



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Departamento de Engenharia Civil

Coordenação de Engenharia Ambiental

**ANÁLISE COMPARATIVA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
NAS PRAIAS DE PONTA NEGRA E DA BARREIRA DO INFERNO**

GOLDA SUNCIÓN ACUÑA

Natal/RN

2017

GOLDA SUNCIÓN ACUÑA

**ANÁLISE COMPARATIVA DO TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
NAS PRAIAS DE PONTA NEGRA E DA BARREIRA DO INFERNO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal do Rio Grande do
Norte como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador (a): Prof^ª Dr^ª Ada Cristina Scudelari

Natal/RN

2017

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Acuna, Golda Sunción.

Análise comparativa do transporte de sedimentos nas praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno / Golda Sunción Acuna. - 2017.

50 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental. Natal, RN, 2017.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ada Cristina Scudelari.

1. Engenharia ambiental - Monografia. 2. Transporte longitudinal de sedimentos - Monografia. 3. Zona Costeira - Monografia. 4. Ponta Negra - Monografia. 5. Barreira do Inferno - Monografia. I. Scudelari, Ada Cristina. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.5

RESUMO

O litoral do Rio Grande do Norte compreende uma faixa de cerca de 400 km de belíssimas praias, principal motor que movimenta a economia potiguar através do turismo. As praias da costa norte-rio-grandense, além de atraírem pessoas de todo o mundo, são, essencialmente, estruturas representativas dos fenômenos provenientes da dinâmica costeira, influenciada fundamentalmente pelo transporte de sedimentos ao longo da linha de costa. Nos últimos anos, processos erosivos vêm ocorrendo de forma bastante acentuada na Praia de Ponta Negra, cartão postal da capital do estado, devido à diminuição da faixa de praia, fator muito associado ao reduzido aporte de sedimentos litorâneos, observado por ARAÚJO (2015). Congruentemente, GURGEL (2017) realizou um estudo da dinâmica costeira da praia vizinha, Praia da Barreira do Inferno, e constatou um discreto transporte longitudinal de sedimentos. Com base nesses estudos, este trabalho buscou compreender os fatores que influenciam o transporte de sedimentos costeiros e por meio de um estudo bibliográfico das áreas das praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno, realizar uma análise comparativa, no que tange o transporte de sedimento, entre elas, de forma a averiguar se há uma possível relação de uma sobre a outra, considerando os fatores que colaboram na dinâmica costeira e como esses podem, possivelmente, afetar suas morfologias. A partir da análise realizada, observaram-se várias semelhanças entre as praias de estudo, como a predominância na direção de ventos e das correntes de Leste e Leste-Sudeste, o transporte de sedimentos no sentido Sul-Norte e uma grande divergência nos volumes de sedimentos transportados, sendo da ordem de 700.000 m³/ano em Ponta Negra e de 50.000 m³/ano na Barreira do Inferno. Devido as suas localizações, suas dinâmicas costeiras e a comparação dos aspectos que influenciam o transporte longitudinal de sedimentos, concluiu-se que há, possivelmente, uma forte relação entre as praias de estudo, fortalecendo a hipótese de que a Praia da Barreira do Inferno é uma grande influenciadora da Praia de Ponta Negra no que diz respeito à dinâmica de sedimentos.

Palavras chave: Transporte longitudinal de sedimentos; Zona costeira; Ponta Negra; Barreira do Inferno.

ABSTRACT

The coast of Rio Grande do Norte comprises a range of about 400 km of beautiful beaches, the main motor that drives the Potiguar economy through tourism. The beaches of the RN's coast, in addition to attracting people from all over the world, are essentially representative structures of coastal dynamics phenomena, fundamentally influenced by sediment transport along the coastline. In recent years, erosion processes have been occurring in a much accentuated way in Ponta Negra Beach, a postcard of the state capital, due to the decrease in the beach strip, a factor closely associated with the reduced contribution of coastal sediments, observed by ARAÚJO (2015). Congruently, GURGEL (2017) carried out a study of the coastal dynamics of the neighboring beach, Barreira do Inferno Beach, and observed a discrete longitudinal transport of sediments. Based on these studies, this work sought to understand the factors that influence the transportation of coastal sediments and through a bibliographical study of the areas of the beaches of Ponta Negra and the Barreira do Inferno, realize a comparative analysis, regarding sediment transport among them, in order to ascertain if there is a possible relation of one over the other, considering the factors that collaborate in the coastal dynamics and how these may possibly affect their morphologies. From the analysis performed, several similarities were observed between the study beaches, such as the predominance in the direction of the winds and the currents being from east and east-southeast, sediment transport in the South-North direction and a great divergence in the volumes of sediments transported, being 700,000 m³/year in Ponta Negra and 50,000 m³/year in the Barreira do Inferno. Due to their locations, coastal dynamics and the comparison of the aspects that influence the longitudinal transport of sediments, it was concluded that there is possibly a strong relation between the study beaches, strengthening the hypothesis that the Barreira do Inferno Beach is a major influencer of the Ponta Negra Beach in terms of sediment dynamics.

Keywords: Longitudinal transport of sediments; Coastal zone; Ponta Negra; Barreira do Inferno.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Zona Costeira Brasileira	10
Figura 2	Divisão da Zona Costeira	11
Figura 3	Mapa de localização geográfica das Praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno no estado do Rio Grande do Norte	14
Figura 4	Praia de Ponta Negra, localizada em Natal/RN, no ano de 1960	15
Figura 5	Praia de Ponta Negra, localizada em Natal/RN, em 2011	16
Figura 6	Trechos desmoronados do calçadão de Ponta Negra em Natal/RN	17
Figura 7	Praia da Barreira do Inferno localizada em Parnamirim/RN	18
Figura 8	Mapa Geológico simplificado da região da Barreira do Inferno em Parnamirim/RN	20
Figura 9	Delineamento da metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho	21
Figura 10	Perfis praias utilizados para o cálculo do transporte longitudinal de sedimento.	32
Figura 11	Análise sazonal do transporte longitudinal de sedimento do perfil 1	33
Figura 12	Análise sazonal do transporte longitudinal de sedimento do perfil 4	34
Figura 13	Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio anual da Praia da Barreira do Inferno/RN	35
Figura 14	Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio sazonal para o período chuvoso da Praia da Barreira do Inferno/RN	36
Figura 15	Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio sazonal para o período seco da Praia da Barreira do Inferno/RN	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Intervalos das Zonas Costeiras definido pelo SMC-Brasil	24
Tabela 2	Probabilidade de ocorrência de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) na Praia de Ponta Negra	26
Tabela 3	Probabilidade de ocorrência de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) na Praia da Barreira do Inferno	26
Tabela 4	Comparação entre os valores obtidos de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) para as PPN e PBI	38
Tabela 5	Transporte de Sedimentos anual e sazonal para as PPN e PBI.	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

AECID	Agência de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento
CLBI	Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno
D50	Diâmetro Médio do Grão
DHN	Diretoria de Hidrografia e Navegação
DOW	Dowscaled Ocean Waves
E	Leste
ESE	Leste-Sudeste
h	Profundidade
h*	Profundida de Fechamento
Hs	Altura significativa de onda
Hs12	Altura Significativa de Onda superada 12 horas ao ano
Hs50%	Altura Significativa de Onda em Condições Médias
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEMA	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte
IH-Cantabria	Instituto de Hidráulica Ambiental da Cantábria
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
L	Comprimento de Onda
m	Metro
m/s	Metros por segundos
m³	Metro Cúbico
mm	Milímetro
MMA	Ministério do Meio Ambiente
N-S	Norte para Sul
PBI	Praia da Barreira do Inferno
PPN	Praia de Ponta Negra
Q	Transporte longitudinal de sedimentos Total
Q-	Transporte longitudinal de sedimentos Negativo
Q+	Transporte longitudinal de sedimentos Positivo
Q_{1st}	Taxa de transporte longitudinal de sedimentos total
s	Segundo

SE	Sudeste
SEMURB	Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo
SETUR	Secretaria de Turismo do Estado do Rio Grande do Norte
SMC	Sistema de Modelagem Costeira
S-N	Sul para Norte
SPU	Secretaria do Patrimônio da União
Tp	Período de pico
Tp12	Período de Pico superado 12 horas ao ano
Tp50%	Período de Pico em Condições Médias
UE	União Europeia
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USP	Universidade de São Paulo
ZPA	Zona de Proteção Ambiental
θ_m	Direção média de onda

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	CARACTERIZAÇÕES DAS ÁREAS DE ESTUDO	13
2.1	PRAIA DE PONTA NEGRA - PPN	14
2.2	PRAIA DA BARREIRA DO INFERNO - PBI	18
3	METODOLOGIA DO TRABALHO	21
3.1	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	21
3.2	APRESENTAÇÃO DOS DADOS	23
3.2.1	Sistema de Modelagem Costeira do Brasil – SMC-BRASIL	23
3.2.2	Clima de Onda	24
3.2.3	Batimetria	27
3.2.4	Propagação da Onda	27
3.2.5	Corrente	29
3.2.6	Transporte Longitudinal de Sedimentos	30
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	37
5	CONCLUSÃO	40
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

