modo, diminuir a probabilidade do usuário escorregar até o mar. Considerada um elemento potencializador do perigo, resolveu-se classificar a aderência relativa das superfícies, segundo o tipo de rugosidade encontrada (Figura 91):

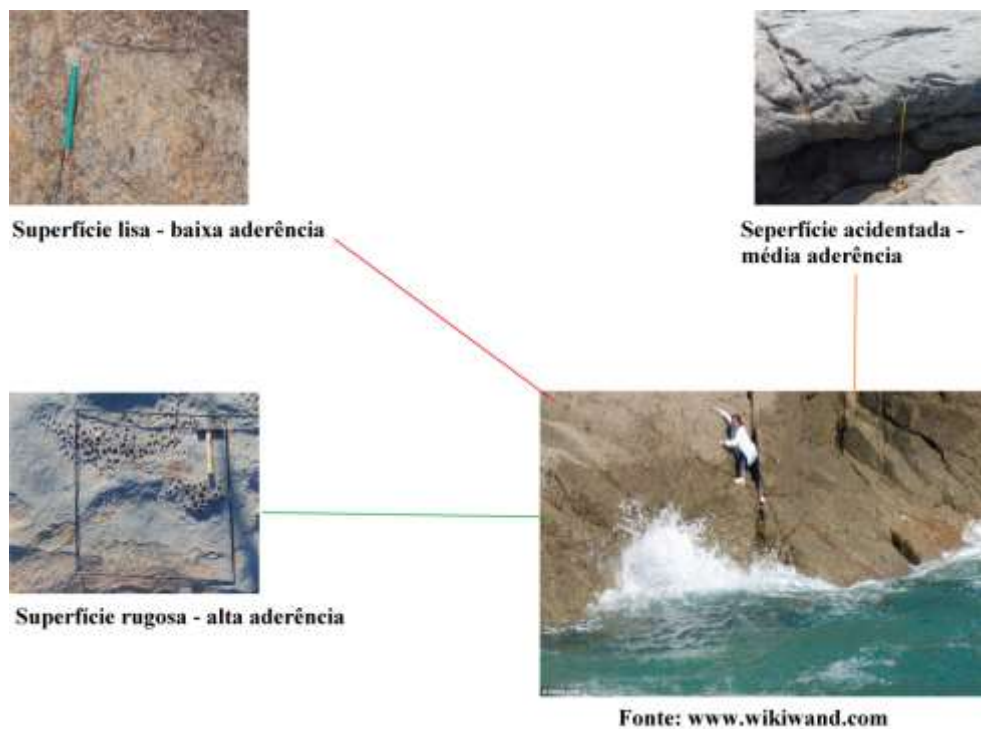


Figura 91: Aderência relativa da superfície dos locais estudados.

## 5.6 - O GRAU DE PERICULOSIDADE DOS LOCAIS FREQUENTADOS DA COSTA ROCHOSA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Através da análise dos dados foi possível obter informações importantes sobre a interação existente entre a geomorfologia da costa rochosa do município do Rio de Janeiro e a dinâmica das ondas que a atinge. As correlações feitas entre os indicadores e variáveis escolhidos pelo presente estudo possibilitaram identificar características específicas de determinados trechos e locais da costa, no que diz respeito ao grau de exposição e alcance atingido pelas lavagens. Teve maior peso na avaliação da periculosidade a largura das faixas e a orientação da face. A partir das informações trabalhadas, os locais foram divididos em quatro grupos, de acordo com o grau de periculosidade, a saber:

- Locais com grau de periculosidade baixo – Apresentam face com orientação semi-exposta e possuem as duas faixas com largura atingindo no máximo 10 m;
- Locais com grau de periculosidade moderado – Apresentam face com orientação variando de semi-exposta a exposta e possuem uma das faixas com largura atingindo até 10 m;
- Locais com grau de periculosidade elevado – Apresentam face com orientação semi-exposta e possuem as duas faixas com largura acima de 10 m;
- Locais com grau de periculosidade muito elevado – Apresentam face com orientação exposta e possuem as duas faixas com largura acima de 10 m.

As imagens a seguir correspondem aos trechos da costa rochosa do município que fizeram parte da pesquisa. Nelas estão destacados o grau de periculosidade e o tipo de superfície dos locais avaliados pelo estudo:

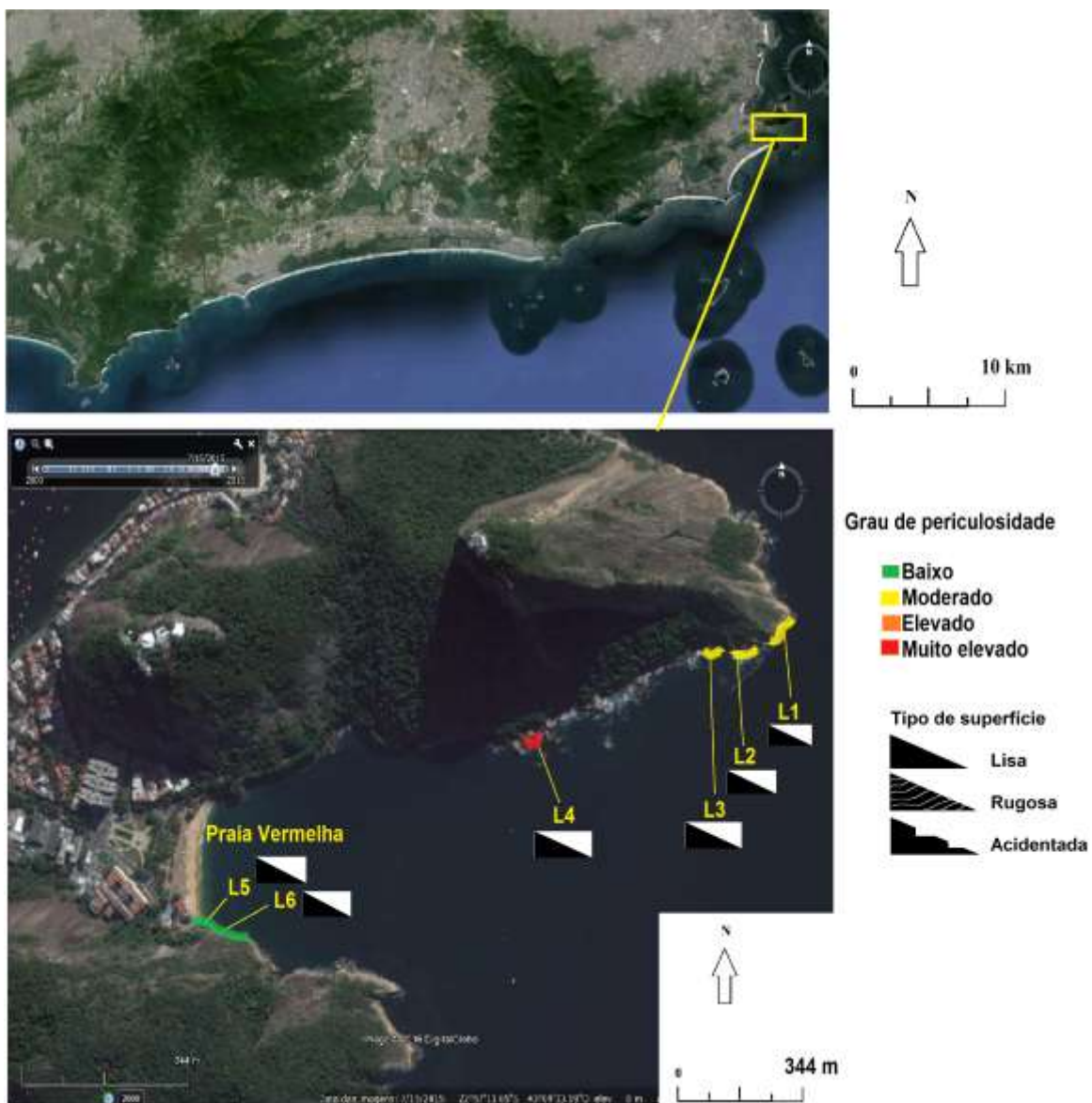


Figura 92: Trecho entre o Pão-de-Açúcar e a Praia Vermelha, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.

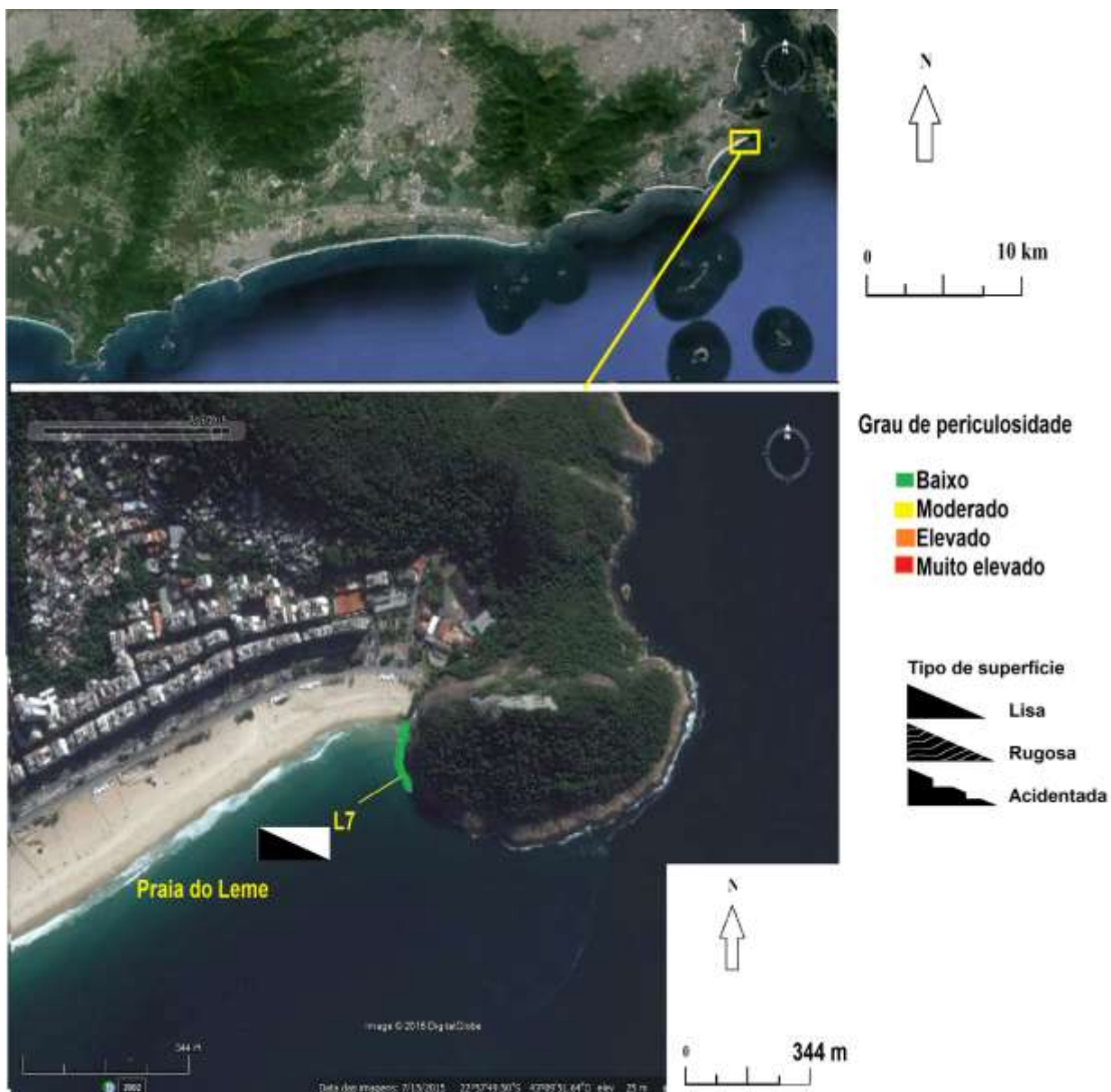


Figura 93: Trecho do Costão do Leme, com destaque para o grau de periculosidade e superfície do local avaliado.