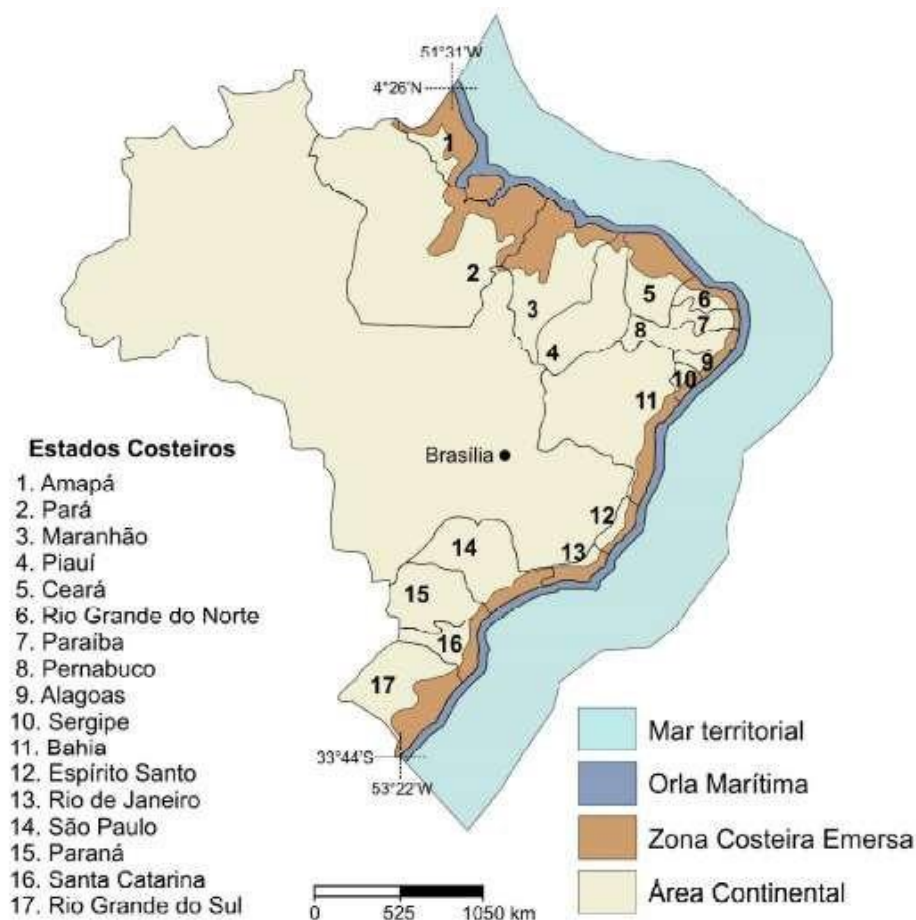
1. INTRODUÇÃO

A zona costeira brasileira, segundo o artigo 3º do Decreto nº 5.300 de 07 de dezembro de 2004, define-se como o

“ (...) Espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre” (BRASIL, 2004).

Determinada patrimônio nacional pelo parágrafo 4º do art. 225 da Constituição Federal, a zona costeira brasileira compreende uma faixa de 8.698 km de extensão e largura variável voltada ao Oceano Atlântico. Sua localização abrange da zona intertropical, ou seja, próximo a Linha do Equador, até a zona subtropical, percorrendo da latitude 4°30' Norte até a latitude 33°44' Sul, conforme apresentado na Figura 1.

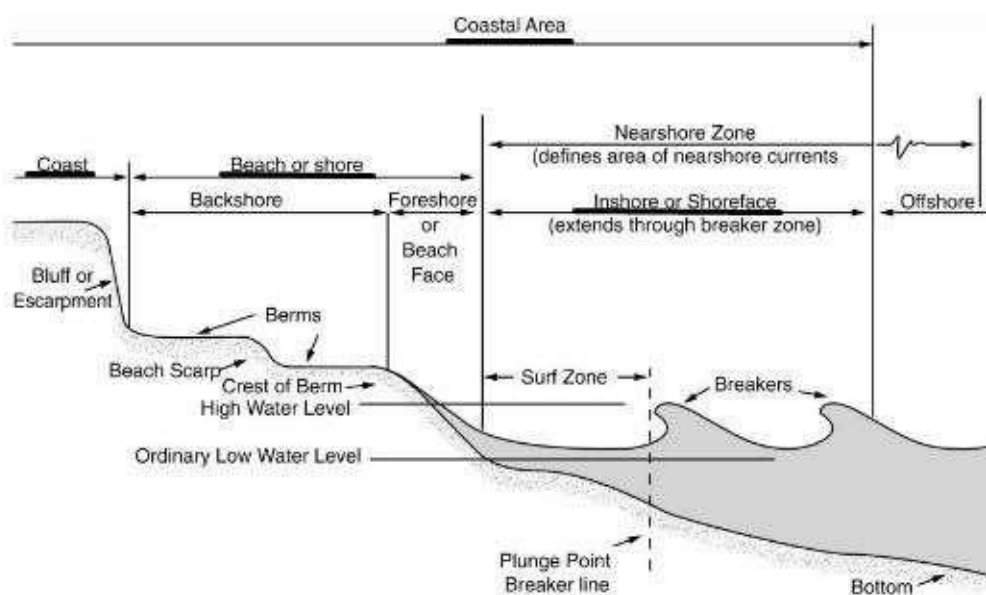
Figura 1 – Zona Costeira Brasileira.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2006 (modificado por SOUZA, 2009).

A zona costeira possui uma grande importância socioeconômica para o país, além de apresentar condições propícias à agricultura, pesca, turismo, atividades portuárias, de lazer e extração, possui também um elevado valor ambiental devido à riqueza e variedade dos seus habitats. Somado a isso, é na zona costeira que 23,58% da população brasileira reside, nos 395 municípios litorâneos, segundo dados do IBGE (2010). Essa zona pode ser dividida em três partes: costa, praia e costa afora, conforme é possível observar na Figura 2.

Figura 2 – Divisão da Zona Costeira.



Fonte: Dean & Dalrymple (2002).

A costa é definida como uma faixa que se estende do limite entre o continente e o mar adentrando o interior continental até as primeiras mudanças significativas nas feições fisiográficas; a costa afora é a região desde a zona de arrebatamento das ondas até a borda da plataforma continental e por fim, a região de praia é, segundo MUEHE (2005), um depósito de sedimentos, mais comumente arenosos, acumulados por ação de ondas que, por apresentar mobilidade, se ajustam às condições de ondas e maré, representando um importante elemento de proteção litoral, ao mesmo tempo em que são amplamente usadas para o lazer.

As praias arenosas são o produto de um complexo sistema de forças que interagem entre si, formando um arcabouço estrutural dinâmico, que se modela à medida que condições energéticas do ambiente também se modificam. Mudanças na forma do perfil praias estão estritamente condicionadas pela interação onda-

sedimento. Os incrementos na energia das ondas provocam alterações à distribuição dos sedimentos ao longo do perfil praiial, fazendo com que o mesmo modele sua forma e atinja seu equilíbrio, ajustando-se àquela condição hidrodinâmica (PASOLINI, 2005).

Dessa forma, compreendem-se as praias como estruturas representativas de fenômenos provenientes da dinâmica costeira, principalmente determinada pelo deslocamento de sedimentos ao longo da linha de costa e da deriva litorânea, a corrente costeira atuante como principal agente de movimentação, retrabalho e distribuição dos sedimentos ao longo da costa, produto de duas componentes vetoriais: a deriva costeira, que atua na zona de surfe e tem sentido paralelo à praia; e à deriva praiial, que atua no estirâncio e na face da praia (Fredsoe & Deigaard, 1995 apud Albuquerque et. al, 2008).

Esses fenômenos podem resultar em significativos processos erosivos e de sedimentação, que a depender da potência do movimento e do transporte, além das características físicas do sedimento, podem causar alterações morfológicas na praia e nos demais processos costeiros. Segundo BIRD (1985) apresenta, 70% das costas arenosas de todo o mundo já se encontram em estado erosivo.

Dentre as formas de se estudar a dinâmica sedimentar da costa, o uso de modelos computacionais, além de ter a melhor relação custo-benefício, tem apresentado grande aceitação na comunidade científica (LUCA, 2011; ALMEIDA, 2013; GOMES, 2014; ARAÚJO, 2015; SOUZA RIBEIRO *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016).

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente adotou, como base para simulações computacionais na costa, o Sistema de Modelagem Costeira do Brasil (SMC-Brasil). Esse sistema foi desenvolvido pelo Instituto de Hidráulica Ambiental da Cantábria (IH-Cantabria) e transferido ao Brasil, em 2009, através do estabelecimento de um projeto de colaboração internacional entre a Agência de Cooperação Internacional para o Desenvolvimento (AECID), Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria do Patrimônio da União (SPU), Universidade de São Paulo (USP), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e o IH-Cantabria, intitulado "*Transferencia de metodologías y herramientas de apoyo a la gestión del litoral brasileño*". Nesse projeto, foi firmado um Acordo de Cooperação Técnica, com ação conjunta entre Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio

Grande do Norte (IDEMA) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), com o objetivo de implementar o “Estudo de Caso do Sistema de Modelagem Costeira Brasileiro (SMC-Brasil) no Rio Grande do Norte” (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Recentemente, ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017), aplicaram o SMC-Brasil nas praias de Ponta Negra e Barreira do Inferno respectivamente. Essas praias são vizinhas entre si e tem características bem divergentes no âmbito do uso e ocupação da costa, sendo Ponta Negra uma praia explorada turisticamente e a Barreira do Inferno uma região militarmente protegida e preservada.

Tal contraste despertou a possibilidade de estudo comparativo entre essas duas praias no tocante aos resultados fornecidos pelo SMC-Brasil. Portanto, diante do exposto, este trabalho teve como objetivo comparar a dinâmica sedimentar entre a praia de Ponta Negra e da Barreira do Inferno com base nas informações de clima de onda e transporte de sedimentos obtidos em estudos anteriores com o uso do SMC-Brasil.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

O Rio Grande do Norte é um dos principais pontos turísticos do Nordeste brasileiro, isso se deve, principalmente, a grande extensão de costa litorânea da região, que abrange mais de 400 km de praias e obras naturais, atraindo mais de dois milhões de visitantes por ano, movimentando, em 2016, cerca de R\$80 milhões de reais na economia potiguar, conforme dados da Secretaria de Turismo do Estado do Rio Grande do Norte (SETUR, 2017).

Um dos principais cartões postais do Estado é a Praia de Ponta Negra, localizada na capital norte-rio-grandense. Outra praia de grande importância estadual é a Praia da Barreira do Inferno, localizada no município de Parnamirim, a maior cidade da região metropolitana de Natal e base da Força Aérea do Brasil, sendo protegida do acesso ao público externo. Localizadas lado a lado, as praias são o objeto de estudo deste trabalho e estão apresentadas no Figura 3 abaixo.

Figura 3 – Localização geográfica das Praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno no estado do Rio Grande do Norte.