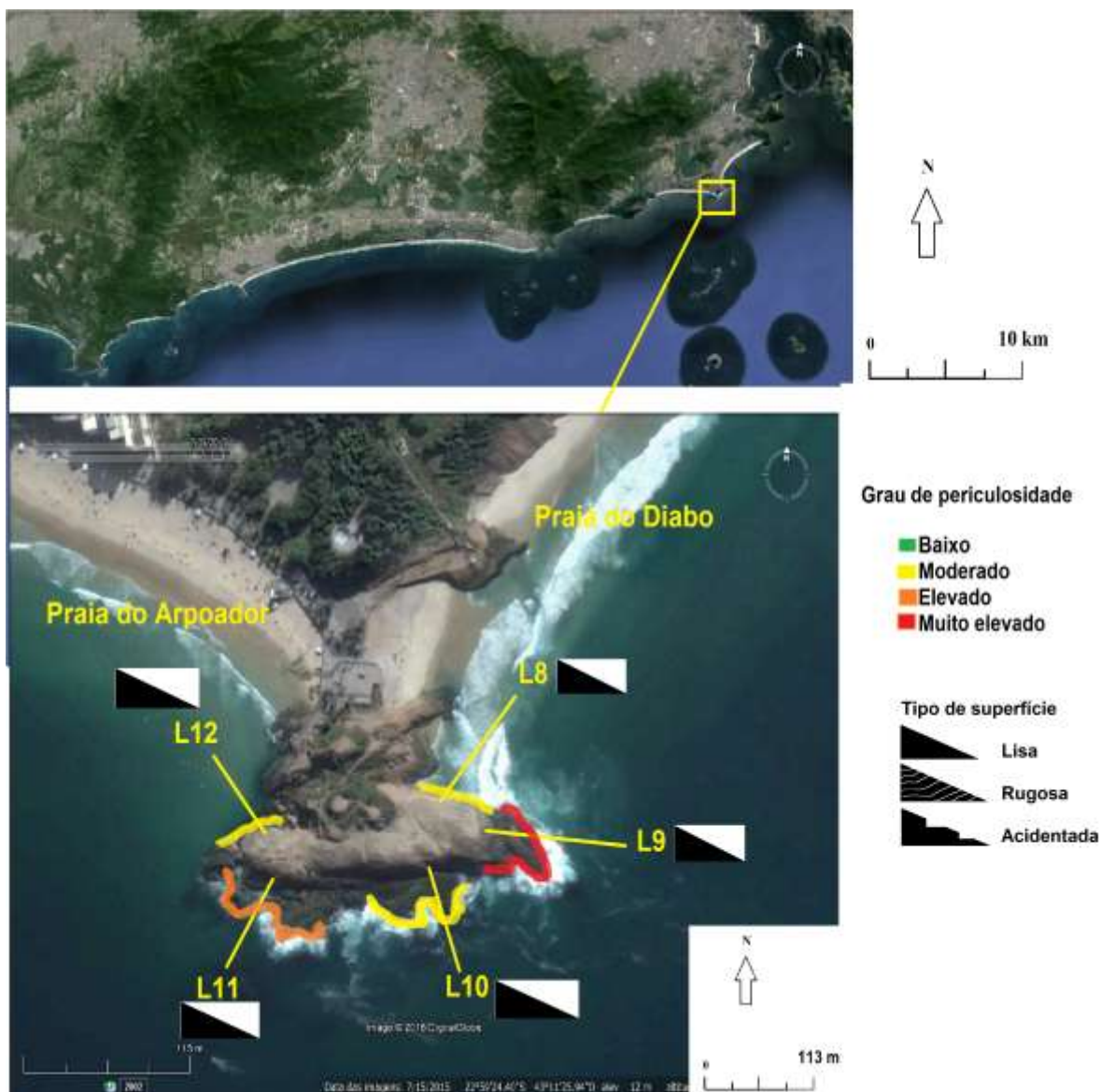


Figura 94: Trecho da Pedra do Arpoador, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.



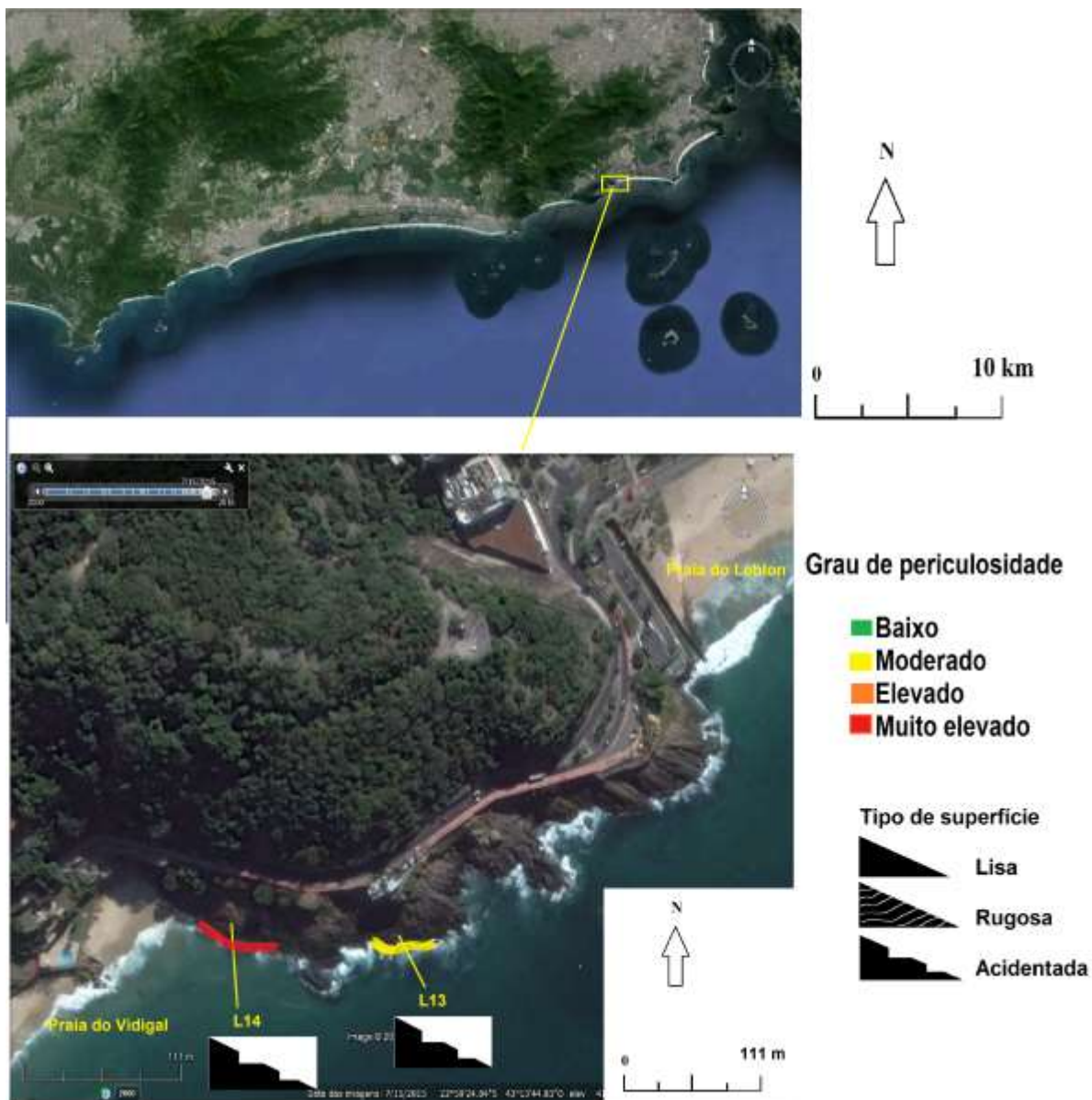


Figura 95: Trecho da costa rochosa entre a Praia do Leblon e a Praia do Vidigal, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.

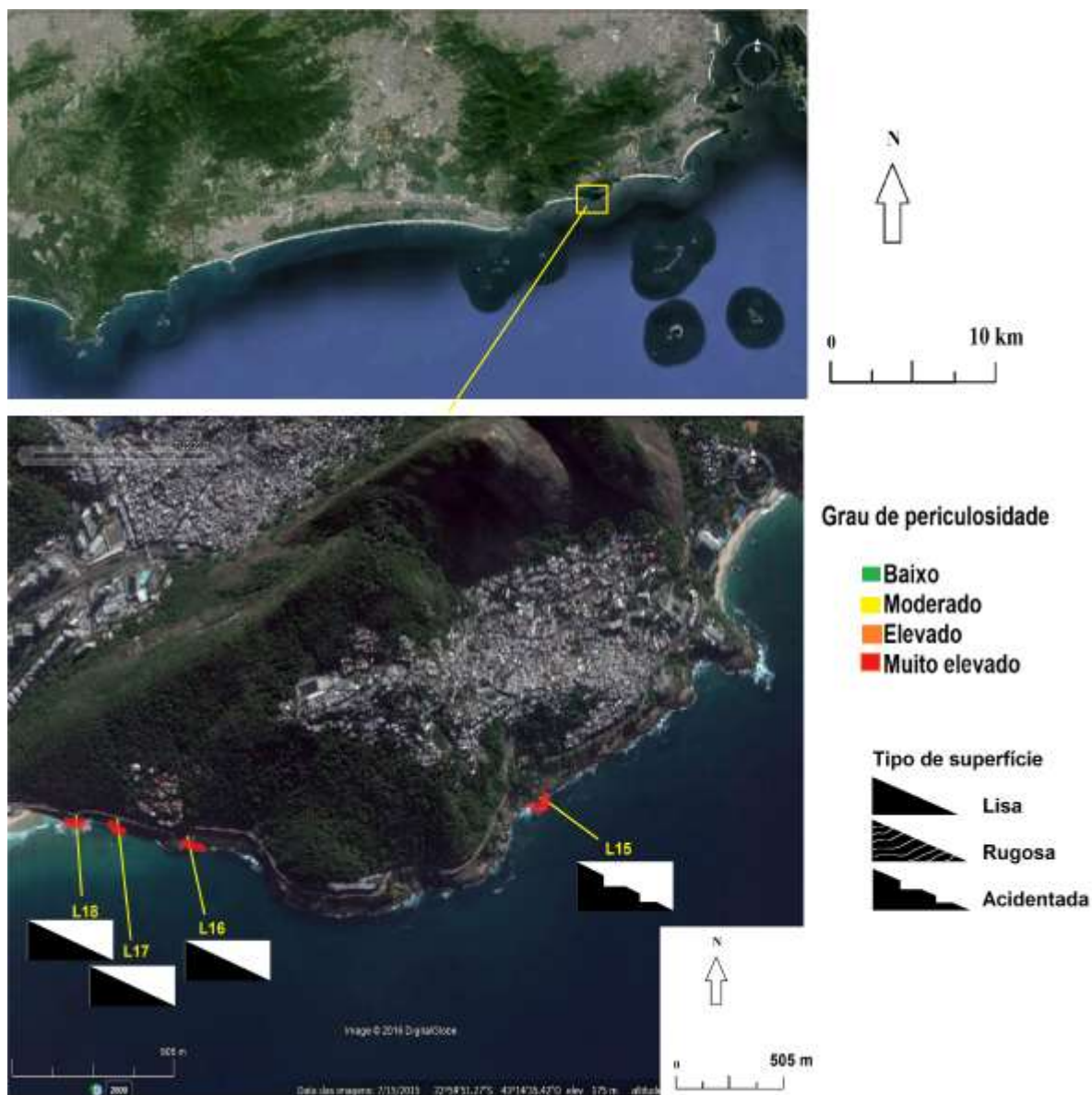


Figura 96: Trecho da Niemeyer, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.

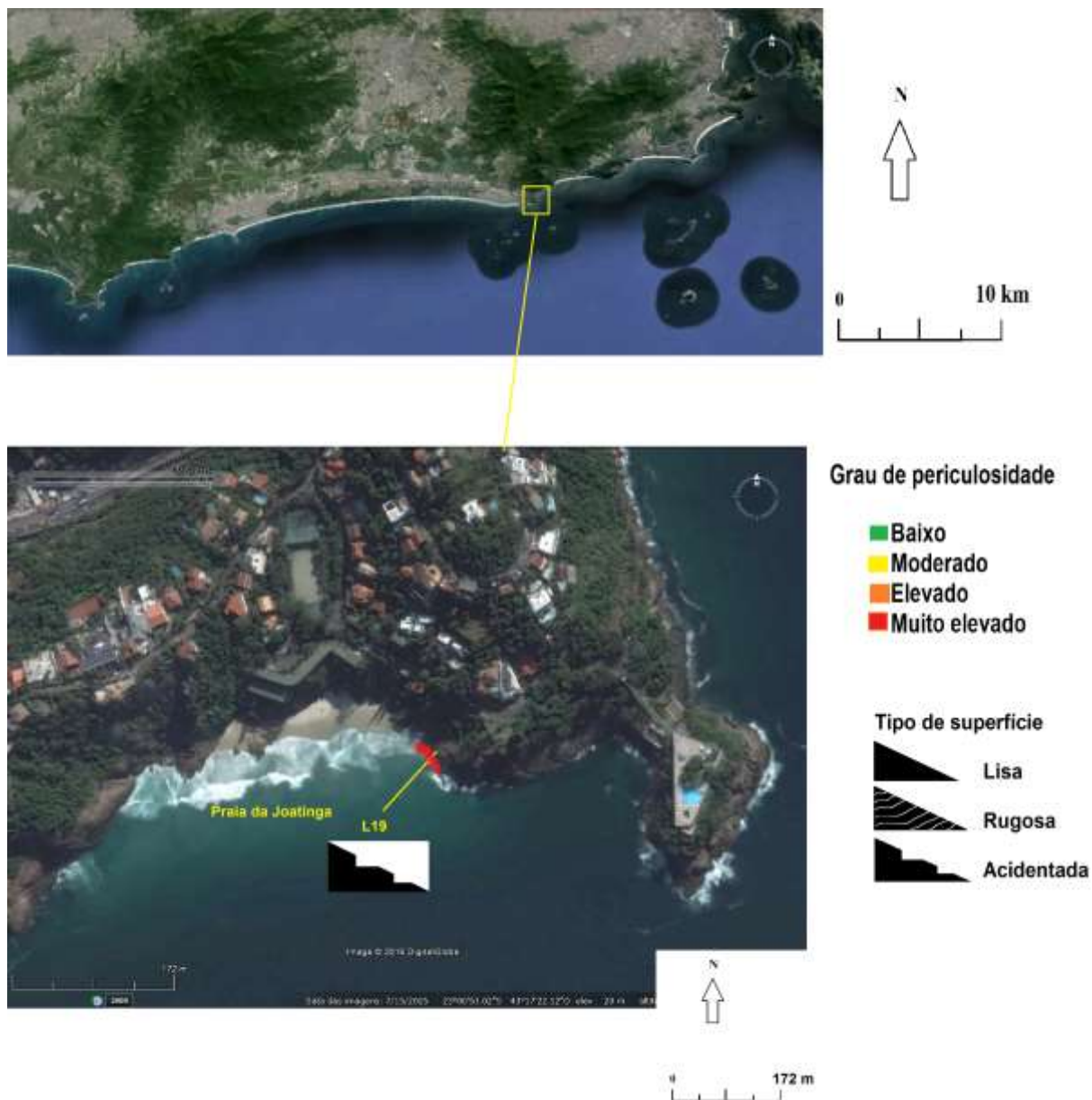


Figura 97: Trecho da Joatinga, com destaque para o grau de periculosidade e superfície do local avaliado.