2.1 PRAIA DE PONTA NEGRA – PPN

A Praia de Ponta Negra está localizada no bairro de mesmo nome, no município do Natal, na Região Administrativa Sul do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (latitude 5.52° S; longitude 35.10° W). É a principal praia urbana da capital potiguar, possuindo cerca de 4 km de extensão, nos quais concentra a maior infraestrutura turística e de lazer do Estado, com hotéis, pousadas, bares e restaurantes. Seu principal atrativo turístico localiza-se no extremo sul da praia, conhecido como Morro do Careca, uma duna vegetada e íngreme de cerca de 120 metros de altura, que apresenta em sua parte frontal parte de seus sedimentos expostos pela ausência de vegetação, fisionomia que lhe atribui o nome.

Localizada na faixa sedimentar do tipo enseada denominada de Bacia Pernambuco-Paraíba, Ponta Negra é constituída por rochas sedimentares recobertas por rochas do Grupo Barreiras e sedimentos Quaternários, como dunas, rochas praias, terraços marinhos e aluvionares, além coberturas arenosas diversas. As principais feições geomorfológicas encontradas em PPN são as falésias ativas, tabuleiros costeiros, campos de dunas, linhas de recifes de arenitos praias e planícies flúvio-estuarinas (VITAL et al., 2006).

Inserida no litoral oriental do Rio Grande do Norte, Ponta Negra faz limite com duas zonas de proteção ambiental, a ZPA-06 (zona de proteção ambiental do Morro do Careca e dunas associadas) e a ZPA-02 (zona de proteção ambiental do Parque das Dunas) (SEMURB, 2010). Essas zonas de proteção ambiental são dispositivos jurídicos e de ordenamento territorial e urbanístico que contribuem para a preservação e manutenção da paisagem natural da praia.

Entretanto, apesar de ser um ambiente de proteção, a partir da década de 80, Ponta Negra começou a desenvolver-se de forma bastante rápida e desordenada, com vários empreendimentos construídos ao redor de toda sua orla e um considerável aumento da taxa de ocupação territorial. Em conjunto com a ocorrência de processos naturais, esse crescimento provocou mudanças significativas na paisagem e no equilíbrio dinâmico da praia. Tais transformações podem ser observadas comparando-se as Figuras 04 e 05 abaixo, representativas de Ponta Negra na década de 60 e em 2011, respectivamente.

Figura 04 – Praia de Ponta Negra, localizada em Natal/RN, no ano de 1960.



Fonte: Jaeci Emerenciano.

Figura 05 – Praia de Ponta Negra, localizada em Natal/RN, em 2011.



Fonte: Pousada Maria Rita (<https://goo.gl/oCg3X9>).

Todos esses aspectos relacionados à modificação paisagística da orla da Praia de Ponta Negra aconteceram desassociados de estudos sobre a evolução costeira e os aspectos de dinâmica natural. Nos anos de 2011 e 2012 as marés altas promoveram a destruição de infraestruturas no trecho da praia, desde o Morro do Careca até os hotéis instalados na Via Costeira (Figura 6), além de intensificarem problemas ambientais crônicos (AMARO *et al.* 2013).

A erosão e os danos causados atingiram um patamar crítico em 2012, devido ao desabamento do calçadão que margeia a orla da praia, sendo declarado pela Prefeitura de Natal, estado de calamidade pública, tornando-se um local perigoso para banhistas e moradores, afetando o turismo e comércios da região, além de prejudicar a economia potiguar e causar substanciais gastos financeiros ao governo local.

Figura 06 – Trechos desmoronados do calçadão de Ponta Negra em Natal/RN.



Fontes: SOS Ponta Negra (<https://goo.gl/SkqQCK>), Viagem de Férias (<https://goo.gl/QCeeMj>) e Rio Grande do Norte.net (<https://goo.gl/Mz9vKZ>).

Ponta Negra é caracterizada por ventos provenientes, principalmente, de Sudeste, com direção controlada pela Zona de Convergência Intertropical, segundo AMARO *et al* (2012). A variação da velocidade dos ventos varia em média de 2 a 8 m/s, conforme registrado no período de Janeiro à Dezembro de 2014 pela estação climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia A-304.

Já a velocidade das correntes variam de 0,05 à 0,30 m/s, conforme modelagem realizada por ROSMAN e SCUDELARI (2009), com direção predominantemente Sul-Norte.

Em relação ao nível do mar, os dados registrados pela Estação Ondográfica Leste-Reis Magos, localizada no Porto de Natal, classifica o regime de maré como mesomarés semidiurnas, com amplitudes médias de marés de sizígia em torno de 2,2 m e marés de quadratura de amplitude média de 1,1 m em Ponta Negra (Carta náutica DHN/MB, nº 810 - Proximidades do Porto de Natal; DHN, 2009; ALMEIDA, 2015).

No que tange as estimativas das variações do nível médio do mar, em 60 anos (1948 até 2008), de acordo com a base de dados do SMC-Brasil, a maré astronômica é o principal ator na variação do nível médio do mar, com amplitude máxima de 2,6 m em Ponta Negra (ALMEIDA et al., 2015).

2.2 PRAIA DA BARREIRA DO INFERNO – PBI

A Praia da Barreira do Inferno, Figura 7, assim denominada devido à forte cor avermelhada das falésias vivas características da região, que sob os raios do sol, assemelha-se a uma barreira pegando fogo, está localizada no município de Parnamirim, na parte oriental do Estado do Rio Grande do Norte, dentro da área militar Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno – CLBI, que faz parte do departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial, a cargo da Força Aérea Brasileira.

Figura 7 – Praia da Barreira do Inferno localizada em Parnamirim/RN.



Fonte: Praias de Natal, 2007 (<https://goo.gl/d593fv>).

Distante 12 km de Natal, a PBI possui uma morfologia levemente côncava, caracterizada por uma planície costeira limitada pelo oceano e por tabuleiros costeiros, com a presença de dunas e morros. A praia é composta principalmente por falésias associadas ao Grupo Barreiras que ocupam cerca de 1 km da linha de costa. Com extensão aproximada de 8 km, a PBI é uma região militarmente protegida e de preservação ambiental, aonde vem sendo desenvolvido o Estudo Ambiental e

Monitoramento de Mudanças Morfológicas Costeiras nas Falésias ali encontradas, além de também receber o Projeto Tamar, de proteção as tartarugas marinhas.

Apesar da área manter-se sem a incidência de ações antrópicas sobre ela, observou-se, ao decorrer dos anos de 1986 e 2004, um significativo recuo da borda da falésia, da ordem de 6.700 m² de área, em toda sua extensão, segundo CÂMARA *et al.* (2017).

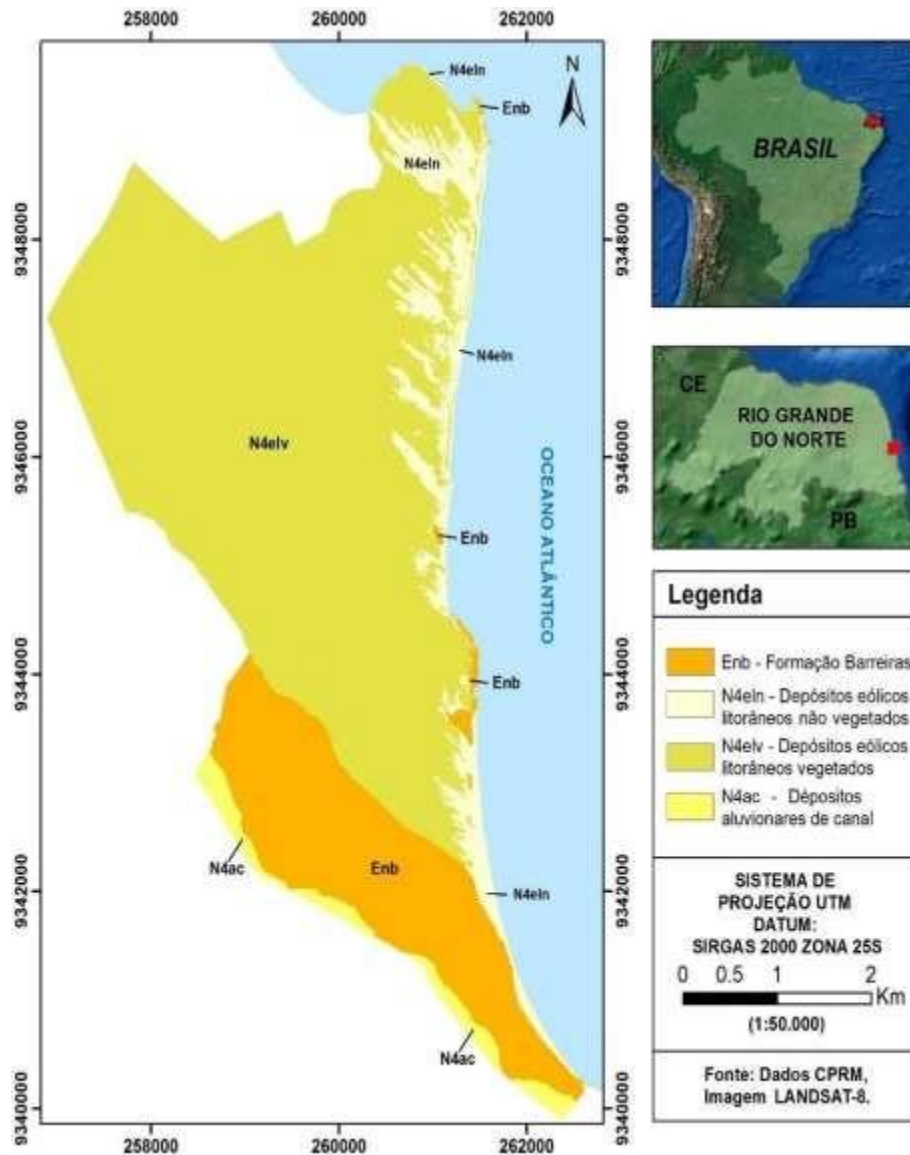
Dos trabalhos de SILVA (2003), SEVERO (2005), NASCIMENTO (2009), JUNIOR (2013), RIBEIRO (2015) e CÂMARA *et al.* (2017), obtém-se que, no litoral do Rio Grande do Norte, o desmonte das falésias vivas são muitas vezes ocasionados por incisões basais causadas por erosão marítima. É válido destacar que a erosão basal consiste na destruição mecânica e/ou remoção de partículas de solo do “pé” das falésias costeiras, através principalmente da ação das ondas (GURGEL, 2017).