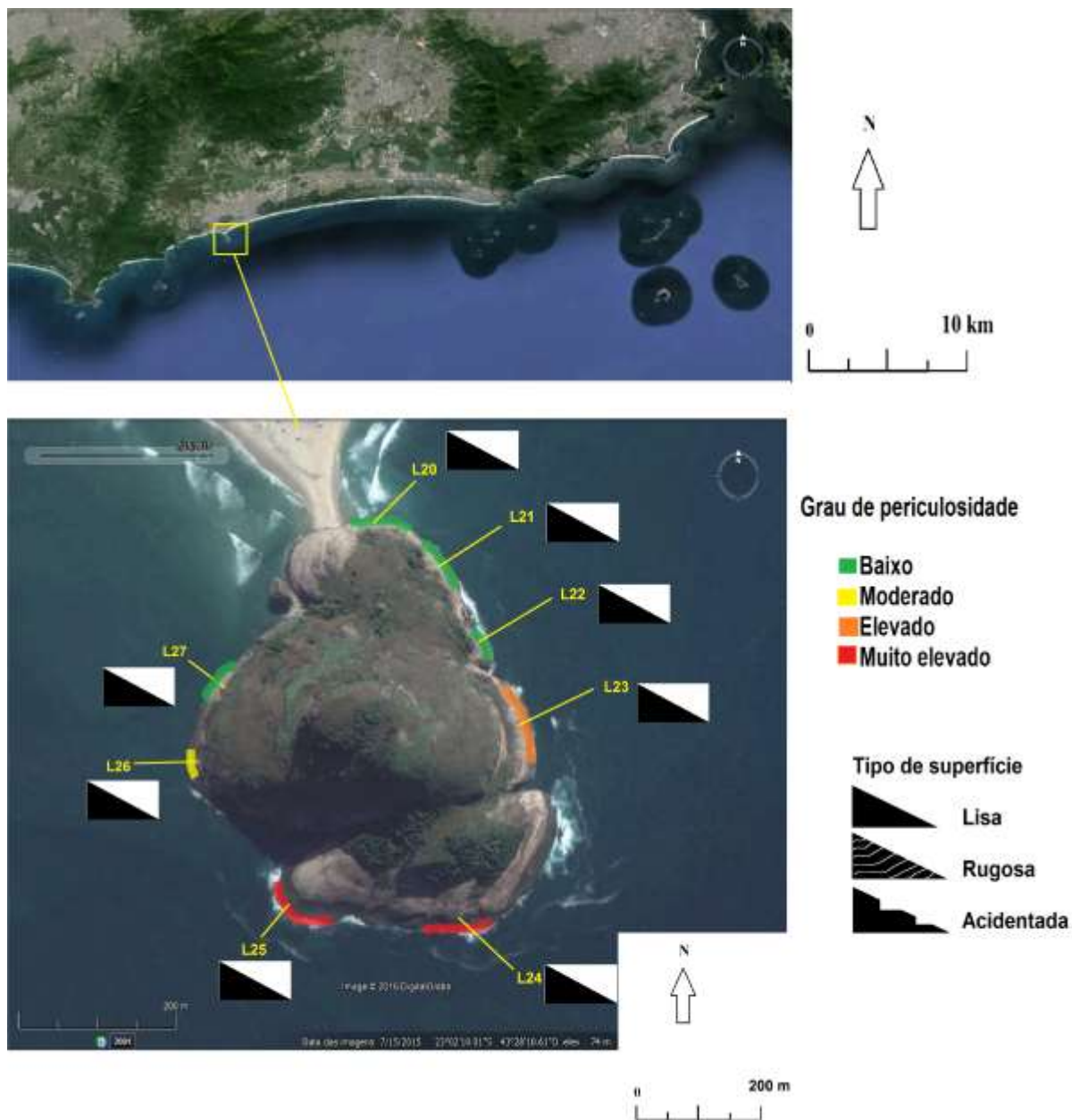


Figura 98: Trecho do Pontal do Recreio, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.



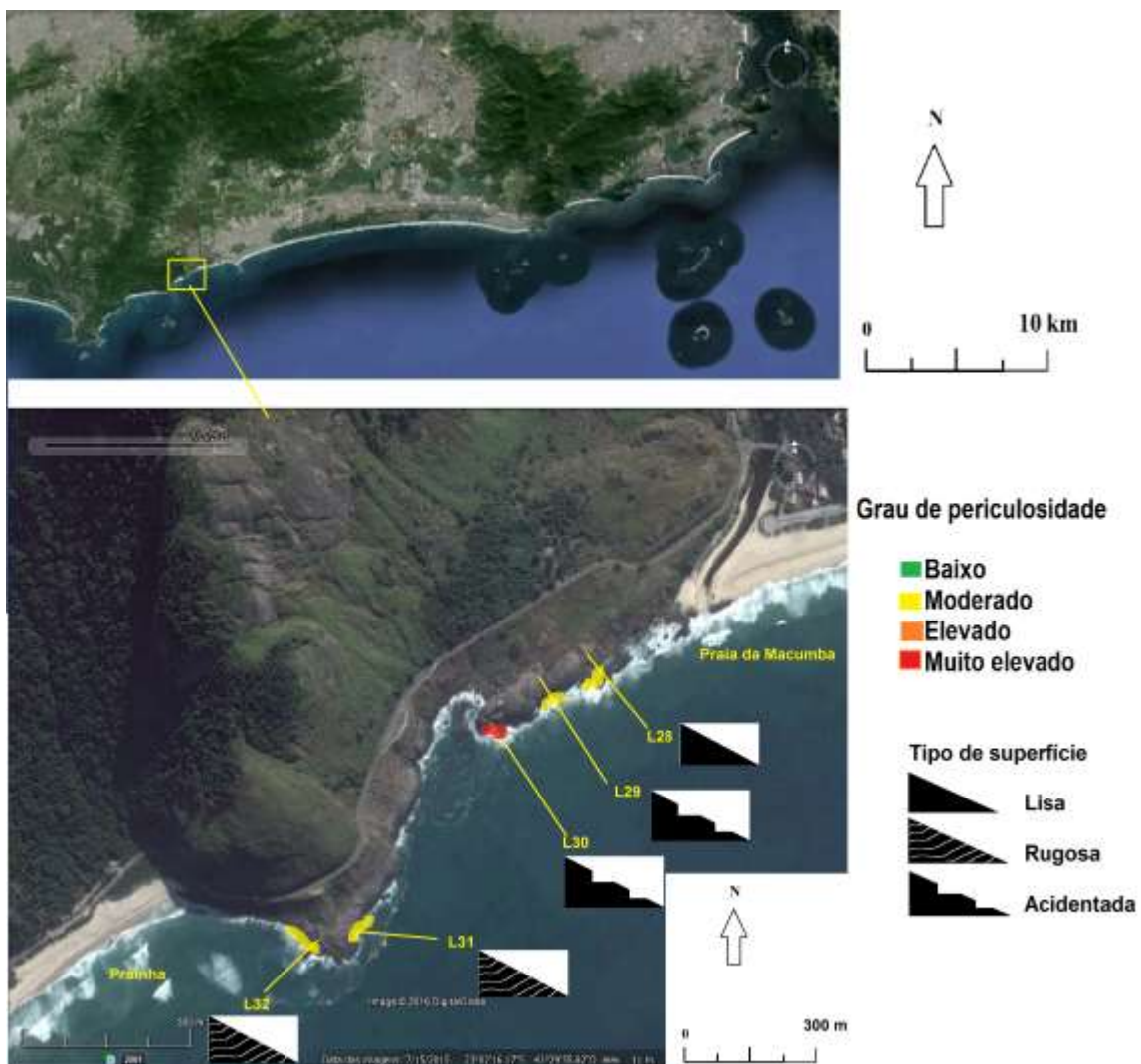


Figura 99: Trecho de costa rochosa entre a Praia da Macumba e a Prainha, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.

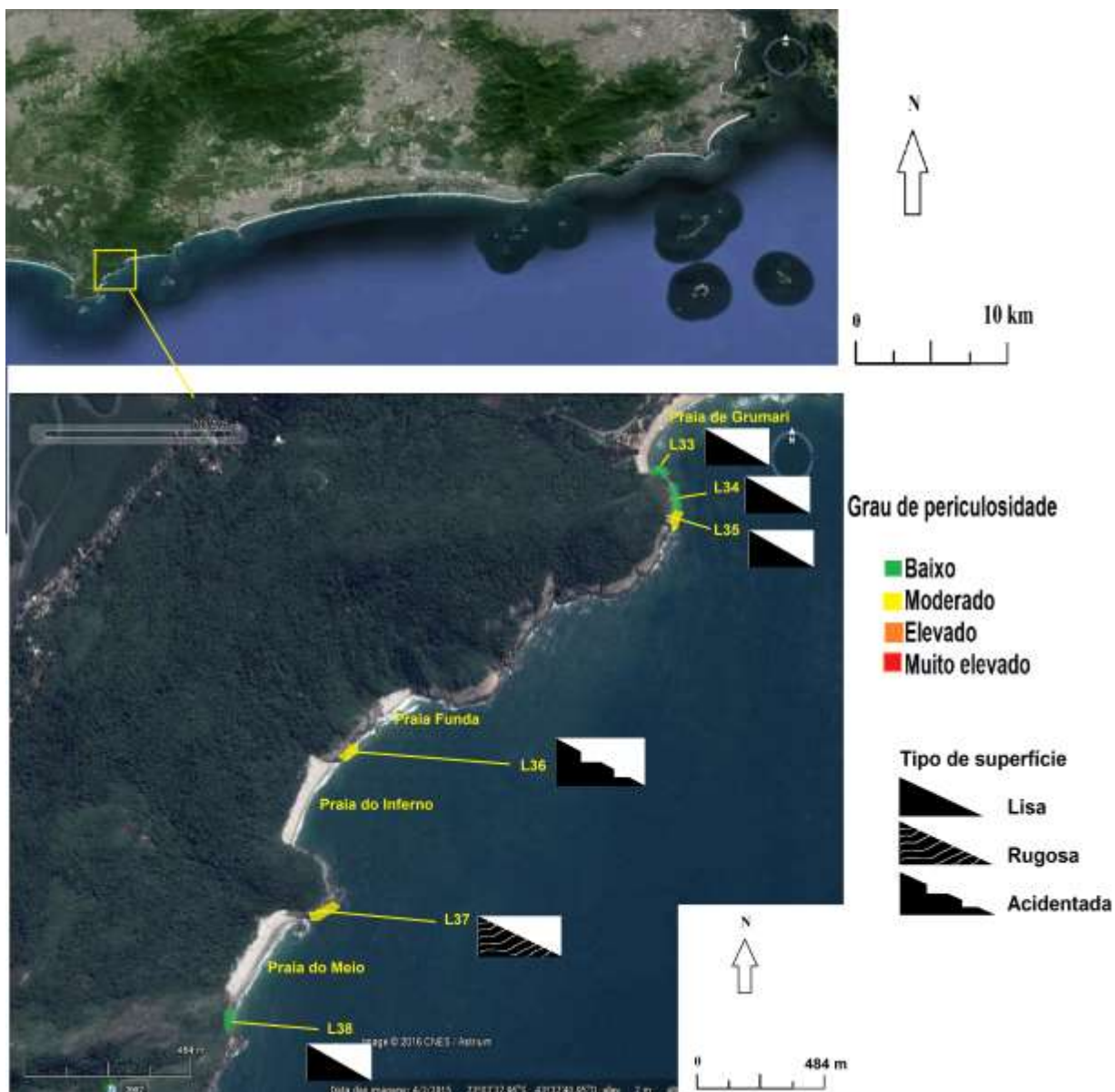


Figura 100: Trechos de costa rochosa entre a Praia de Grumari e a Praia do Meio, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.



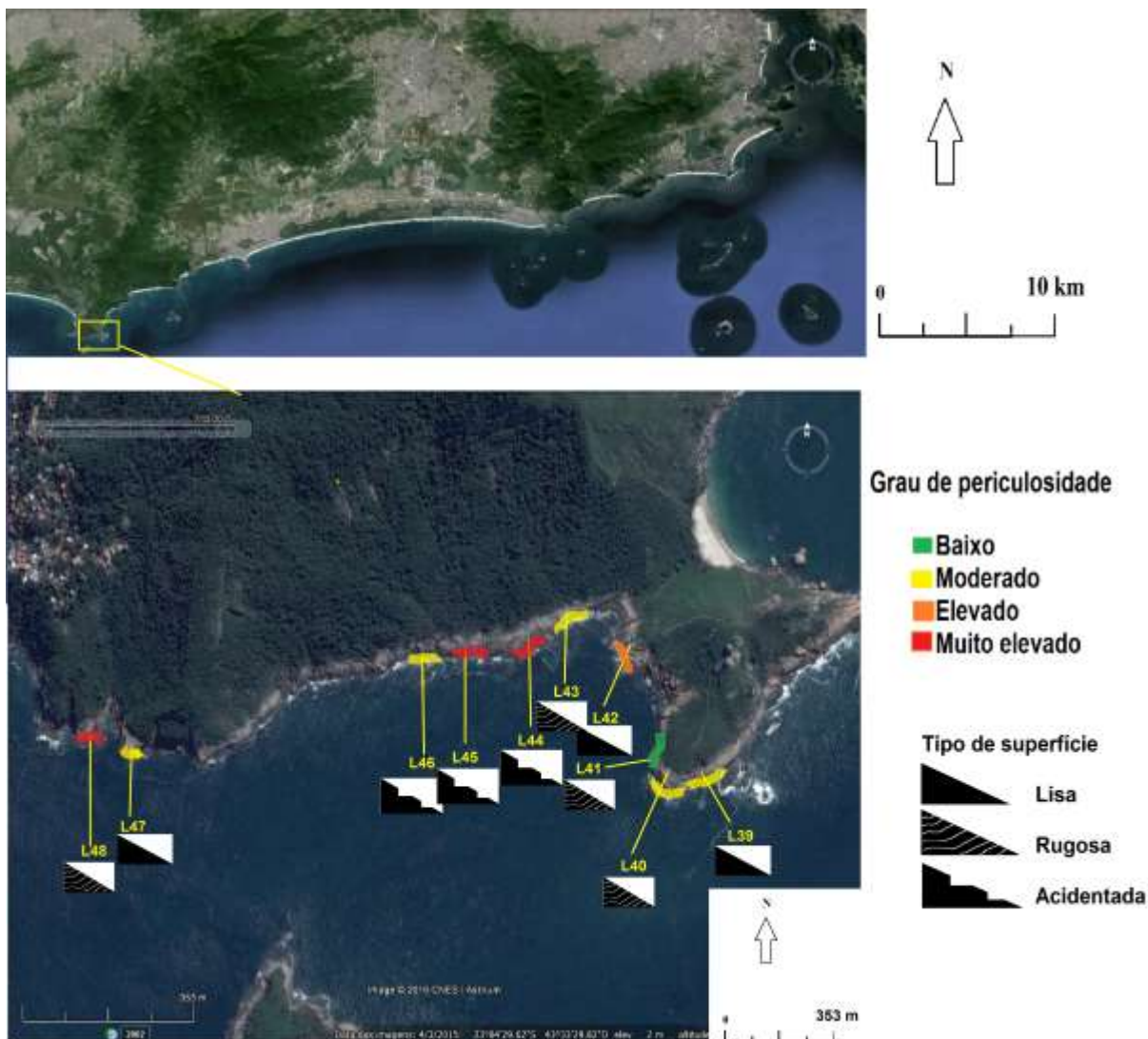


Figura 101: Trecho de costa rochosa entre a Ponta do Picão e a Ponta da Tartaruga, com destaque para o grau de periculosidade e superfície dos locais avaliados.