Na Praia da Barreira do Inferno é possível encontrar ventos predominantemente de direção Sudeste (SE), com velocidade média de 4 m/s e valor máximo médio de 28 m/s, de acordo com série histórica de cinquenta e cinco anos, 1961 – 2016, fornecida pelo INMET através da Estação Climatológica Automática A304 de Natal/RN, que possui um raio de representatividade de 150 km, atendendo tanto a PPN quanto a PBI.

Segundo VITAL *et al.* (2008), as variações do nível do mar da região caracterizam marés do tipo semi-diurnas, com a variação média das marés de sizígia de aproximadamente 2,20 m e das marés de quadratura de aproximadamente 1,3 m (GURGEL, 2017).

OLIVEIRA (2017), em seu trabalho, criou o mapa geológico da Praia da Barreira do Inferno (Figura 8) e classificou a faixa praial, predominantemente, como depósitos eólicos litorâneos não vegetados e Formação Barreiras no trecho central da praia. Identificou-se também a presença de tabuleiros costeiros na faixa praial e de arenitos praias. As falésias encontradas possuem altura variável de 25 a 60 metros e inclinações das faces de 45° a 80° em relação ao solo (TAQUEZ, 2017).

Figura 8 - Mapa Geológico simplificado da região da Barreira do Inferno.



Fonte: Oliveira (2017).

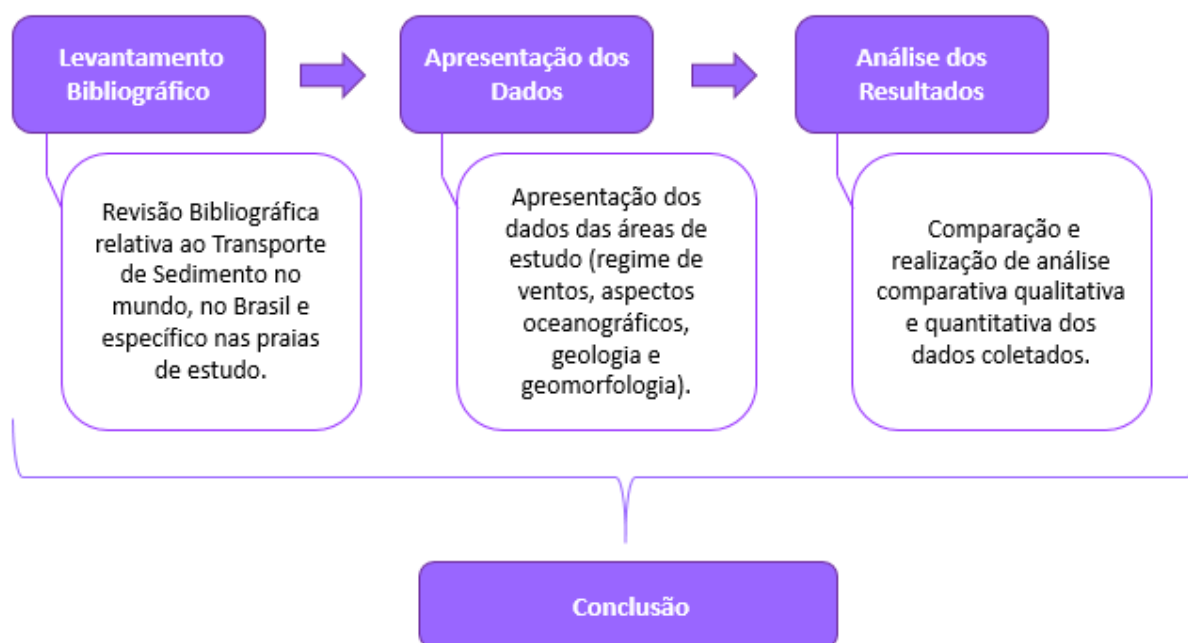
A PBI, em resumo, pode ser subdividida em três principais trechos: Norte, Centro e Sul. O trecho Norte é marcado por um contraste de declividade, que diminui ao se aproximar do trecho central. Este, por sua vez, é muito característico devido ao afloramento do Grupo Barreiras e por praticamente não apresentar faixa praial, além de possuir uma grande presença de arenito de praia na zona de arrebentação. O trecho Sul, por fim, se inicia com o fim do afloramento (GURGEL, 2017).

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se na comparação de dados obtidos por meio de levantamento bibliográfico, visando identificar possíveis relações existentes entre as praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno no âmbito do transporte longitudinal de sedimentos.

Na Figura 9, apresenta-se o fluxo das atividades desenvolvidas ao longo da construção do trabalho, caracterizando a metodologia utilizada.

Figura 9 – Delineamento da metodologia aplicada no desenvolvimento do trabalho.



3.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O levantamento bibliográfico consiste em uma pesquisa realizada com o intuito de construir uma base teórica relativa à temática e às áreas de estudo abordadas em um determinado trabalho a ser realizado.

Dessa forma, identificou-se o conceito de transporte de sedimento ao longo da costa como o movimento de sedimentos na região costeira devido aos efeitos das ondas, correntes e marés, podendo ocorrer paralelo à costa, ou seja, de forma longitudinal ou perpendicular à costa, de forma transversal.

Segundo FONTOURA (2004), o transporte transversal de sedimentos ocorre

ora na direção continente-oceano, ora na direção oceano-continente, de tal forma que a resultante anual não é significativa e por isso, foi desconsiderada neste trabalho. Já o transporte longitudinal ocorre como resultado dos fenômenos da suspensão do sedimento, resultante da quebra das ondas; e do transporte, resultante da incidência oblíqua das ondas sobre a linha de costa, gerando a corrente longitudinal (SPROVIERI e FONTOURA, 2012), o qual pode ocorrer no fundo do oceano, na zona de surfe e também na zona de espraiamento.

A taxa de transporte de sedimento depende de vários atores, dentre eles a interação dos processos hidrodinâmicos, os efeitos dos ventos, da topografia, das características do sedimento, além de outros fenômenos da zona litorânea (BAKHTYAR *et al.*, 2008; CAMENEN e LARROUDÉ, 2003).

O transporte de sedimento já é um agravante erosivo em cerca de 70% das zonas costeiras de todo o mundo, conforme GOMES e SANTOS (2002). De acordo com os autores, o fenômeno afeta 70 em cada 100 zonas costeiras em todo o globo. Corroborando com eles, SOUZA *et al.* (2005) *apud* BIRD (1999), complementa dizendo que aproximadamente 20% da rede de costas de todo planeta são formadas por praias arenosas, das quais 70% encontram-se em predominante processo de erosão, 20% em processo de progradação e 10% em equilíbrio relativo.

A Europa é um dos principais continentes a sofrer com a erosão costeira, com quase metade da população da União Europeia (UE) residindo a menos de 50 km do mar, concentrando-se, na maioria, em zonas urbanas ao longo da linha de costa que estende-se por 68.000 km, estima-se que a despesa pública da UE com a proteção da orla costeira contra o risco de erosão e inundação atinja os 5,4 milhões de euros por ano, no período de 1990 a 2020 (COMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2006).

Convergente com a situação global, o Brasil, principalmente devido às as pressões socioeconômicas, vem ao longo do tempo, submetendo sua zona costeira à um processo acelerado de urbanização não planejada e de intensa degradação dos recursos naturais, apresentando inúmeras praias onde o processo erosivo já é bastante severo e requer medidas emergenciais de contenção e recuperação.

Uma dessas localidades é a Praia de Ponta Negra, área de estudo deste trabalho. Em contraste, também neste trabalho abordar-se-á a Praia da Barreira do Inferno.

3.2 APRESENTAÇÃO DOS DADOS

A caracterização das Praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno foi realizada com base nas produções científicas determinadas no levantamento bibliográfico, que considerou uma vasta gama de produções científicas, mas focou em trabalhos determinados como trabalhos-base, sendo eles os de GURGEL (2017), OLIVEIRA (2017), TAQUEZ (2017), ALMEIDA *et al* (2015), ARAÚJO (2015) e AMARO *et al* (2014). Esses trabalhos foram assim denominados devido ao conteúdo específico abordado, as suas áreas de estudo e a atualidade das pesquisas.

Os dados coletados são de fontes fidedignas, provenientes de órgãos públicos, visitas técnicas às áreas de estudo, base de dados, métodos matemáticos e sistema de modelagem costeiro (SMC-Brasil).

3.2.1 SISTEMA DE MODELAGEM COSTEIRA DO BRASIL – SMC-BRASIL

As informações referentes à atuação dos processos hidrodinâmicos sobre a costa e as potenciais taxas de transporte longitudinal de sedimento características da região costeira estudada foram obtidas por meio da aplicação do Sistema de Modelagem Costeira do Brasil (SMC – Brasil) (ARAÚJO, 2015).

O SMC-Brasil é a versão brasileira de uma ferramenta computacional, denominada SMC, desenvolvida pelo Instituto Hidráulico Ambiental da Universidade da Cantábria (IH-Cantábria) com o apoio da Diretoria Geral Costeira do Ministério do Meio Ambiente da Espanha que visa estudar e solucionar problemas relacionados às zonas costeiras. Abarcando uma extensa base de dados que contém variáveis de batimetria, ondas e níveis de mar, o sistema também realiza análises estatísticas e propagação de ondas até pontos da costa, avaliando o transporte longitudinal de sedimentos, a direção e a grandeza do fluxo médio de energia de onda e a cota de inundação em um ponto da costa. Somado a isso, o sistema contém os programas que permitem analisar os sistemas costeiros a uma escala espacial e temporal de curto e longo prazo, segundo informações do Ministério do Meio Ambiente (2016).

Com tantas possibilidades, definiram-se alguns pontos a serem analisados, considerando o transporte de sedimentos como principal ponto de intersecção entre as duas áreas de estudo, visto que é o movimento dos sedimentos é um dos principais

fatores causadores de mudanças nas costas litorâneas. Assim, foram analisados por intermédio do SMC os climas de ondas da PPN e da PBI, além dos componentes hidrodinâmicos e a taxa de transporte longitudinal de sedimentos em cada qual.