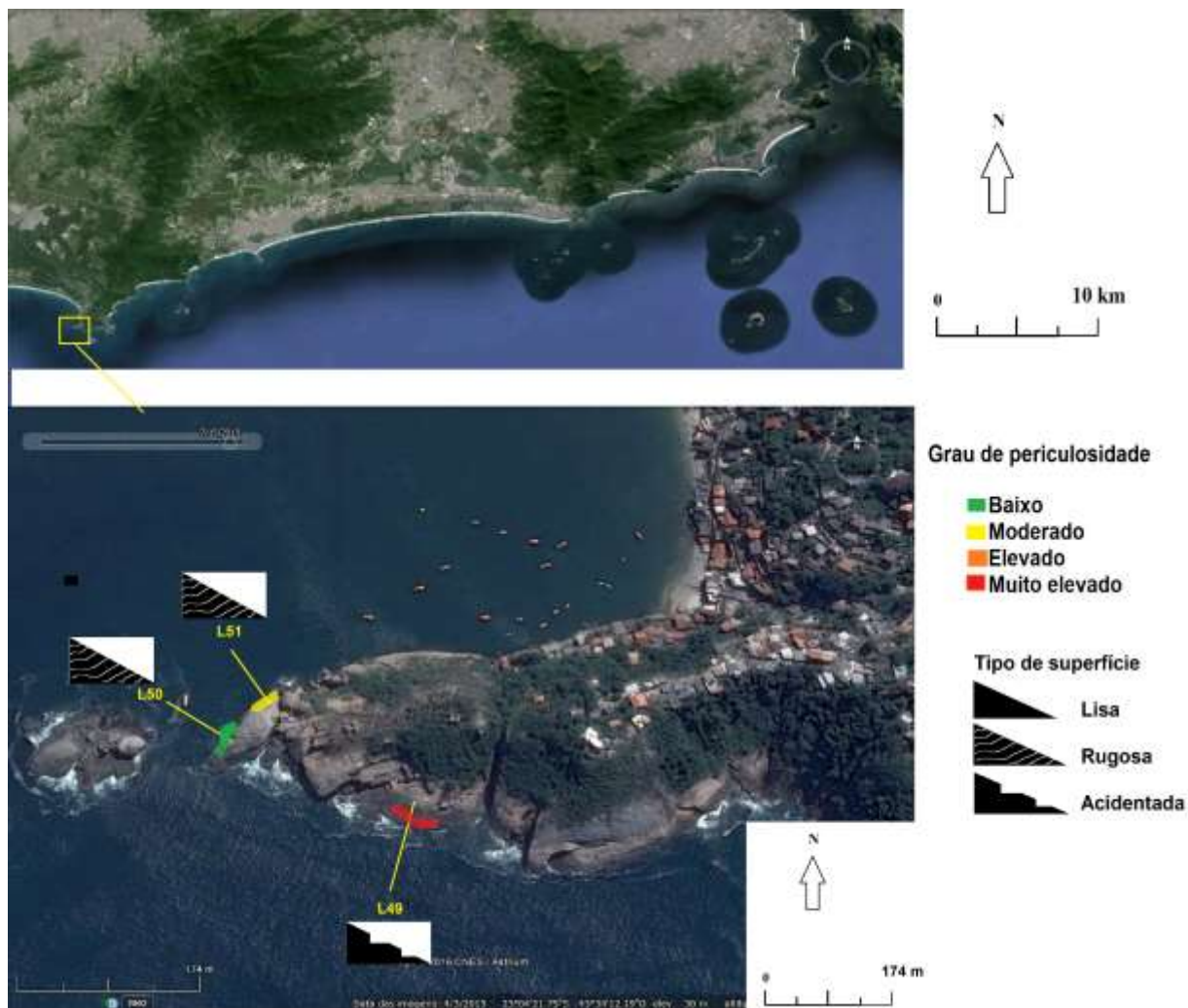


Figura 102: Trecho da Ponta do Picão, com destaque para os locais avaliados.

As graduações estabelecidas possibilitaram identificar e localizar os locais mais perigosos assim como os mais seguros para os usuários da costa rochosa do município. A seguir seguem algumas observações sobre o perigo oferecido pelos locais avaliados.

### 5.6.1 - Locais com grau de periculosidade baixo

Com exceção do L41 e do L50, todos apresentam superfície lisa, com baixa aderência relativa. Entre todos os destacados, os locais L6 (trecho da Praia Vermelha), L20 (trecho do Pontal do Recreio) e L33 (Trecho do Costão do Grumari)

possuem as faixas com as menores larguras (menor que 5 m), indicando lavagens de baixo alcance. Foram considerados pela pesquisa os menos perigosos de toda costa estudada (Figura 103):



Figura 103: Localização dos locais frequentados da costa rochosa do município classificados pela pesquisa como os menos perigosos: A) **L 6** ( $22^{\circ} 57' 24.71''$  S;  $43^{\circ} 09' 50.97''$  O); B) **L 20** ( $23^{\circ} 02' 01.73''$  S;  $43^{\circ} 28' 12.36''$  O); C) **L 33** ( $23^{\circ} 03' 08.99''$  S;  $43^{\circ} 32' 08.74''$  O).

O trabalho chama atenção para o aparecimento do L7 (localizado no trecho do Costão do Leme) que, apesar de estar entre os que oferecem menor perigo na costa rochosa do município, é um dos locais que ocorrem acidentes com mais frequência. Observando as faixas é possível inferir o alcance atingido pela lavagem das ondas no referido local (Figura 104):

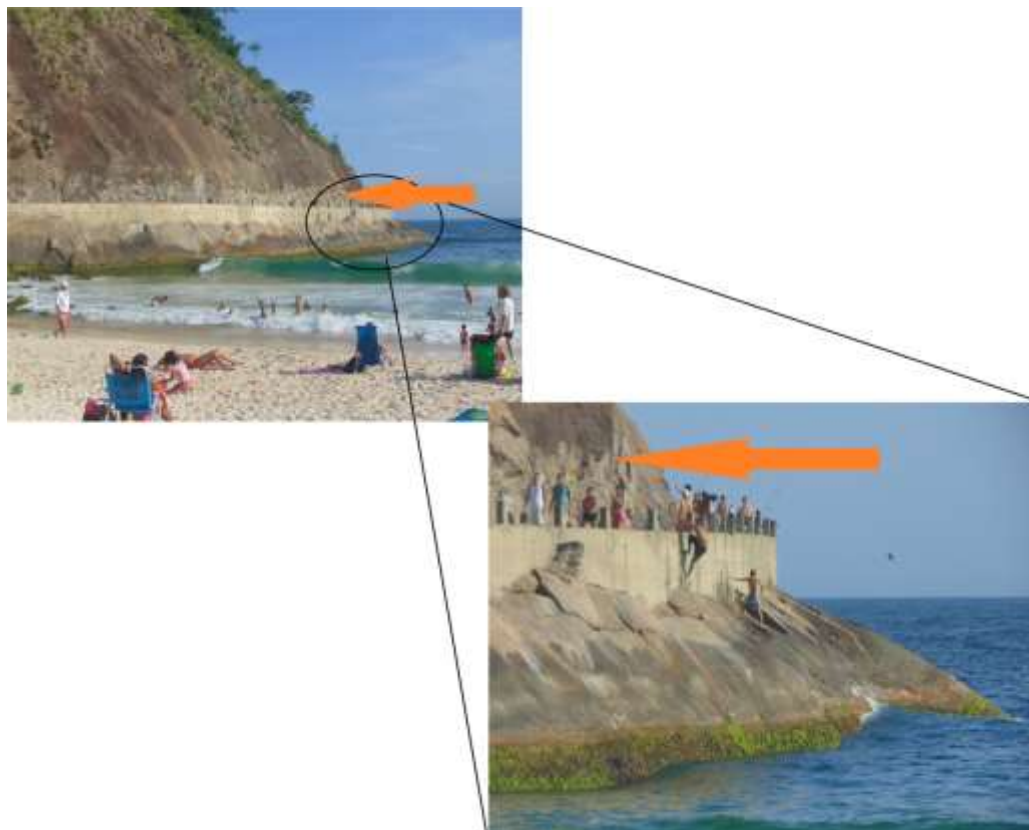


Figura 104: O Caminho do Pescador (o L7), com detalhe para o alcance da faixa mediana.

Nota-se que o caminho foi construído em cima da faixa mediana, não respeitando a variação da zona de atuação das ondas. Em dias com mar de ressaca é comum ver lavagens alcançando o limite da faixa mediana com a faixa superior, ultrapassando o caminho construído. O trabalho, assim como outros estudos, aponta para o perigo de se frequentar o local em dias com ondas maiores que 2 m. O mesmo já foi interditado diversas vezes por questões de segurança. (Figura 105).





Figura 105: Reportagem sobre acidente ocorrido no Caminho do Pescador, no trecho do Costão do Leme (Fonte: Jornal O GLOBO, 26 de agosto de 1992).

### 5.6.2 - Locais com grau de periculosidade moderado

A maioria apresenta orientação exposta às ondulações de tempestade. Apenas o L8, o L12, o L26 e o L51 tiveram orientação da face classificada como semi-exposta. Dentre os inseridos em tal classificação, o L32, o L36 e o L37 apresentam grau de exposição às ondas relativamente mais alto que os demais. Possuem orientação exposta e Inclinação da faixa inferior (Ifi) variando de muito baixa (até 10°) a baixa (>10-20°). Os locais apresentam superfície variando de rugosa a acidentada o que confere aos mesmos um nível de aderência relativa variando de médio a alto (Figura 106):

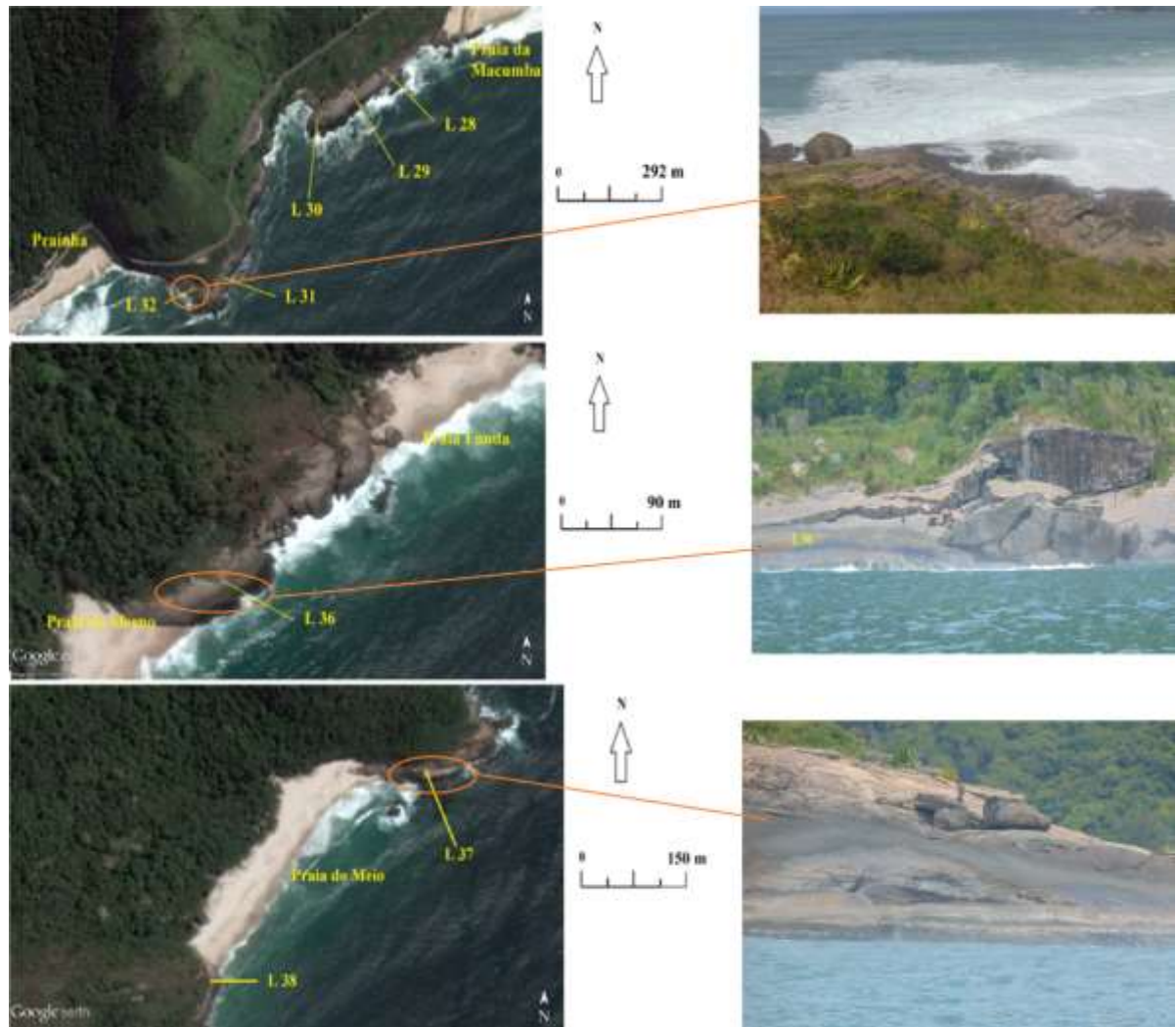


Figura 106: Localização dos locais mais expostos de todos os classificados com grau de periculosidade moderado: **L32** ( $23^{\circ} 02' 26.71''$  S;  $43^{\circ} 30' 02.79''$  O), **L36** ( $23^{\circ} 03' 37.92''$  S;  $43^{\circ} 32' 52.09''$  O) e **L37** ( $23^{\circ} 03' 53.97''$  S;  $43^{\circ} 32' 54.30''$  O).

### 5.6.3 - Locais com grau de periculosidade elevado

São locais que, apesar de não possuírem alto grau de exposição às ondas (possuem orientação classificada como semi-exposta), apresentam lavagens com alcance maior que 10 m. A inclusão de tais locais neste grupo teve como peso maior a largura das faixas. Espera-se que os mesmos sofram lavagens de grande magnitude em dias com ondas acima de 2 m. Os locais possuem superfície lisa, com baixa aderência relativa, o que potencializa o perigo oferecido (Figura 107).



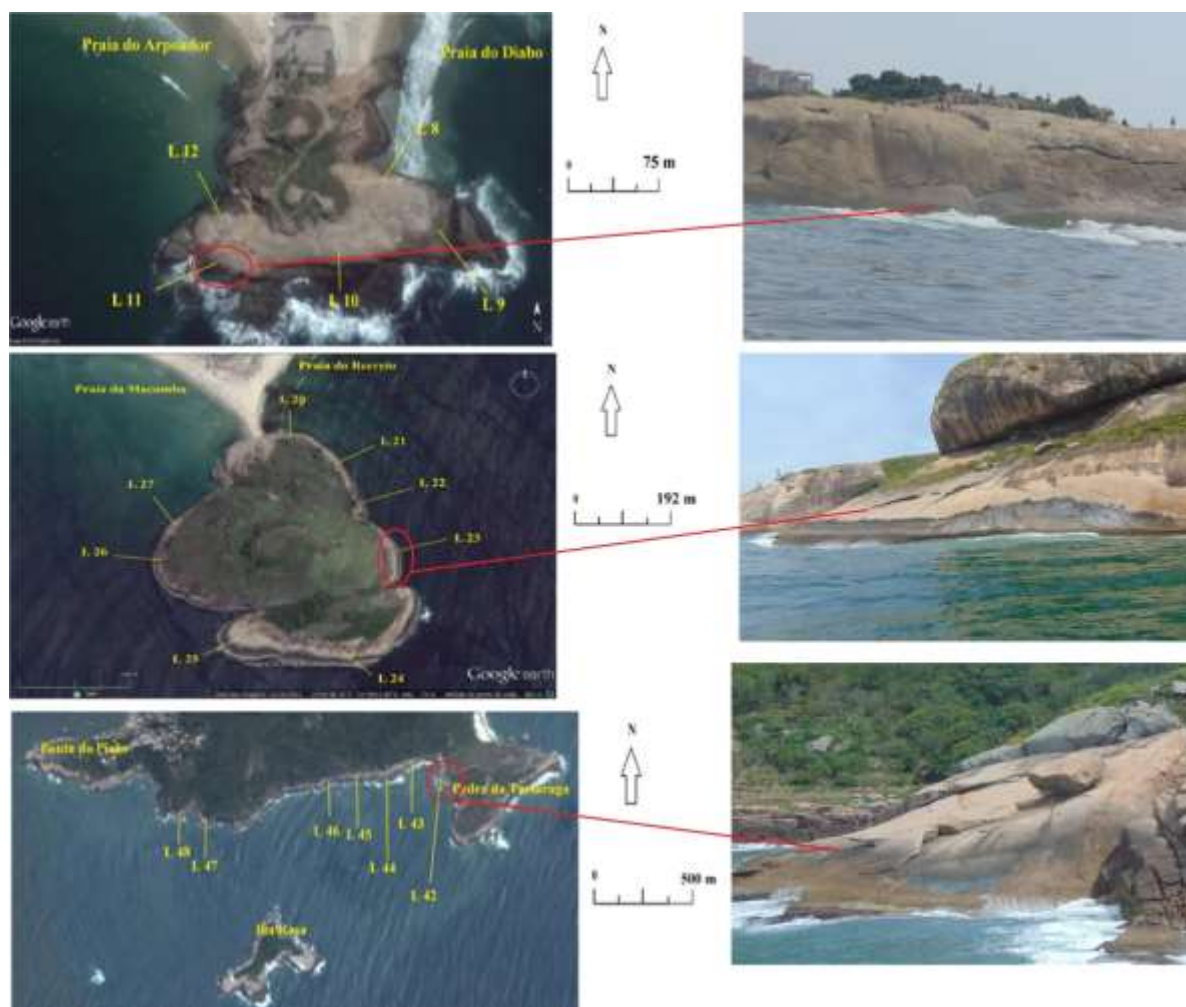


Figura 107: Localização dos locais classificados com grau de periculosidade elevado: **L11** ( $22^{\circ} 59' 26.52''$  S;  $43^{\circ} 11' 29.92''$  O), **L23** ( $23^{\circ} 02' 09.94''$  S;  $43^{\circ} 28' 05.34''$  O) e **L42** ( $23^{\circ} 04' 24.22''$  S;  $43^{\circ} 33' 15.07''$  O).

#### 5.6.4 - Locais com grau de periculosidade muito elevado

Os locais mais perigosos da costa rochosa do município apresentam lavagens de grande magnitude (apresentam largura das faixas acima de 10 m). A maioria dos locais possui inclinação da faixa inferior (lfi) variando entre 10 e 30°. A orientação exposta e a baixa inclinação conferem aos mesmos um alto grau de exposição à ação das ondas. O nível de aderência das superfícies dos mesmos varia entre média e baixa potencializando o risco de os usuários escorregarem e caírem no mar

A exceção ficou para o L24 (trecho do Pontal do Recreio) que, apesar de possuir uma face exposta às ondulações, possui uma faixa inferior com inclinação

acima de 40°. Por isso, o mesmo foi considerado o que oferece menos perigo relativo, entre todos do grupo. O L9, o L16, o L25 e o L49 apresentam lavagens com alcance muito elevado (possuem faixas com largura acima de 15 m). No que diz respeito a rugosidade, tais locais possuem superfície lisa, a mais escorregadia. Sendo assim, podem ser vistos como os que apresentam o mais alto grau de periculosidade de todos os locais avaliados por esta pesquisa. Nas figuras 108 e 109 estão destacados os locais frequentados da costa com maior grau de perigo oferecido aos usuários:

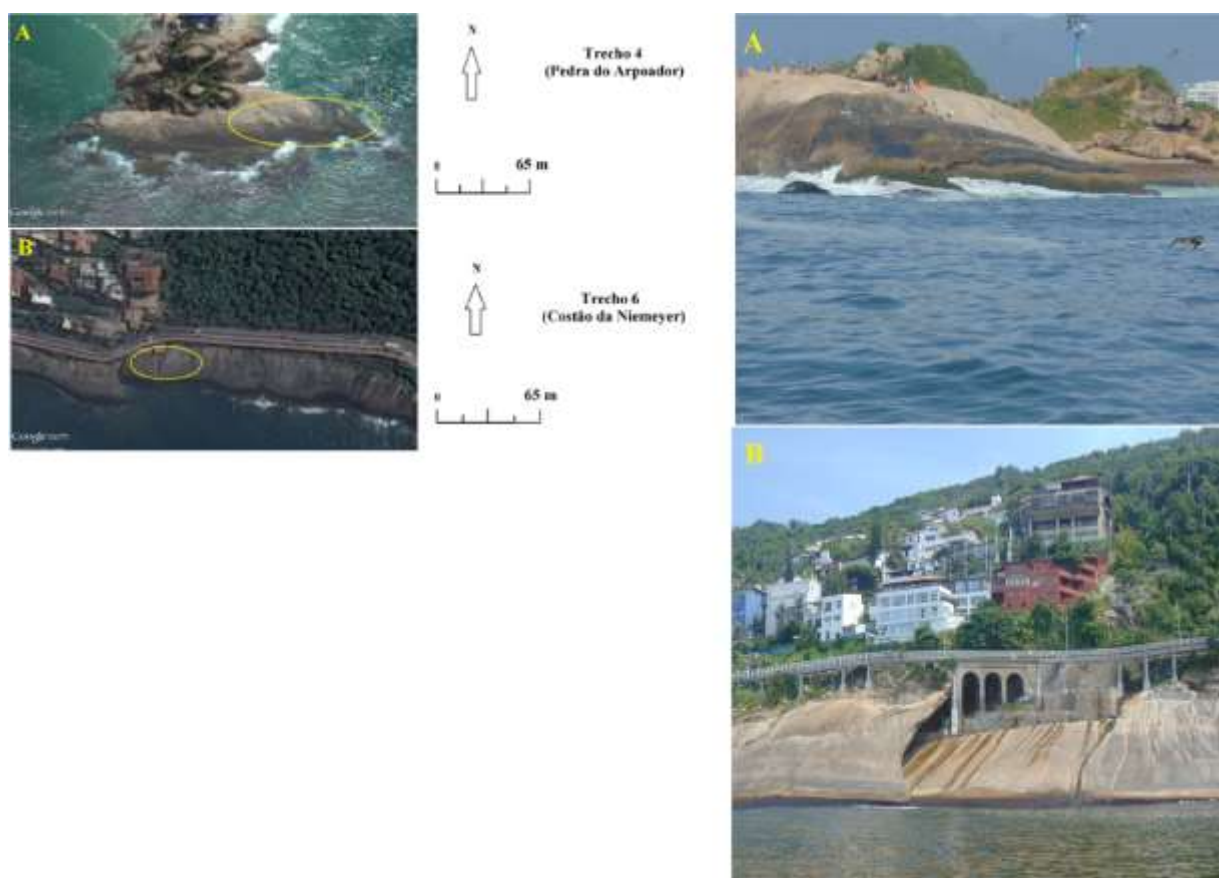


Figura 108: Locais com grau de periculosidade muito elevado: A) **L 9** ( $22^{\circ} 59' 25.93''$  S;  $43^{\circ} 11' 24.38''$  O); B) **L16** ( $22^{\circ} 59' 57.23''$  S;  $43^{\circ} 15' 0.37''$  O).



Figura 109: Locais com grau de periculosidade muito elevado: A) **L 25** ( $23^{\circ} 02' 14.96''$  S;  $43^{\circ} 28' 14.53''$  O); B) **L 49** ( $23^{\circ} 04' 91''$  S;  $43^{\circ} 34' 13.54''$  O).

Ressalta-se aqui o aparecimento do L16 na lista dos mais perigosos. Conhecido como Castelinho, é um dos locais frequentados da costa rochosa do município onde ocorrem lavagens de grande magnitude. Recentemente, o mesmo foi destaque nas manchetes de jornais devido ao impacto das ondas que derrubou parte da ciclovia Tim Maia, que passa pelo local. O motivo principal apontado para o acidente foram as fortes ondas e a construção irregular (Figura 110):



Figura 110: Parte da ciclovía destruída por lavagem das ondas no L16, o Castelinho.

A classificação do grau de periculosidade feita pelo estudo possibilitou apontar outros locais do trecho da Niemeyer que também sofrem lavagens similares a do Castelinho e por onde passa a ciclovía. São eles o L17 e o L18. Os locais também apresentam orientações voltadas para Sul, superfície lisa e inclinação da faixa inferior (lfi) variando de baixa a média, conferindo aos mesmos uma grande exposição às ondulações de tempestade. (Figura 111):



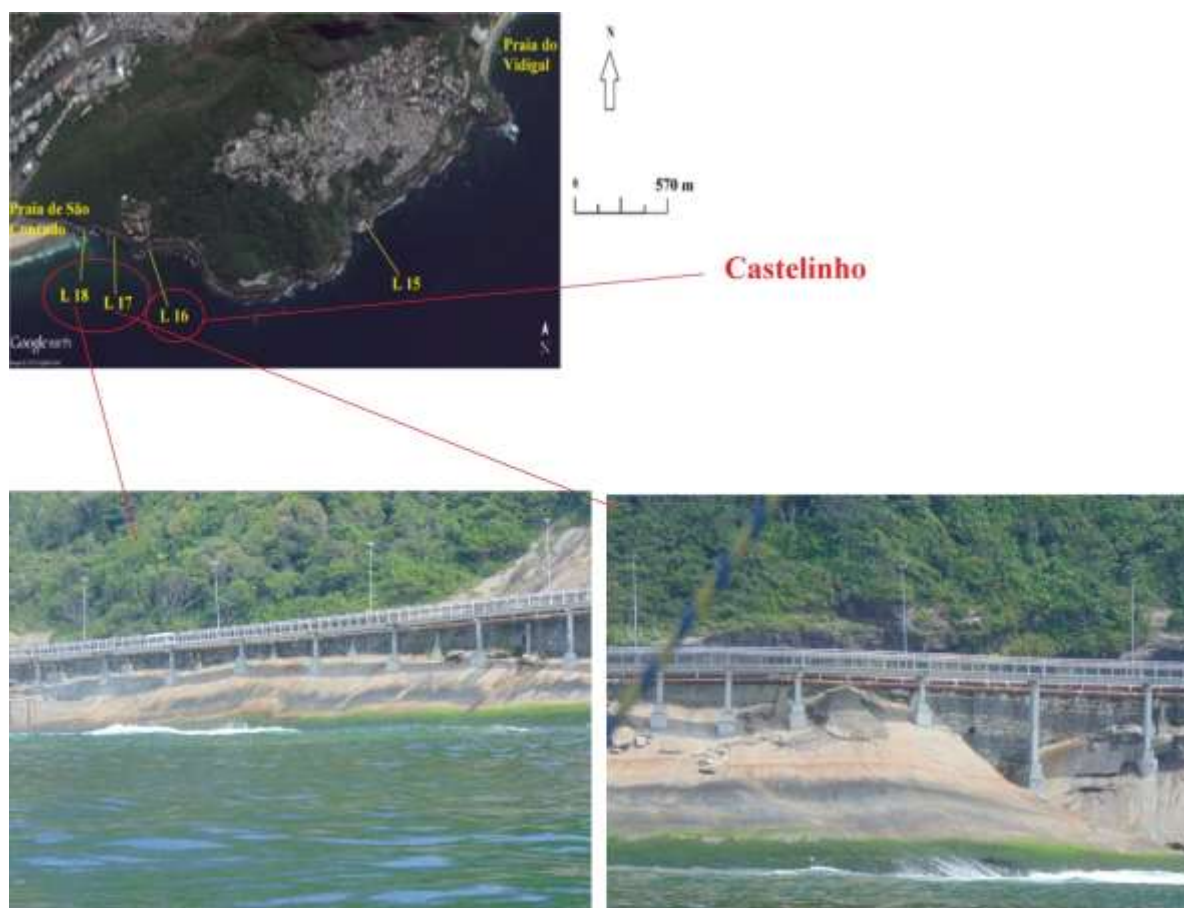


Figura 111: L18 e L17, com detalhe na ciclovía recém-construída.