3.2.1.1 CLIMA DE ONDA

O clima de onda é a altura significativa da onda associada a um determinado período de retorno ou período de pico, tanto para casos de regime médio, quanto para casos de regime extremo. A potência e a recorrência da onda, sendo ela indutora dos processos costeiros de curto e de médio prazo, são responsáveis pelo transporte de sedimentos nos sentidos longitudinal e transversal à linha de costa (MUEHE, 1998). Estando intrinsecamente relacionado com os processos erosivos que afetam a geomorfologia dos ambientes costeiros.

De acordo com GURGEL (2017), o SMC-Brasil permite a caracterização do clima de onda para três zonas da costa, de acordo com a Tabela 1. O que diferencia essas zonas é a razão entre a profundidade (h) e a interação do leito com a propagação das ondas, representada pelo comprimento de onda (L). Em sua base de dados, o SMC dispõe dessas informações referentes às zonas de águas intermediárias e profundas para toda a costa brasileira, sendo de grande importância para a definição do clima de onda da região.

Tabela 1 – Intervalos das Zonas Costeiras definido pelo SMC-Brasil.

RELAÇÃO h/L	ZONA
> 0,04	Zona de Águas Rasas
Entre 0,04 e 0,05	Zona de Águas Intermediárias
< 0,05	Zona de Águas Profundas

Fonte: Adaptado de GURGEL (2017).

Essa base de dados integrada ao SMC-Brasil é resultante de um processo de *downscaling* das informações de ondas das zonas intermediária e profunda (CAMUS

et al., 2013). Essa técnica consiste na projeção de informações de grande escala em uma escala regional e, no caso do SMC, gera como resultado uma malha de pontos distribuídos ao longo do litoral brasileiro, denominada de *Dowscaled Ocean Waves* (DOW) ou mais comumente chamados de Pontos Dow.

Cada ponto dow possui uma série de informações associada a ele, tais informações são usadas como dados de contorno, ou dados iniciais, para a propagação da onda até a linha de costa e por isso, deve-se fazer uma seleção para que seja definido o ponto dow mais representativo da realidade do objeto de estudo, no caso deste trabalho, as praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno, a fim de obter um clima de onda fidedigno para cada uma dessas áreas.

A escolha desses pontos em cada praia foi determinada pelos trabalhos-base de ARAÚJO (2015) para a Praia de Ponta Negra e GURGEL (2017) para a Praia da Barreira do Inferno. A título de conhecimento, ambos utilizaram os mesmos critérios de seleção, sendo eles: Análises comparativas de estatística descritiva dos parâmetros de onda dos pontos escolhidos; Sua distância e localização em relação à zona de estudo; e Sua cota batimétrica.

Selecionados os pontos dow para cada praia, o SMC realiza a caracterização dos climas de onda através de uma abordagem estatística de curto, médio e longo prazo, tomando como base as informações contidas no ponto dow determinado, que são: Altura significativa de onda (Hs); Período de pico (Tp); e a Direção média de onda (θ_m).

Além desses parâmetros de forma integral, o SMC também os disponibiliza na forma de diferentes índices, capazes de refletir condições médias de agitação marítima, representado pelo índice "50", ou ainda estados de mar associados a condições extremas, representado pelo índice "12", que reflete estados de mar superados apenas 12 horas ao ano. Essas informações representam um subsídio fundamental para a definição de parâmetros de entrada para as posteriores etapas de modelagem costeira (ARAÚJO, 2015).

A escolha do ponto dow realizada por ARAÚJO (2015) consistiu em uma abordagem comparativa baseada em análises estatísticas de 11 pontos, dos quais o ponto DOW P1, distante 16 km da PPN e com profundidade de 19,39 m, foi o escolhido. Já em relação à PBI, GURGEL (2017) definiu o ponto DOW P6, dentre 9

pontos pré-selecionados, como o de melhor representatividade, distando aproximadamente 12 km da linha de costa e com profundidade de 15,59 m.

Dentre os parâmetros de onda obtidos a partir de cada um dos pontos dow, este procedimento foi aplicado às alturas significativas e às direções de incidência, cujos resultados permitiram inferir que, tanto para a PPN quanto para a PBI, as ondas incidem, predominantemente, das direções Leste-Sudeste (ESE) e Leste (E), conforme é possível observar, respectivamente, na Tabela 2 e 3 abaixo.

Tabela 2 - Probabilidade de ocorrência de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) na Praia de Ponta Negra.

DIREÇÕES	PROBABILIDADE DE DIREÇÕES (%)	Hs50% (m)	Tp50% (s)	Hs12 (m)	Tp12 (s)
E	18,83	1,37	7,99	2,26	17,78
ESE	78,04	1,50	7,19	2,34	11,88

Fonte: Adaptado de ARAÚJO (2015).

Tabela 3 - Probabilidade de ocorrência de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) na Praia da Barreira do Inferno.

DIREÇÕES	PROBABILIDADE DE DIREÇÕES (%)	Hs50% (m)	Tp50% (s)	Hs12 (m)	Tp12 (s)
E	24	1,38	8,08	2,39	15,64
ESE	73	1,46	7,41	2,39	11,33

Fonte: Adaptado de GURGEL (2017).

Além disso, verifica-se que em condições médias a altura significativa de onda (Hs50%) foi de 1,37 m para a direção Leste e 1,50 m para Leste-Sudeste. Respectivamente, os valores de Tp50% foram 7,99 s e 7,19 s (ARAÚJO, 2015).

Na ocorrência de eventos extremos, como tempestades ou ressacas marinhas, capazes de fornecer mais energia ao clima de ondas, o parâmetro Hs é avaliado como a altura significativa de onda superada 12 horas ao ano (Hs12). Os valores de Hs12 para as direções Leste e Leste-Sudeste foram 2,26 m e 2,34 m, com respectivos períodos de pico (Tp12) de 17,78 s e 11,88 s (ARAÚJO, 2015).

GURGEL (2017), por sua vez, identificou em condições médias que a altura significativa era de 1,38 m para direção Leste e 1,46 para Leste-Sudeste. Os valores referentes ao tempo de pico para cada uma das direções também variou, atingindo 8,08 s para o primeiro caso e 7,41 s para o segundo caso. Em eventos extremos,

foram identificadas alturas significativas de 2,39 m associados a períodos de pico de 15,64 s para Leste e para Leste-Sudeste, a mesma altura, porém associada a um período de 11,33 s.

3.2.1.2 BATIMETRIA

A batimetria é a medição do relevo de fundo de áreas submersas, sendo expressa cartograficamente por curvas batimétricas que unem pontos de mesma profundidade com equidistâncias verticais.

Em seu trabalho, ARAÚJO (2015) utilizou as linhas batimétricas da Carta Náutica 810, denominada Brasil Costa Leste: Proximidades do Porto de Natal, em escala 1: 50.000, *Datum* WGS – 1984, projeção *Mercator* (Marinha do Brasil, 2013). Essa carta náutica tem as profundidades referidas ao nível de baixamar média de sizígia e as altitudes emersas são dadas em valores de metros acima do nível médio do mar, dessa forma, a batimetria dessa carta possui mais detalhes e pode oferecer resultados mais assertivos.

Já GURGEL (2017) compilou os dados de batimetria a partir da Carta Náutica 22100, disponibilizada pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), da Marinha do Brasil, em 2015. A carta foi georreferenciada usando o *Datum* WGS – 1984 e, através do *software* Surfer 11, interpolada pelos métodos geoestatísticos da Krigagem e do Vizinho Natural.

Os dois métodos utilizados para interpolação foram comparados por GURGEL (2017), que observou que ambos poderiam ser utilizados para obtenção de dados fidedignos de tendência das taxas de transporte sedimentar, já que não houve diferenças significativas entre eles. Dessa forma, o presente trabalho, utilizou os dados provenientes do método da Krigagem em sua análise.

Faz-se importante ressaltar que as informações batimétricas utilizadas, em ambos os estudos de GURGEL (2017) e ARAÚJO (2015) não são capazes de representar a linha de arrecifes de arenito existente nas áreas de estudo, o qual poderia atuar como elemento natural de proteção contra a ação das ondas.

3.2.1.3 PROPAGAÇÃO DA ONDA

O ponto dow fornece parâmetros de entrada de espectros de frequência e direção que definem a propagação das ondas para cada estado do mar. Dessa forma, ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017) realizaram em seus trabalhos uma análise considerando as situações de baixamar e preamar e também de parâmetros de onda associados às condições médias e extremas de clima marítimo.

É interessante realizar esse tipo de análise, pois ao longo da sua propagação, as ondas sofrem uma série de transformações, resultantes principalmente da interação com o fundo, sendo esses, um dos principais propulsores das mudanças morfológicas nas praias. Esse processo de interação começa a ser sentido em regiões transicionais, denominadas como zonas de águas intermediárias, nas quais a profundidade se torna inferior à metade do comprimento de onda. Dentre os processos de transformação, os mais comumente encontrados são o empinamento, a refração, a difração e a reflexão (ARAÚJO, 2015).

Em seu trabalho, ARAÚJO (2015) realizou a análise das condições de agitação marítima em situações de preamar e baixamar e observou que em ambos os regimes, as ondas alcançam a costa com alturas significativas semelhantes, com uma discreta diminuição de H_s nos casos de SE, o qual varia de 0,6 a 1,2 m nas condições médias e 1,6 a 1,2 nas condições extremas.

Na ponta da PPN verificam-se os fenômenos de refração e difração, devido, principalmente, as diferenças entre a orientação da linha de costa e o ângulo de incidência das ondas, propiciando que as ondas alcancem a costa com uma maior angulação. Além disso, é observada uma extensa área abrigada junto à zona de sombra associada ao promontório da PPN.

Esse padrão de exposição às ondas foi verificado por ALMEIDA *et al.* (2014) e caracterizado como um aspecto típico de praias de enseada, que devido a sua planimetria, induz processos difrativos em torno dos promontórios, resultando em variações longitudinais de energia e direção de onda ao longo da praia. SILVESTER (1974) disse ainda que quando a configuração em planta desse tipo de praia encontra-se sob equilíbrio dinâmico, a incidência oblíqua das ondas resulta na formação de deriva litorânea, sendo estabelecidas condições para o desenvolvimento

do transporte longitudinal de sedimentos e possíveis agravos decorrentes de eventos erosivos. AMARO *et al.*(2014) complementa a caracterização da PPN ao afirmar que nessa área de estudo prevalecem estados de instabilidade, que a longo prazo, tornará a praia dependente da manutenção do presente sedimento fornecido pela baía.