Foi verificado que as faces do L17 e do L18 possuem comprimentos longitudinais menores que a localidade do Castelinho. Tal resultado aponta para uma zona de lavagem mais curta nestes locais. Espera-se que, em dias com ressacas mais extremas, os mesmos sofram lavagens alcançando toda as suas faces, podendo atingir assim os pilares que sustentam a ciclovía.

Outro local que aparece na lista dos com alto grau de periculosidade é o L30 (no trecho entre a Praia da Macumba e a Prainha). Conhecido como Pedra do Roncador, o local já fez inúmeras vítimas pela lavagem das ondas. Dentre os usuários mais atingidos, estão os pescadores (Figura 112).



Figura 112: Reportagens sobre acidentes ocorridos na Pedra do Roncador, o local L30 da pesquisa (Fonte: Site [www.acervo.oglobo.com](http://www.acervo.oglobo.com)).

O local foi apontado por membros do G-mar como o mais perigoso de toda costa rochosa. A metodologia elaborada pelo estudo serviu para reforçar o grau de perigo oferecido pelo L30.



## 6 - CONCLUSÕES

Este estudo caracterizou aspectos ligados à morfologia de diversos locais frequentados da costa rochosa do município do Rio de Janeiro e suas interações com as ondas. Através dos parâmetros geomorfológicos e oceanográficos investigados foi possível localizar trechos da costa com dinâmicas distintas no que diz respeito à magnitude das lavagens. Tal informação se mostrou primordial na avaliação do grau de periculosidade dos locais frequentados.

A largura das faixas funcionou para localizar tanto os locais que sofrem as maiores lavagens assim como os mais protegidos contra as ondulações provenientes dos quadrantes de Sul. Através das observações de campo, foi possível relacionar as faixas com a atuação das ondas para diferentes condições de mar. A faixa inferior corresponderia a uma zona de lavagem para dias com ondas de até 2 m de altura e a faixa mediana para dias típicos de ressaca. A faixa superior, apesar de não ter sido usada na avaliação da periculosidade proposta pelo estudo, pode servir para indicar o alcance máximo atingido pelas lavagens nos eventos mais extremos de tempestade, com ondas acima de 3 m de altura.

A análise da orientação da face dos locais possibilitou conhecer melhor a dinâmica dos fluxos hídricos gerados pelas ondas ao longo da costa rochosa e, assim, inferir o grau de exposição dos mesmos. Nos locais com face voltada entre os quadrantes de SW, S e SE as ondas incidem perpendicularmente, gerando lavagens de maior magnitude. Já nos locais orientados entre E, N e W, as ondas passam tangenciando suas faces, conferindo lavagens com alcances menores. Essa dinâmica, determinada pela orientação, exerce grande influência no grau de perigo oferecido pelos locais frequentados.

A rugosidade não determinou quais locais da costa rochosa sofrem maior lavagem das ondas. No entanto, a mesma pôde ser incluída como um elemento potencializador do perigo. O trabalho considera a aderência relativa da rugosidade como mais uma informação que pode alertar sobre o risco de o usuário escorregar e cair no mar.

A maioria dos locais frequentados da costa rochosa do município não possui sinalização advertindo contra os perigos oferecidos. As pouquíssimas placas

existentes carecem de informações específicas. O resultado desta pesquisa pode, de certa forma, enriquecer a sinalização com mais informações a respeito da magnitude das lavagens, grau de exposição dos locais, aderência relativa da rugosidade e inclinação (Figura 113):



Figura 113: Placa de sinalização em local da costa rochosa, com as possíveis contribuições desta pesquisa.

O estudo mostrou a importância de considerar a largura das faixas como indicadora do alcance máximo atingido pelas lavagens. Seus limites podem nortear a instalação de placas de sinalização ou instrumentos de salvamentos como, por exemplo, boias salva-vidas (Figura 114):



Figura 114: Boia salva-vidas (*Angel rings*): Utilização e instalação em costas rochosas  
(Fonte: Site [www.angelrings.com.au](http://www.angelrings.com.au)).

A largura das faixas, assim como serviram para avaliar o grau de periculosidade dos locais frequentados, também pode auxiliar no estabelecimento de limites de segurança para a realização de construções ao longo da costa rochosa do município. Acidentes como o que ocorreu no Castelinho e no Caminho do Pescador poderiam ser evitados se houvesse um olhar mais acurado para as zonas de atuação das ondas indicadas pelas faixas.

Como abordado por Kennedy *et al.* (2013), a educação é instrumento fundamental para reduzir o risco de afogamentos e acidentes em costas rochosas. O entendimento das interações entre a morfologia dessas localidades costeiras e o comportamento das ondas pode aumentar a compreensão dos perigos que os usuários podem enfrentar ao realizar alguma atividade de lazer. O trabalho apresentado enxerga a conscientização do público frequentador como a medida mais eficiente na redução dos acidentes nos costões presentes na linha de costa do município.

## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M. & CARNEIRO, C.D.R. **Origem e evolução da serra do Mar.** Revista Brasileira de Geociências, 28(2): 135-150, 1998.

BMAG (Bureau of Meteorology of Australian Government). **Waves from distant storms: a fatal combination for australia's rock fishers.** News published in 2014. Disponível em: <<http://www.media.bom.gov.au>>. Acesso em 15 abr 2016.

BULHÕES E. **Condições morfodinâmicas associadas a riscos aos banhistas. Contribuição à Segurança nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro, RJ.** Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geografia. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Janeiro, Brasil, 2006.

BRADLEY, W.C. and GRIGGS, G.B. **Form, genesis, and deformation of central California wave-cut platforms.** Geol. Soc. Amer. Bull. 87, 433 – 449, 1976

CARVALHO, M.P. **Fatores oceanográficos, Meteorológicos, Morfodinâmicos, Geológicos e Urbanos Relacionados à Incidência de Afogamentos nas Praias da Costa Atlântica de Salvador.** Dissertação de Mestrado 146 p. Curso de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Bahia, 2002.

CARTER, R.W.G. and WOODROFFE, C.D. **Coastal Evolution. Late Quaternary shoreline morphodynamics.** Cambridge, UK, 1994.

CEM (Centro de Estudos do Mar). Portal de praias do Centro de Estudos do Mar da UFPR. Disponível em: <<http://www.cem.ufpr.br>>. Acesso em 02 mai. 2016. **O que são praias?**

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

COUTINHO, R. **Avaliação Crítica das Causas da Zonação dos Organismos Bentônicos em Costões Rochosos.** Ecologia Brasilienses, Volume I: Estrutura, Funcionamento e Manejo de Ecossistemas Brasileiros, p. 259-271, 1995.

\_\_\_\_\_, R. **Programa Nacional da Biodiversidade - PRONABIO**. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO, 102 p. Subprojeto: Avaliação e Ações Prioritárias para a Zona Costeira Marinha. Ministério do Meio Ambiente, 2002.

\_\_\_\_\_, R. **Bentos de Costões Rochosos**. In: PEREIRA, R.C. Biologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciências, 2002, p.382.

CPRM. **Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro 1:400.000**. Serviço Geológico do Brasil, 2001.

\_\_\_\_\_. **Mapa Geológico na escala 1:100.000 .Folha Baía de Guanabara.SF23-Z-B-IV**, 2009.

DAVIES, J.L. **Geographical Variation in Coastal Development**. Oliver and Boyd,Edinburgh.1964, 204 pp

\_\_\_\_\_, J.L. **Geographical Variation in Coastal Development**. **Geomorphology Text** Series, No. 4, 1972.

EMERY K.O. and KUHN G.G. **Sea cliffs: their processes, profiles and classification**. Geological Society of America, Bulletin 93, 644-54, 1982.

ERIKSON, L.; HANES, D.M.; BARNARD, P.L. and GIBBS, A.E. **Swash zone characteristics at Ocean Beach**. In: Smith, J.M. (Ed.), Coastal Engineering 2006, Proceedings of the 30th International Conference, San Diego, CA, USA, 3-8 Setembro 2006, Volume 1, p. 909-921.

EXAMINER, The Daily. **The day I almost became a rock fishing statistic**. News published in 2015. Disponível em: <<http://dailyexaminer.com.au>>. Acesso em 05 abr 2016.

FARIA, A.P. **Dinâmica dos Costões e Falésias Cristalinas do Estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Geomorfologia. Vol 17 (3), 2016.

GUERRA, A.T. & GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HOEFEL, F. and KLEIN, A.H.F. **Environmental and Social Decision Factors of Beach Safety in the Central Northern Coast of Santa Catarina, Brazil**. Notas Técnicas da Facimar vol.2, 1998, p.155-166.

HORN, D.P. **Beach research in the 1990s**. Progress in Physical Geography 21, 454-470, 1997.

JUANG, J. **Effect on Roughness to Irregular Wave Run-up**. Coastal Engineering 1994: pp. 1169-1181, 1995.

KENNEDY, D.M.; SHERKER, S.; BRIGHTON, B. and WEIR, A., WOODROFFE, C.D. **Rocky coast hazards and public safety: moving beyond the beach in coastal risk management**. Ocean and Coastal Management 82, 2013, pp. 85 - 94.

KENNEDY, D.M. **The Rock Coast of Australia**, in: Kennedy D.M., Stephenson, W J., and Naylor, L A., Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis, The Geological Society of London. Memoir 40, 2014, pp. 235 – 245.

KING C.A.M. **Beaches and Coasts**. Segunda edição. Edward Arnold. Londres, 1972.

LEWIS, J.R. **The ecology of rocky shore**. Londres, English University Press, 1964, 300p.

LINS-DE-BARROS, F.M. **Risco e Vulnerabilidade à Erosão Costeira no Município de Maricá, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2005. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2005.

LONGO, S.; PETTI, M. and LOSADA, I.J. **Turbulence in the swash and surf zones: a review**. Coastal Engineering Vol.45 129-147 pp, 2002.

MASI, B.P e ZALMON, I.R. **Zonação de comunidade bêntica do entremarés em molhes sob diferentes hidrodinamismo na costa norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Revista Brasileira de Zoologia 24 (4): 662-673, 2008.

MASSELINK, G. and PULEO, J.A. **Swash-zone morphodynamics**, Cont. Shelf Res., 26(5), 661–680, doi:10.1016/j.csr.2006.01.015, 2006.



MUEHE, D. **O litoral Brasileiro e sua Compartimentação**. In: Guerra, A J T & Cunha, S.B. (org). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 392 p., 1998b.

NAYLOR L.A., KENNEDY D.M. and STEPHENSON, W.J. In **Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis, Synthesis and conclusion to the rock coast geomorphology of the world**, Geological Society, London, Memoirs, eds Kennedy D.M., Stephenson W.J., Naylor L.A., 2014.

NEELAMANI, S. and SANDHYA, N. **Wave reflection characteristics of plane, dentated and serrated seawalls**. Ocean Engineering 30, 1507–1533, 2003.

CBMERJ, Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro. **Procedimento Operacional Padrão do CBERJ**, 2012. Salvamento em Costões. Disponível em: <<http://pop.cbmerj.rj.gov.br/>>. Acesso em 16 mar. 2016.

PEREIRA, P.S.; CALLIARI, L.J.; LÉLIS, R.J.F. e FIGUEIREDO, S.A. **Riscos Associados ao Banho de Mar e sua Relação com a Heterogeneidade Morfodinâmica das Praias do Rio Grande do Sul, Brasil**: Projeto de Segurança nas Praias. Anais (em CD) do IX Congresso da ABEQUA 2003, Recife, Brasil, 2003.

PIANCA, C; MAZINNI, P.L.F. and SIEGLE, E. **Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis**. Brazilian Journal of Oceanography, 58 (1), 2010, p. 53-70.

PEREIRA, N.E.S. & KLUMB, L.A. **Analysis of the influence of ENSO phenomena on wave climate on the central coastal zone of Rio de Janeiro (Brazil)**. Revista de Gestão Costeira Integrada – Journal of Integrated Coastal Zone Management. 15(3):353-370, 2015.

RAMALHO, Assis (Blog). **Desabamento de ciclovia recém-inaugurada deixa ao menos dois mortos no RJ**. Publicado em 2016. Disponível em: <<http://www.assisramalho.com.br>>. Acesso em 17 abr 2016.

SHORT, A.D.; WILLIAMSON, B. and HOGAN, C.L. **The Australian Beach Safety and Management Program** - Surf Life Saving Australia' approach to beach safety and coastal planning. 11th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering, Townsville The Institution of Engineers, Australia, National Conference Publication 93/4, 113-118, 1993.

SHORT, A.D. **Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics**. John Wiley & Sons Ltd. Baffins Lane, Chinchester, 1999.

SLSA. **Surf Life Saving Australia Annual Report (2011-2012)**. Disponível em <<http://sls.com.au>>. Acesso em 11 mar 2016.

SPIILZMAN, D. **Salvamento em Costão**. 2015. Disponível em <<http://www.szpilman.com/biblioteca>>. Acesso em 02 fev. 2016.

SAFE, Europeans Beaches Operational Guidelines. **Safety on European Beaches: Operational Guidelines**. 1 ed. Impresso por Drukehaus Siebold, Alemanha, 2005.

SILVA, T.M. (2002) **A Estruturação Geomorfológica do Planalto Atlântico no Estado do Rio de Janeiro**. X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2002.

STEPHENSON W.J. **Shore platforms: remain a neglected coastal feature?** Progress in Physical Geography 24:311–327, 2000.

SUGUIO K. **Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais {Passado + Presente = Futuro?}**. Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 300 p. São Paulo, 2001.

SUNAMURA T. **A relationship between wave-induced cliff erosion and erosive force of waves**. Journal of Geology 85 (4), 613-618, 1977.

SUNAMURA, T. **Geomorphology of Rocky Coasts**. John Wiley & Sons, Chichester, 1992.

SWAN, S.B. **Coastal geomorphology in a humid tropical low energy environment: the islands of Singapore**. Journal of Tropical Geography 33, pp. 43-61, 1971.

TALK, Reckon. **Super scary monster waves at Nazare, Portugal /So Thrilling**. News published in 2015. Disponível em: <<http://www.reckontalk.com>>. Acesso em 15 abr 2016.

TELEGRAPF, The Daily. **Rock Fishing is Australia's deadliest sport.** News published in 2013. Disponível em: <<http://www.dailytelegraph.com.au>>. Acesso em 20 abr 2016.

TRENHAILE, A.S. **Shore platforms: a neglected coastal feature.** Progress in Physical Geography 4, 1980, 1980, pp. 1-23.

\_\_\_\_\_, A.S. **The Geomorphology of rock coasts**, pp. 384. Oxford University Press, Oxford, U.K., 1987.

TRICART, J. **The landforms of the humid tropics.** London: Longman, 1972.

VILES, H. e SPENCER, T. **Coastal Problems – Geomorphology, ecology and society at the coast.** University of Oxford, U.K., 1995.

VILLWOCK, J.A.; LESSA, G.C.; SUGUIO, K.; ANGULO, R.J. & DILLENBURG, S.R. **Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras.** In: Souza, C.R. de G., Suguio, K. , Oliveira, A.M. & Oliveira, P.E. (eds.). Quaternário do Brasil, Holos Editora, Cap. 5, 2005, pp. 94-113.

WEST, Recfish. **Salmon holes receives safety boost.** News published in 2015. Disponível em: <<http://www.recfishwest.org.au>>. Acesso em 15 abr 2016.

WOODROFFE, C.D. **In Rock Coast Geomorphology: A Global Synthesis, The rock coasts of oceanic islands**, Geological Society, London, Memoirs, eds Kennedy D. M., Stephenson W. J., Naylor L. A., 2014

WRIGHT, L.D. and SHORT, A.D., **Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: a Synthesis.** Marine Geology, 56 p. 93-118, 1984

## ANEXOS

ANEXO A – Extensão lateral aproximada, comprimento da face e área representativa dos locais selecionados da costa rochosa do município:

LOCAIS	EXTENSÃO LATERAL (m)	COMPRIMENTO DA FACE (m)	ÁREA REPRESENTATIVA (m <sup>2</sup> )
L1	29	33,6	974,4
L2	33	30,5	1006,5
L3	27	26,6	718,2
L4	16	24,5	392
L5	16	11,2	179,2
L6	50	9,5	475
L7	58	8,6	498,8
L8	15	67,5	1012,5
L9	15	109	1635
L10	15	25,5	382,5
L11	15	65	975
L12	15	27	405
L13	13	15	195
L14	13	28	364
L15	13	43,5	565,5
L16	15	39	585
L17	37	33,6	1243,2
L18	24	29,8	715,2
L19	30	28,6	858
L20	15	40,3	604,5
L21	62	18,7	1159,4
L22	30	18,7	561
L23	15	37,5	562,5
L24	15	56,5	847,5
L25	15	90,5	1357,5
L26	30	28	840
L27	51	24,6	1254,6
L28	40	31,7	1268
L29	45	40,2	1809
L30	30	48	1440
L31	52	34,1	1773,2
L32	15	29,5	442,5
L33	30	13,7	411
L34	45	44,6	2007
L35	30	45,6	1368
L36	15	18,2	273
L37	12	28,1	337,2
L38	15	11,5	172,5

L39	15	31,5	472,5
L40	28	36,3	1016,4
L41	70	21	1470
L42	12	31,5	378
L43	10	27,5	275
L44	15	41,5	622,5
L45	14	41,5	581
L46	25	32,1	802,5
L47	12	36	432
L48	13	35,5	461,5
L49	15	52,5	787,5
L50	15	27,7	415,5
L51	13	25	325

## ANEXO B – Orientação da face e largura das faixas dos locais estudados:

<b>LOCAIS</b>	<b>Orientação (em graus)</b>	<b>Largura da faixa inferior</b>	<b>Largura da faixa mediana</b>
LOCAL 1	127,5 (SE)	12	9,6
LOCAL 2	172,3 (S)	15,3	6,9
LOCAL 3	195 (S)	10,3	8,4
LOCAL 4	157,5 (SSE)	13	11,5
LOCAL 5	45 (NE)	4	5,5
LOCAL 6	37,2 (NE)	2,8	3,3
LOCAL 7	272 (W)	6,4	2,2
LOCAL 8	67,5 (E)	9,5	58
LOCAL 9	157,5 (SSE)	45	64
LOCAL 10	204 (SSW)	8,5	17
LOCAL 11	282,5 (WNW)	15	50
LOCAL 12	342,5 (NNW)	6,5	21
LOCAL 13	180 (S)	15	–
LOCAL 14	215 (SW)	14,5	13,5
LOCAL 15	187,5 (S)	27,5	10,5
LOCAL 16	195 (SSW)	20,5	18,5
LOCAL 17	215 (SW)	19,7	13,9
LOCAL 18	203 (SSW)	16	13,8
LOCAL 19	246 (WSW)	10,6	12,6
LOCAL 20	25 (NNE)	4	4,6
LOCAL 21	68 (E)	6,1	5,8
LOCAL 22	102,6 (ESE)	8	6,1
LOCAL 23	90 (E)	10,5	17
LOCAL 24	140 (SE)	14,5	20
LOCAL 25	250 (WSW)	22	27,5
LOCAL 26	283 (WNW)	10,3	4,6
LOCAL 27	338 (WNW)	6	3,1
LOCAL 28	167,5 (SSE)	6,5	11
LOCAL 29	168,7 (SSE)	11,5	9,5
LOCAL 30	223 (SW)	18,3	10,4
LOCAL 31	143 (SE)	12,8	7,3
LOCAL 32	250 (WSW)	11	5
LOCAL 33	61,6 (ENE)	4	4
LOCAL 34	90 (E)	9,2	6,3
LOCAL 35	124,3 (SE)	14	8,3
LOCAL 36	130 (SE)	10	8,2
LOCAL 37	142,5 (SE)	9,7	12,6
LOCAL 38	92,5 (E)	5,1	5
LOCAL 39	170 (S)	9,5	5,5
LOCAL 40	236,6 (WSW)	10,6	8,8
LOCAL 41	310,8 (WNW)	8,3	3,5



LOCAL 42	280 (W)	12	12,5
LOCAL 43	170 (S)	5,2	10
LOCAL 44	170 (S)	12	11
LOCAL 45	177,5 (S)	13,5	11
LOCAL 46	180 (S)	28	6,5
LOCAL 47	230 (SW)	9,5	15
LOCAL 48	195 (SSW)	14,5	10,5
LOCAL 49	237,5 (WSW)	18	20
LOCAL 50	337,5 (NNW)	6,5	10
LOCAL 51	335 (NNW)	6	19

## ANEXO C - INCLINAÇÃO DOS LOCAIS

LOCAIS	Inclinação média	Inclinação da faixa inferior	Inclinação da faixa mediana
LOCAL 1	29,6	27,1	30
LOCAL 2	26,9	24	26
LOCAL 3	24,7	27,1	22,1
LOCAL 4	11,8	14,5	10,7
LOCAL 5	23,3	19,7	17,7
LOCAL 6	32,2	22,7	34,7
LOCAL 7	44,9	35,5	49,5
LOCAL 8	20	30	25
LOCAL 9	9	21	3,5
LOCAL 10	17,1	47,5	2
LOCAL 11	9,1	25	2,5
LOCAL 12	11,3	28	5
LOCAL 13	25	25	25
LOCAL 14	23,9	20	26
LOCAL 15	20	10,5	30
LOCAL 16	22,3	25	21
LOCAL 17	29,4	28,5	30
LOCAL 18	25,2	18,3	30
LOCAL 19	14	16,6	11,1
LOCAL 20	54,6	24,7	24,7
LOCAL 21	22,8	28,3	23,4
LOCAL 22	23,9	24,5	26,3
LOCAL 23	23,3	25	20
LOCAL 24	36,6	57,5	30
LOCAL 25	17,4	21,2	22,5
LOCAL 26	24,5	22,8	24,8
LOCAL 27	31,1	32,2	33,5
LOCAL 28	33,9	41,2	40,7
LOCAL 29	21,7	37,5	18,2
LOCAL 30	18,1	22	19,5
LOCAL 31	22,1	27	19,6
LOCAL 32	9,6	10,7	13,7
LOCAL 33	25,6	20,6	20,6
LOCAL 34	23,3	22,2	24
LOCAL 35	28,3	28,3	30
LOCAL 36	9,7	6,2	6,5
LOCAL 37	11,9	13,2	12,2
LOCAL 38	22	23	23,5
LOCAL 39	27,4	37,5	27,5
LOCAL 40	28,8	28,3	28,3
LOCAL 41	33,3	45	33,3
LOCAL 42	11,6	10	5

LOCAL 43	30,4	40	27,5
LOCAL 44	19,1	20	15
LOCAL 45	23,3	26,5	23,5
LOCAL 46	25,7	25,3	25,3
LOCAL 47	31,2	35	30
LOCAL 48	19,1	17,5	20
LOCAL 49	18,4	14,5	21
LOCAL 50	24	28,7	36,2
LOCAL 51	10,1	10,5	10,2

## ANEXO D – TIPO DE SUPERFÍCIE DOS LOCAIS

<b>LOCAIS DA COSTA</b>	<b>TIPO DE SUPERFÍCIE</b>
LOCAL 1	LISA
LOCAL 2	LISA
LOCAL 3	LISA
LOCAL 4	LISA
LOCAL 5	LISA
LOCAL 6	LISA
LOCAL 7	LISA
LOCAL 8	LISA
LOCAL 9	LISA
LOCAL 10	LISA
LOCAL 11	LISA
LOCAL 12	LISA
LOCAL 13	ACIDENTADA
LOCAL 14	ACIDENTADA
LOCAL 15	ACIDENTADA
LOCAL 16	LISA
LOCAL 17	LISA
LOCAL 18	LISA
LOCAL 19	ACIDENTADA
LOCAL 20	LISA
LOCAL 21	LISA
LOCAL 22	LISA
LOCAL 23	LISA
LOCAL 24	LISA
LOCAL 25	LISA
LOCAL 26	LISA
LOCAL 27	LISA
LOCAL 28	LISA
LOCAL 29	ACIDENTADA
LOCAL 30	ACIDENTADA
LOCAL 31	RUGOSA
LOCAL 32	RUGOSA
LOCAL 33	LISA
LOCAL 34	LISA
LOCAL 35	LISA
LOCAL 36	ACIDENTADA
LOCAL 37	RUGOSA
LOCAL 38	LISA
LOCAL 39	LISA
LOCAL 40	RUGOSA
LOCAL 41	RUGOSA
LOCAL 42	LISA

LOCAL 43	RUGOSA
LOCAL 44	ACIDENTADA
LOCAL 45	ACIDENTADA
LOCAL 46	ACIDENTADA
LOCAL 47	LISA
LOCAL 48	RUGOSA
LOCAL 49	ACIDENTADA
LOCAL 50	RUGOSA
LOCAL 51	RUGOSA

## ANEXO E – DADOS DOS PERFIS REALIZADOS NOS LOCAIS ESTUDADOS

LOCAIS DE USO	PERFIS	INCLINAÇÃO MÉDIA (EM GRAUS)	INCLINAÇÃO FAIXA INFERIOR (EM GRAUS)	INCLINAÇÃO FAIXA MEDIANA (EM GRAUS)	INCLINAÇÃO FAIXA SUPERIOR (EM GRAUS)
LOCAL 1	PERFIL 1	26,3	24	25	30
	PERFIL 2	27,5	25	27,5	30
	PERFIL 3	35	32,5	37,5	35
LOCAL 2	PERFIL 4	31,6	30	35	30
	PERFIL 5	23,3	19,5	20,5	30
	PERFIL 6	25,8	22,5	22,5	32,5
LOCAL 3	PERFIL 7	24,3	26,5	21,5	25
	PERFIL 8	25,8	30	17,5	30
	PERFIL 9	24,1	25	27,5	20
LOCAL 4	PERFIL 10	12,1	15	10,5	11
	PERFIL 11	11,6	14	11	10
LOCAL 5	PERFIL 12	21,6	19,5	10,5	35
	PERFIL 13	25	20	25	30
LOCAL 6	PERFIL 14	25,8	17,5	30	30
	PERFIL 15	27,8	22,5	31	30
	PERFIL 16	32	21	30	45
	PERFIL 17	36,6	27,5	37,5	45
	PERFIL 18	39,1	25	45	47,5
LOCAL 7	PERFIL 19	40	37,5	40	42,5
	PERFIL 20	38,3	30	42,5	42,5
	PERFIL 21	40	20	50	50
	PERFIL 22	45	35	50	50
	PERFIL 23	61,6	55	65	65
LOCAL 8	PERFIL 24	20	30	25	5
	PERFIL 25	20	30	25	5
LOCAL 9	PERFIL 26	8	20	2	2
	PERFIL 27	10	22	5	2
LOCAL 10	PERFIL 28	15,6	45	1	1
	PERFIL 29	18,6	50	3	3