GURGEL (2017), por sua vez, observou uma tendência de maiores alturas de onda na fração norte da PBI e o contrário ocorrendo no trecho sul. Na sua análise da propagação de ondas, também foi possível determinar o efeito de cúspides praias, depósitos sedimentares de curto espaçamento, ao sul da praia, sobre a altura significativa ao longo da linha de costa.

3.2.1.4 CORRENTE

As correntes são geradas pela energia das ondas, assim elas também possuem grande papel na influência nas variações morfológicas das praias devido a sua capacidade de transporte de sedimento, principalmente aquelas geradas devido às forças induzidas pela quebra das ondas.

ARAÚJO (2015) identificou em seu trabalho, na Praia de Ponta Negra, que as correntes de Leste, em condição de agitação marítima média, são principalmente orientadas na direção S-N, sendo na altura do Morro do Careca onde são verificadas as maiores velocidade, em torno de 0,14 m/s, e onde percebe-se também, o desenvolvimento de um fluxo rotacional fechado do sistema de correntes devido ao encontro de correntes com direções opostas na borda do promontório. Em condições de agitação extrema, o comportamento é semelhante, sendo a magnitude de velocidade, que pode atingir até 0,5 m/s, a principal diferença.

Já para as correntes de Leste-Sudeste, em condições de agitação marítima média, ARAÚJO (2015) observou correntes com características bem semelhantes aos casos propagados de Leste, entretanto, verifica-se uma maior magnitude de velocidade destas correntes. Em condições marítimas extremas, com o aumento de energia das ondas, as correntes no sentido S-N adquirem maior magnitude de velocidade, entretanto, quando comparado com as correntes de Leste, são verificadas velocidades de corrente semelhantes.

Na Praia da Barreira do Inferno, os resultados obtidos por GURGEL (2017)

mostraram a predominância de correntes longitudinais de sentido S-N, sendo encontradas no sul da PBI as correntes de maior magnitude, cuja ocorrência pode estar relacionada à presença de cúspides praias nessa região.

Também há registro de aumento de velocidade das correntes na divisa entre a PBI e a PPN, porém, deve-se considerar que a batimetria utilizada não representa os arenitos praias presentes nessa região, logo, embora a região possua menores profundidades, não pode-se afirmar que as correntes ganham velocidade significativa, uma vez que a presença de arenitos ocasiona a perda de energia ao escoamento.

Ainda de acordo com GURGEL (2017), a análise das correntes de baixamar e preamar apresentaram um ponto de convergência no sul da praia, onde há um indicativo de tendência erosiva. Tal fato, se confirmado, corroboraria com a ideia de que a praia, ao longo prazo, tende a ter forma desenvolvida de zeta. As características batimétricas da parte Sul da praia (menor profundidade, maior participação hidrodinâmica do leito, maior ocorrência de suspensão de sedimentos), atrelada à existência de correntes convergentes nessa região, reforçam a hipótese de que a erosão é o processo sedimentar predominante nessa região, sendo indicado seu monitoramento (GURGEL, 2017).

As velocidades de corrente apresentaram magnitude de até 0,27 m/s, principalmente ao Sul da PBI.

3.2.1.5 TRANSPORTE LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS

O transporte longitudinal de sedimentos ocorre na zona de rebentação devido à incidência oblíqua das ondas ao longo da praia, que provocam o surgimento de uma corrente paralela à costa conhecida como deriva litorânea. Essas correntes propiciam a movimentação das águas e dos materiais em suspensão, sendo um dos principais mecanismos de circulação responsáveis pela manutenção da estabilidade e equilíbrio dos ambientes costeiros.

No SMC, esse transporte longitudinal de sedimentos é calculado de forma automática e leva em consideração a seleção de casos a serem propagados, suas propagações e a reconstrução da série de estados do mar. Dessa forma, é importante

que seja realizado não somente a análise de curto prazo, mas de longo também, somado aos dados de baixamar e preamar, para que dessa forma, possa ser utilizada toda a base de dados do SMC a fim de se obter resultados mais assertivos.

O cálculo do transporte longitudinal de sedimento depende também do perfil praiar, do diâmetro médio do grão (D50) e da extensão mínima da linha de profundidade de fechamento (h^*), profundidade onde começam a ocorrer variações significativas da topografia de fundo devido à mobilização de sedimentos pela ação das ondas, adotada por GURGEL (2017) e ARAÚJO (2015) em torno da linha batimétrica de 5 metros de profundidade. Em seu trabalho, ARAÚJO (2015) adotou a D50 igual a 0,50 mm enquanto que GURGEL (2017) utilizou uma D50 de 0,1 mm.

O cálculo do transporte de sedimentos aplicado usou a formulação de BAYRAM *et al.* (2007), o que permitiu determinar as taxas de transporte longitudinal de sedimentos sazonais, considerando as estações de chuva e de escassez, além das anuais, nos trabalhos de GURGEL (2017) e ARAÚJO (2015).

A formulação de BAYRAM *et al.* (2007) para calcular a taxa de transporte longitudinal de sedimentos total (Q_{lst}) apresenta-se na Equação 1, abaixo.

Equação 1 – Formulação de BAYRAM *et al.* (2007).

$$Q_{lst} = \frac{\epsilon}{(\rho_s - \rho)(1 - p)g w_s} F \bar{V}$$

V é a velocidade longitudinal de corrente média, ρ a porosidade do sedimento e ϵ é coeficiente de transporte, um valor adimensional que expressa a eficiência das ondas em manter o sedimento suspenso para calibração do modelo, definido por MIL-HOMENS *et al.* (2013) (ARAÚJO, 2015).

Tanto ARAÚJO (2015) quanto GURGEL (2017) consideraram toda a série histórica disponível no SMC-Brasil e apresentaram, em seus trabalhos, como resultado, os transportes médios anuais e sazonais, com base na convenção adotada por Dean e Dalrymple (2004), em que o sentido do deslocamento do sedimento é positivo no sentido N-S e negativo no sentido S- N.

Figura 10 - Perfis praias utilizados para o cálculo do transporte longitudinal de sedimento.



Fonte: Adaptada de ARAÚJO (2015).

Para poder realizar os cálculos do perfil praial, o SMC Brasil exige a criação de perfis para que, dessa forma, possa-se obter um resultado mais coerente com a realidade. Assim, ARAÚJO (2015) subdividiu a Praia de Ponta Negra em 4 perfis, conforme é possível observar na Figura 10. Acentua-se que o estudo realizado pelo autor abrangeu várias praias do litoral potiguar, e não apenas a PPN, por isso foram definidos vários perfis que são apresentados acima.

ARAÚJO (2015) encontrou que o transporte predominante na praia é negativo, atingindo altos valores na ponta da praia, próximo ao Morro do Careca. Esse resultado

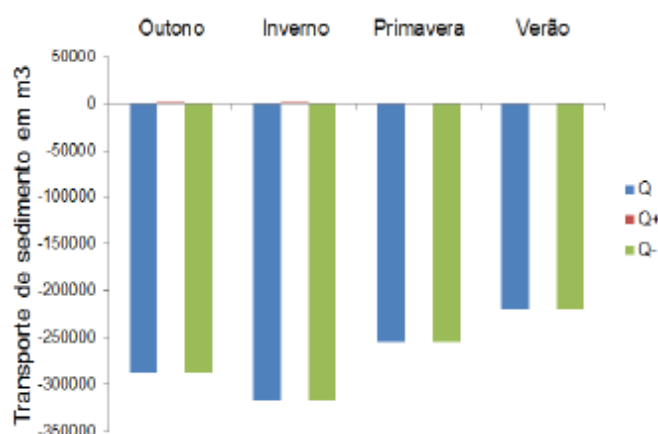
está alinhado com o clima de ondas incidentes na costa, assim como também com o sistema de correntes de sentido S-N dominante.

Através da equação de BAYRAM *et al* (2007), ARAÚJO (2015) estimou valores da ordem de 700.000 m³/ano para o perfil 1, 850.000 m³/ano para o perfil 2, 1.000.000 m³/ano para o perfil 3 e 1.400.000 m³/ano para o perfil 4.

No que tange o transporte longitudinal sazonal, ARAÚJO (2015) considerou, em seu trabalho, duas estações anuais, uma considerada chuvosa (correspondendo às estações de Outono Inverno, de março a agosto) e outra seca (referentes à Primavera e Verão, de outubro a dezembro).

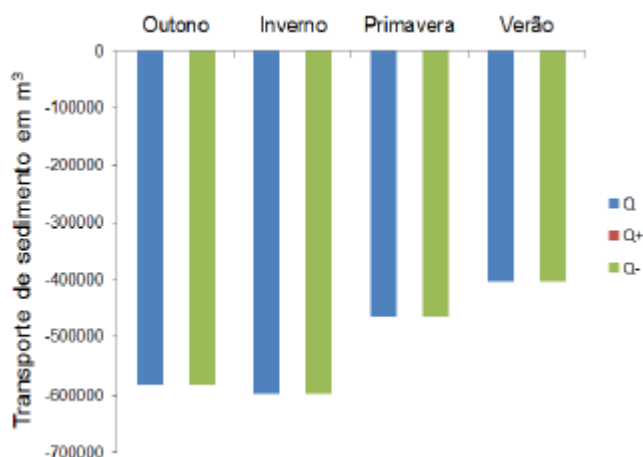
Para esses cálculos, ARAÚJO (2015) definiu o transporte longitudinal de sedimentos como positivo (Q+) quando o transporte seguia a direção de N-S, negativo (Q-) quando a direção for de S-N e líquido (Q) como sendo o total do transporte. Como resultado, ele obteve que as maiores taxas de transporte de sedimento ocorreram durante o período chuvoso, caracterizada pelos maiores índices pluviométricos e de intensidades de vento pertencentes às estações de outono e inverno, sendo mais fortemente sentido no Perfil 4 (Figura 11), seguido pelo Perfil 1 (Figura 12), no sentido negativo, da Praia de Ponta Negra.