LOCAL 11	PERFIL 30	8,3	25	0	0
	PERFIL 31	10	25	5	0
LOCAL 12	PERFIL 32	12,3	30	5	2
	PERFIL 33	10,3	26	5	0
LOCAL 13	PERFIL 34	25	25	25	25
	PERFIL 35	25	25	25	25
LOCAL 14	PERFIL 36	21,3	20	22	22
	PERFIL 37	26,6	20	30	30
LOCAL 15	PERFIL 38	20	10	30	20
	PERFIL 39	20	10	30	20
LOCAL 16	PERFIL 40	23	25	22	22
	PERFIL 41	21,6	25	20	20
LOCAL 17	PERFIL 42	30	30	30	30
	PERFIL 43	34,6	34	35	35
	PERFIL 44	25	25	25	25
	PERFIL 45	28,3	25	30	30
LOCAL 18	PERFIL 46	28,3	15	35	35
	PERFIL 47	22,5	20	25	25
	PERFIL 48	25	20	30	30
LOCAL 19	PERFIL 49	20	25	15	15
	PERFIL 50	12,5	15	10	10
LOCAL 20	PERFIL 51	9,5	10	8,5	10
	PERFIL 52	26	22	26	30
LOCAL 21	PERFIL 53	28,6	27,5	23,5	35
	PERFIL 54	22,3	25	21	21
	PERFIL 55	26,6	25	27,5	27,5
	PERFIL 56	27	32,5	26,5	22
LOCAL 22	PERFIL 57	15,8	30	12,5	25
	PERFIL 58	20,1	27,5	25,5	7,5
	PERFIL 59	25	30	27,5	17,5
	PERFIL 60	24,8	16	31	27,5
	PERFIL 61	23,5	30	20,5	20
	PERFIL 62	23,6	27,5	27,5	16

LOCAL 23	PERFIL 63	23,3	25	20	25
	PERFIL 64	23,3	25	20	25
LOCAL 24	PERFIL 55	38,3	60	30	25
	PERFIL 56	35	55	30	20
LOCAL 25	PERFIL 67	23,3	25	25	20
	PERFIL 68	11,6	17,5	20	17,5
LOCAL 26	PERFIL 69	24,3	22,5	24,5	26
	PERFIL 70	22,5	20,5	20,5	26,5
	PERFIL 71	26,8	25,5	29,5	30,5
LOCAL 27	PERFIL 72	32,5	32,5	37,5	27,5
	PERFIL 73	35,3	37,5	38	30,5
	PERFIL 74	29,8	32,5	29,5	27,5
	PERFIL 75	28,3	27,5	30	27,5
	PERFIL 76	29,8	31	32,5	26
LOCAL 28	PERFIL 77	31,8	35	45,5	15
	PERFIL 78	36,6	47,5	45	20
	PERFIL 79	35	47,5	42,5	15
	PERFIL 80	32,5	47,5	30	20
LOCAL 29	PERFIL 81	25,6	47,5	25	9,5
	PERFIL 82	27	47,5	20	13,5
	PERFIL 83	16	30	8	10
	PERFIL 84	18,3	25	20	10
LOCAL 30	PERFIL 85	23,3	35	25	10
	PERFIL 86	18,1	17,5	22,5	14,5
	PERFIL 87	13,1	13,5	11	15
LOCAL 31	PERFIL 88	31,6	25	35	35
	PERFIL 89	21,6	20	15	30
	PERFIL 90	24,1	27,5	25	20
	PERFIL 91	16	22,5	13	12,5
	PERFIL 92	17,5	40	10	2,5
LOCAL 32	PERFIL 93	6	4	20	15
	PERFIL 94	13,3	17,5	7,5	15
LOCAL 33	PERFIL 95	25,6	21	31	25
	PERFIL 96	25,8	20	27,5	30
	PERFIL 97	25,6	21	26	30

	PERFIL 98	21,3	19	25	20
LOCAL 34	PERFIL 99	23,3	20	25	25
	PERFIL 100	22	25	21	20
	PERFIL 101	26,8	25	25	30,5
	PERFIL 102	26,6	25	30	25
LOCAL 35	PERFIL 103	28,3	30	30	25
	PERFIL 104	30,1	30	30	30,5
LOCAL 36	PERFIL 105	10,8	5,5	2,5	24,5
	PERFIL 106	8,6	7	10,5	8,5
LOCAL 37	PERFIL 107	13,3	16	14,5	9,5
	PERFIL 108	10,5	10,5	10	11
LOCAL 38	PERFIL 109	20,6	23,5	22,5	16
	PERFIL 110	23,5	22,5	24,5	24,5
LOCAL 39	PERFIL 111	31,6	35	35	25
	PERFIL 112	23,3	40	20	10
	PERFIL 113	26,6	30	25	25
LOCAL 40	PERFIL 114	30	35	30	25
	PERFIL 115	30	20	30	40
	PERFIL 116	40	50	40	30
	PERFIL 117	35,8	47,5	40	20
LOCAL 41	PERFIL 118	32,5	47,5	30	20
	PERFIL 119	30	40	30	20
	PERFIL 120	35	45	30	30
	PERFIL 121	26,6	40	30	10
LOCAL 42	PERFIL 122	11,6	10	5	20
	PERFIL 123	11,6	10	5	20
LOCAL 43	PERFIL 124	27,6	35	20	28
	PERFIL 125	33,3	45	35	20
LOCAL 44	PERFIL 126	13,3	20	10	10
	PERFIL 127	25	20	20	35
LOCAL 45	PERFIL 128	22,3	30	22	15
	PERFIL 129	24,3	23	25	25

	PERFIL 130	20,6	21	11	30
LOCAL 46	PERFIL 131	28,3	20	30	35
	PERFIL 132	28,3	35	35	15
LOCAL 47	PERFIL 133	30,8	35	30	27,5
	PERFIL 134	31,6	35	30	30
LOCAL 48	PERFIL 135	20	20	20	20
	PERFIL 136	18,3	15	20	20
LOCAL 49	PERFIL 137	18,6	15	21	20
	PERFIL 138	18,3	14	21	20
LOCAL 50	PERFIL 139	25	32,5	37,5	5
	PERFIL 140	23,1	25	35	9,5
LOCAL 51	PERFIL 141	10,3	11	10,5	9,5
	PERFIL 142	10	10	10	10

## ANEXO F - LARGURA DAS FAIXAS E COMPRIMENTO DAS FACES DOS PERFIS

LOCAIS DE USO	PERFIS	LARGURA DA FAIXA INFERIOR (M)	LARGURA DA FAIXA MEDIANA (M)	COMPRIMENTO DA FACE (M)
LOCAL 1	PERFIL 1	12	11	38
	PERFIL 2	13	11	34
	PERFIL 3	11	7	29
LOCAL 2	PERFIL 4	15	7,4	27,2
	PERFIL 5	14	7,5	30,5
	PERFIL 6	17	6	34
LOCAL 3	PERFIL 7	10	6	25
	PERFIL 8	10	12	28
	PERFIL 9	11	7,3	27
LOCAL 4	PERFIL 10	13	11	24
	PERFIL 11	13	12	25
LOCAL 5	PERFIL 12	4,5	7	13
	PERFIL 13	3,5	4	9,5
LOCAL 6	PERFIL 14	3	4	10
	PERFIL 15	3,5	3	10,5
	PERFIL 16	3,5	3,5	9
	PERFIL 17	2	4	8
	PERFIL 18	2	2	10
LOCAL 7	PERFIL 19	7	2,5	9,5
	PERFIL 20	5	2,5	7,5
	PERFIL 21	8	2,2	10,2
	PERFIL 22	6	1,8	7,8
	PERFIL 23	6	2	8
LOCAL 8	PERFIL 24	9	60	69
	PERFIL 25	10	56	66
LOCAL 9	PERFIL 26	44	65	109
	PERFIL 27	46	63	109
LOCAL 10	PERFIL 28	9	16	25
	PERFIL 29	8	18	26

LOCAL 11	PERFIL 30	15	50	65
	PERFIL 31	15	50	65
LOCAL 12	PERFIL 32	6	20	26
	PERFIL 33	7	22	28
LOCAL 13	PERFIL 34	15	SEM FAIXA	15
	PERFIL 35	15	SEM FAIXA	15
LOCAL 14	PERFIL 36	15	12	27
	PERFIL 37	14	15	29
LOCAL 15	PERFIL 38	22	11	44
	PERFIL 39	23	10	43
LOCAL 16	PERFIL 40	20	18	38
	PERFIL 41	21	19	40
LOCAL 17	PERFIL 42	20	14	34
	PERFIL 43	21	12	33
	PERFIL 44	21	13	34
	PERFIL 45	17	16,7	33,7
LOCAL 18	PERFIL 46	17	13	30
	PERFIL 47	18	13	31
	PERFIL 48	13	15,5	28,5
LOCAL 19	PERFIL 49	14	13	31
	PERFIL 50	11	10	23
LOCAL 20	PERFIL 51	7	15	32
	PERFIL 52	4	5,5	17,5
LOCAL 21	PERFIL 53	4	3,8	22,8
	PERFIL 54	5	3,5	14
	PERFIL 55	6	7	29
LOCAL 22	PERFIL 56	7	7,7	22,7
	PERFIL 57	6	8	18
	PERFIL 58	6	5	16
	PERFIL 59	7	4	13
LOCAL 22	PERFIL 60	7	4,6	15,6
	PERFIL 61	7	5	18
	PERFIL 62	10	8,7	22,7



LOCAL 23	PERFIL 63	11	17	38
	PERFIL 64	10	17	37
LOCAL 24	PERFIL 55	14	20	56
	PERFIL 56	15	20	57
LOCAL 25	PERFIL 67	22	24	78
	PERFIL 68	22	31	103
LOCAL 26	PERFIL 69	10	6	19
	PERFIL 70	10	5	22
	PERFIL 71	11	3	43
LOCAL 27	PERFIL 72	7	3	27
	PERFIL 73	6	2,5	21,5
	PERFIL 74	6	4,5	23,5
	PERFIL 75	5	2	27
	PERFIL 76	6	3,5	24
LOCAL 28	PERFIL 77	5	10	32
	PERFIL 78	6	9	23
	PERFIL 79	7	15	38
	PERFIL 80	8	10	34
LOCAL 29	PERFIL 81	10	11	40
	PERFIL 82	9	9	30
	PERFIL 83	15	13	42
	PERFIL 84	12	5	49
LOCAL 30	PERFIL 85	13	14,3	46
	PERFIL 86	22	15	56
	PERFIL 87	20	2	42
LOCAL 31	PERFIL 88	10	8,5	29,5
	PERFIL 89	12	6	33
	PERFIL 90	14	8	40
	PERFIL 91	18	6	37
	PERFIL 92	10	8	31
LOCAL 32	PERFIL 93	10	3	30
	PERFIL 94	12	7	29
LOCAL 33	PERFIL 95	4	5,6	17,6
	PERFIL 96	4	3,5	12,5
	PERFIL 97	4	3	11

	PERFIL 98	9	5	26
LOCAL 34	PERFIL 99	9	5	50
	PERFIL 100	7	7	50
	PERFIL 101	12	8,5	52,5
	PERFIL 102	12	7,5	50
LOCAL 35	PERFIL 103	12	10	40
	PERFIL 104	18	7,5	47
LOCAL 36	PERFIL 105	11,5	7	18,5
	PERFIL 106	8,5	9,5	18
LOCAL 37	PERFIL 107	9	19	35
	PERFIL 108	10,4	6,3	21,3
LOCAL 38	PERFIL 109	6	10	16
	PERFIL 110	4,2	SEM!!!	7
LOCAL 39	PERFIL 111	11	4	33
	PERFIL 112	8	7	30
	PERFIL 113	6	9	32
LOCAL 40	PERFIL 114	13	12	49
	PERFIL 115	13	5,5	28
	PERFIL 116	7	5	27
	PERFIL 117	7	1	18
LOCAL 41	PERFIL 118	9	4	18
	PERFIL 119	10	4	21,5
	PERFIL 120	8	5	21
	PERFIL 121	9	2	21
LOCAL 42	PERFIL 122	12	13	32
	PERFIL 123	12	12	31
LOCAL 43	PERFIL 124	7	11	26
	PERFIL 125	3	10	29
LOCAL 44	PERFIL 126	14	12	50
	PERFIL 127	10	10	33
LOCAL 45	PERFIL 128	12	14	37
	PERFIL 129	15	8	46

	PERFIL 130	15	5	30
LOCAL 46	PERFIL 131	10	7	34
	PERFIL 132	3	7,5	32,5
LOCAL 47	PERFIL 133	10	18	40
	PERFIL 134	9	12,3	32
LOCAL 48	PERFIL 135	13	10	33
	PERFIL 136	16	11	38
LOCAL 49	PERFIL 137	17	19	50
	PERFIL 138	19	21	55
LOCAL 50	PERFIL 139	3	12	31
	PERFIL 140	3,5	8	24,5
LOCAL 51	PERFIL 141	6	18	24
	PERFIL 142	6	20	26