Figura 11 - Análise sazonal do transporte longitudinal de sedimento do perfil 1.



Fonte: ARAÚJO, 2015.

Figura 12 – Análise sazonal do transporte longitudinal de sedimento do perfil 4.



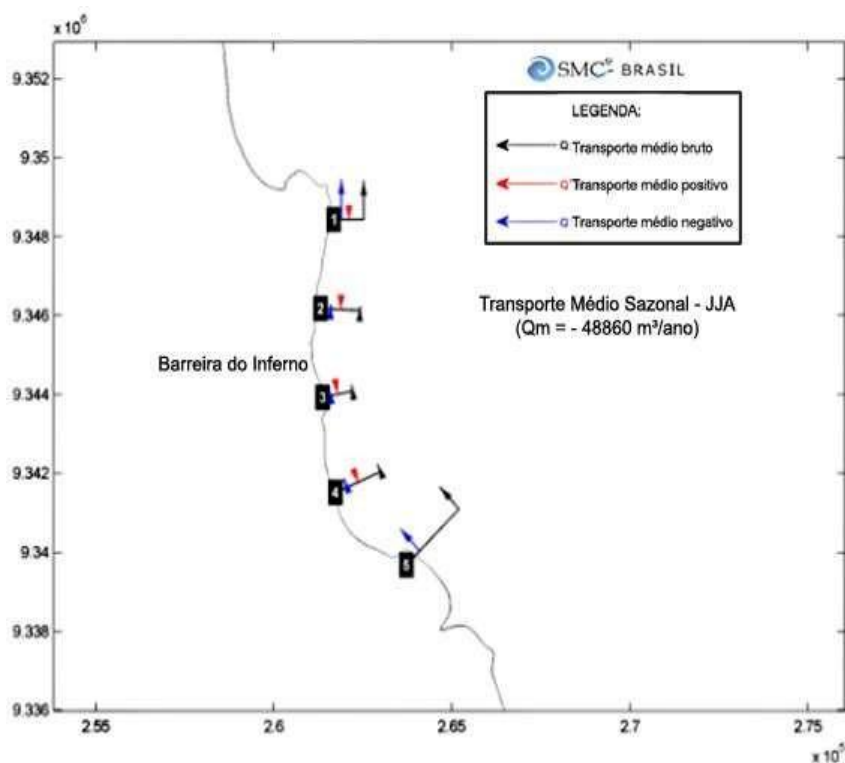
Fonte: ARAÚJO, 2015.

Analisando os resultados apresentados, observa-se que nas estações propícias a ocorrência de estados de mar mais energéticos, caracterizados por maiores alturas de onda e magnitude de corrente, a praia é erodida, havendo a possibilidade de o sedimento ser transportado em sentido longitudinal à linha de costa, enquanto que nas estações menos energéticas, dominadas por ondas menores e mais calmas, o sedimento tem capacidade de retornar à praia (ARAÚJO, 2015).

GURGEL (2017), em seu estudo na Praia da Barreira do Inferno, também adotou a divisão em perfis e realizou os cálculos para o transporte longitudinal de sedimentos considerando o transporte anual e o sazonal, dividido entre período chuvoso e seco.

A partir dos cálculos do transporte, baseados na equação de BAYRAM *et al* (2007), o maior fluxo médio anual na PBI foi da ordem de $-108.124 \text{ m}^3/\text{s}$ (Figura 13), encontrado no Perfil 1, localizado ao norte da praia. Sobressaindo aos perfis e considerando um todo, a Praia da Barreira do Inferno tem uma taxa de transporte longitudinal anual, segundo GURGEL (2015), de $-48.860 \text{ m}^3/\text{ano}$, S-N.

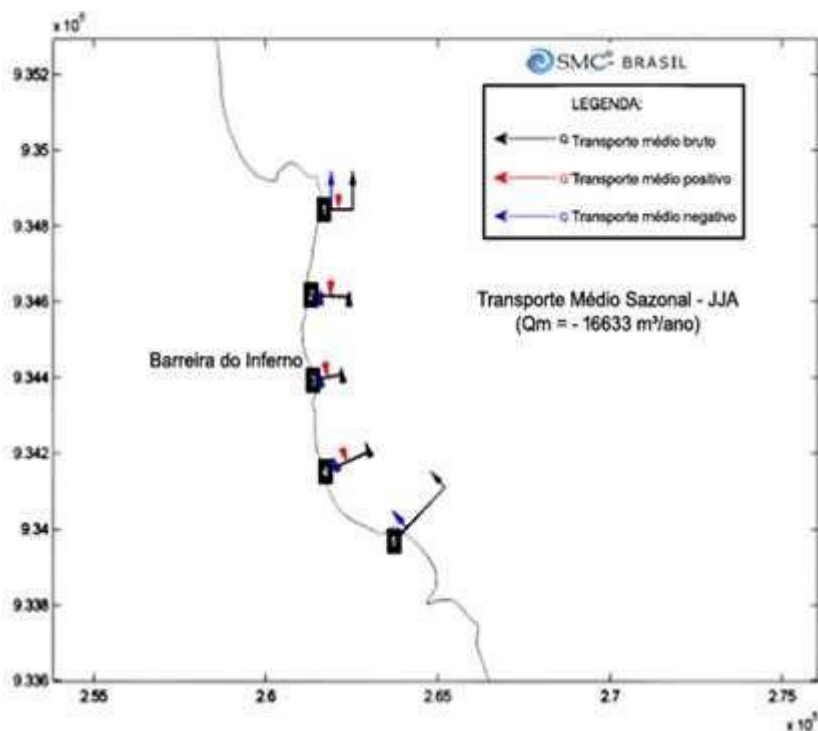
Figura 13 - Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio anual da Praia da Barreira do Inferno/RN.



Fonte: GURGEL, 2017.

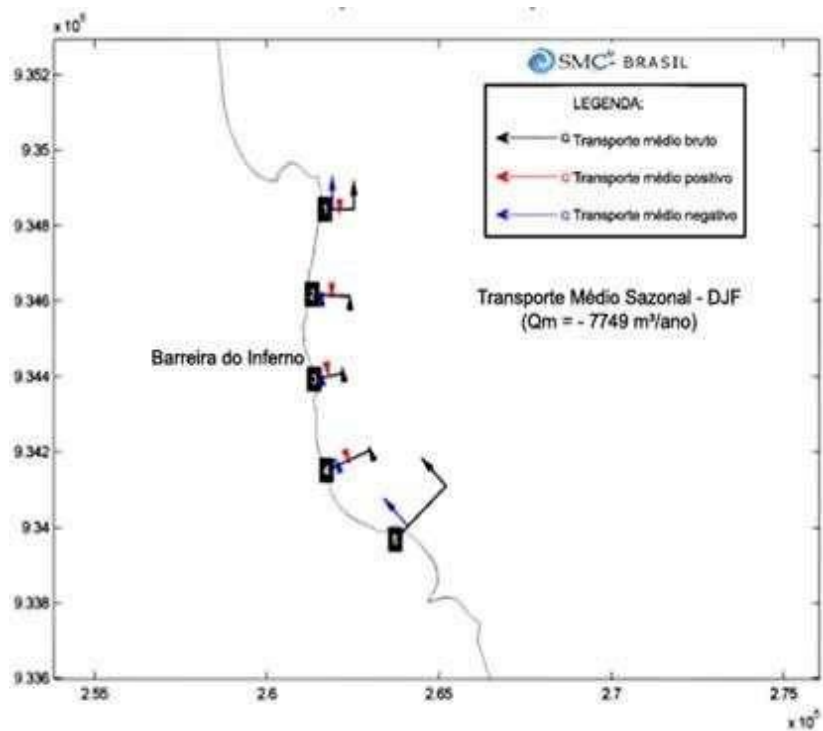
Analisando o transporte médio sazonal, novamente o Perfil 1 apresentou os maiores valores de transporte de sedimentos, onde, no período chuvoso (Figura 14), ocorreram as maiores taxas, da ordem de $-16.633 \text{ m}^3/\text{ano}$, e no período seco (Figura 15) atingiu $-7.749 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Figura 14 - Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio sazonal para o período chuvoso da Praia da Barreira do Inferno/RN.



Fonte: GURGEL, 2017.

Figura 15 - Mapa do transporte longitudinal de sedimentos médio sazonal para o período seco da Praia da Barreira do Inferno/RN.



Fonte: GURGEL, 2017.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nos dados obtidos por ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017) é possível realizar uma análise qualitativa-comparativa entre as duas áreas de estudo abordadas neste trabalho. Dessa forma, neste tópico, iremos discutir as possíveis relações existentes no que tange a dinâmica costeira, focado no transporte longitudinal de sedimentos, entre as vizinhas Praias de Ponta Negra (PPN) e da Barreira do Inferno (PBI).

Conforme ROSSETTI (2008) apresentou, mais do que qualquer outro sistema físico, o ambiente costeiro caracteriza-se pelas mudanças tempo-espaciais que resultam numa variedade de feições geomorfológicas. Esse grande dinamismo costeiro é resultante da complexa interação de processos deposicionais e erosivos relacionados com as forçantes – ondas, marés e correntes litorâneas –, além de influências antrópicas.

Dessa forma, como já explanado, os principais agentes da dinâmica costeira são as:

- a). Marés, provenientes de forças astronômicas que causam mudanças periódicas no nível do mar, modificando as larguras das faixas de praia;
- b). Ondas, principais agentes ligados às forças meteorológicas, podem ser refratadas, difratadas, refletidas ou até absorvidas durante a sua propagação;
- c). Correntes, geradas a partir da energia dissipada pelas ondas incidentes na zona de surfe, as correntes são causadoras de modificações no relevo praiial através do transporte de sedimentos.

Associado às ondas, foi realizada a análise comparativa dos climas de ondas da PPN e da PBI. O SMC realiza a caracterização dos climas de onda como base nas informações contidas no ponto dow escolhido, sendo essas à Altura significativa de onda (H_s), o Período de pico (T_p) e a Direção média de onda (θ_m).

No que concerne à direção média de onda, podemos relacionar com o regime de ventos, que são os principais fatores indutores de ondas. Em ambos os estudos de ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017) observou-se que os ventos foram predominantes

na direção de Leste (E) e Leste-Sudeste (ESE).

A altura significativa de onda e o período de pico também foram comparados a partir da série histórica de 60 anos contidos no SMC-Brasil. A partir dessa análise, constatou-se uma grande semelhança comportamental entre os climas de onda da Praia de Ponta Negra e da Praia da Barreira do Inferno.

Tabela 4 – Comparação entre os valores obtidos de altura significativa de onda (Hs) e período de pico (Tp) para as PPN e PBI.

	Hs50% (m) E	Tp50% (s) E	Hs12 (m) E	Tp12 (s) E	Hs50% (m) ESE	Tp50% (s) ESE	Hs12 (m) ESE	Tp12 (s) ESE
PPN	1,37	7,99	2,26	17,78	1,50	7,19	2,34	11,88
PBI	1,38	8,08	2,39	15,64	1,46	7,41	2,39	11,33
DIFERENÇA	0,01	0,09	0,13	2,14	0,04	0,22	0,05	0,55

Fonte: Adaptado de ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017)

Quando comparados os valores em condições médias, a altura significativa de onda (Hs50%) tanto nas direções leste como leste-sudeste para as duas praias tiveram uma variância insignificante, o mesmo ocorreu com os seus períodos médios de pico em ambas as direções. Para eventos extremos, a altura significativa de onda (Hs12) apresentou uma maior variabilidade, que ainda que insignificante pode ser decorrente das características intrínsecas do ponto dow utilizado como representativo da área de estudo ou da batimetria, que no caso da PBI possui seus pontos muito espaçados, não reconhecendo os arenitos praias, por exemplo.

As ondas são os agentes suspensores dos sedimentos, mas o que realiza o transporte são as correntes e por isso elas são também consideradas fatores importantes na dinâmica costeira.

Realizando a análise das correntes com base nos dados obtidos por ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017), identificou-se que, tanto para as praias de Ponta Negra quanto da Barreira do Inferno, as correntes de Leste e Leste-Sudeste são principalmente orientadas na direção S-N. A principal diferença entre elas se deu devido a magnitude de velocidade das correntes nas duas praias. Enquanto a PPN abarca uma velocidade entre 0,14 m/s a 0,5 m/s, a PBI tem a velocidade no máximo de apenas 0,27 m/s. Essa elevada magnitude de velocidade das correntes pode contribuir para uma maior taxa de transporte de sedimentos na PPN, o qual pode ser

explicado devido à inclinação da praia ou algum outro fator morfológico.

Por fim, o transporte de sedimentos em cada uma das áreas de estudo, calculados através da formulação de BAYRAM *et al* (2007), apresentou os valores aproximados contidos na Tabela 5.

Tabela 5 – Transporte de Sedimentos anual e sazonal para as PPN e PBI.

	Transporte Anual (m³/ano)	Transporte Chuvoso (m³/ano)	Transporte Seco (m³/ano)
PPN	700.000	330.000	260.000
PBI	48.860	16.633	7.749

Os dados provenientes dos trabalhos de ARAÚJO (2015) e GURGEL (2017) apontaram a excessiva diferença entre o transporte de sedimentos da Praia de Ponta Negra em relação à Praia da Barreira do Inferno, sendo esta, aproximadamente, 7% do volume de sedimentos transportados anualmente da PPN.

A grande magnitude dessa diferença é um dado alarmante, uma vez que sendo praias vizinhas, com características semelhantes, é possível inferir que, de forma longitudinal, os sedimentos transportados da PBI são direcionados à PPN, que por sua vez, transporta cerca de 14 vezes mais sedimento para a seguinte praia ou para o continente, do que o que recebe da Barreira do Inferno.

Com base no estudo bibliográfico já abordado neste trabalho, pode-se inferir que possivelmente esse resultado está relacionado significativamente com o quadro erosivo da Praia de Ponta Negra cujo principal fator causador é um terceiro além do clima de onda e do regime de ventos, podendo ser consequência das correntes ou do processo de urbanização.

No que tange o transporte de sedimentos nos períodos chuvosos e secos, a análise dos dados condiz com o esperado, onde em período de chuva, nos meses de Dezembro a Fevereiro, houve um maior aporte de sedimentos, devido à maior ocorrência de tempestades e no período seco, dentre Junho e Agosto, o transporte de sedimentos foi menor, devido a um estado menos energético do mar em decorrência de um regime de vento sem perturbações.

5. CONCLUSÃO

Sabe-se que o deslocamento de sedimentos ao longo da linha de costa é um fenômeno que pode resultar em significativos processos erosivos e de deposição, podendo causar alterações morfológicas na praia e dificultando o equilíbrio desses ambientes costeiros, o que pode acarretar em problemas ambientais, afetando negativamente a economia, o turismo e bem estar da sociedade.

Neste trabalho, buscou-se realizar uma análise comparativa entre as Praias de Ponta Negra e da Barreira do Inferno, localizadas no Estado do Rio Grande do Norte, à procura de possíveis relações entre elas, no que tange o transporte de sedimento por meio de fatores que colaborem com a dinâmica costeira.

Obteve-se como resposta que há uma relação, além da posição geográfica, entre as dinâmicas costeiras das praias estudadas. Averiguou-se neste trabalho que ambas as áreas possuem um regime de ventos e clima de ondas semelhantes, diferindo discretamente na magnitude de velocidade das correntes e mais intensamente no volume de transporte de sedimentos carreados longitudinalmente.

Com esses resultados, analisados a partir deste estudo preliminar, pode-se concluir que o clima de onda não é fator determinante do transporte longitudinal de sedimentos que ocorre entre as áreas de estudo. Entretanto, indica-se utilizar modelagens de propagação mais robustas, com dados de batimetria mais detalhados e granulometria baseada em dados coletados *in situ*, afim de gerar um resultado mais condizente com a realidade.

Salienta-se que o SMC Brasil possui algumas limitações que corroboram para a realização de uma análise mais profunda, como a consideração de que a entrada das malhas possuem a mesma profundidade e a ausência de dados de granulometria, o que pode influenciar de forma significativa nos resultados obtidos na construção da dinâmica praial.

Outra hipótese a ser levantada remete-se a possibilidade de que a Praia de Ponta Negra é abastecida de forma insuficiente pela Praia da Barreira do Inferno, não obtendo o volume necessário de sedimentos para manter seu equilíbrio e por isso, causando processos erosivos adentrando a linha de costa. Para comprovar essa hipótese, faz-se necessário realizar um estudo comparativo entre as duas praias,

analisando mais a fundo o sedimento presente nessas (D50) além de utilizar uma batimetria mais detalhada, que consiga identificar os arenitos praias presentes nas áreas, ademais de outras estruturas que possam influenciar de forma significativa os resultados obtidos de transporte de sedimentos, como as cúspides praias.

Por fim, sugere-se que seja realizada uma pesquisa que considere a relação entre o transporte excessivo de sedimentos na Praia de Ponta Negra com o processo de urbanização da costa da praia. Sabendo-se que o clima de onda, um dos principais fatores de transporte de sedimentos, apresenta-se como não determinante, sugere-se avaliar outros aspectos como o processo de urbanização desregular, fator contrastante entre as duas praias e que pode ter efeitos negativos quando dificulta ou impede o aporte de sedimentos provenientes do continente, podendo causar alterações nesse transporte, gerando instabilidades na costa praial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. 2000. **Fundamentos da Geomorfologia Costeira do Brasil Inter e Subtropical**. Revista Brasileira de Geomorfologia – União da Geomorfologia Brasileira. Ano 1. Nº 1. p. 27 – 43.

ALBUQUERQUE, Miguel; FONTOURA, José; CALLIARI, Lauro; SERPA, Christian; FALCÃO, Tatiana. **Caracterização do fluxo sedimentar na zona de surfe de praias de micro e meso marés – aplicação a praia do Cassino (RS) e praia do Futuro (CE)**. Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 2008.

ALMEIDA, Laura Ribas de; AMARO, Venerando Eustáquio; MARCELINO, Ana Maria Teixeira; SCUDELARI, Ada Cristina. **Avaliação do clima de ondas da praia de Ponta Negra (RN, Brasil) através do uso do SMC-Brasil e sua contribuição à gestão costeira**. Revista de Gestão Costeira Integrada, vol. 15, n. 2, Junho de 2015, pag. 135-151.

AMARO, Venerando Eustáquio; GOMES, Lívian Rafaely Santana; LIMA, Francisco Gabriel Ferreira; NEVES, Cláudio Freitas; BUSMAN, Débora Vieira; DOS SANTOS, André Luis Silva; SCUDELARI, Ada Cristina. **Multitemporal Analysis of Coastal Erosion Based on Multisource Satellite Images, Ponta Negra Beach, Natal City, Northeastern Brazil**. Marine Geodesy, vol. 38, n. 1, Junho de 2014, pag. 1-25.

AMARO, Venerando Eustáquio; SCUDELARI, Ada Cristina; ALMEIDA, Laura Ribas de; ARAÚJO, David Jefferson Cardoso. **Clima Marítimo da Praia Ponta Negra Baseado em Dados de Reanálise do SMC-Brasil**. XXVI Congresso Latinoamericano de Hidráulica, 2014.

AMARO, Venerando Eustáquio; SCUDELARI, Ada Cristina; SANTOS, André Luís Silva; DA COSTA, Bruno César Pereira. **Use of terrestrial-LiDAR for quantifying morphological changes in Ponta Negra Beach, Natal City, Northeast Brazil**. COASTGIS 2013.

AMARO, Venerando Eustáquio; SCUDELARI, Ada Cristina; NEVES, Cláudio Freitas; TABOSA, Werner Farkatt; LIMA, Zuleide Maria Carvalho; SANTOS JR, Olavo Francisco; FERREIRA, Anderson Targino da Silva; SANTOS, André Luis Silva dos.

Laudo Pericial para ações emergenciais no calçadão de Ponta Negra/ RN – Considerações Técnicas. Novembro de 2012a.

AMARO, Venerando Eustáquio; SCUDELARI, Ada Cristina; NEVES, Cláudio Freitas; TABOSA, Werner Farkatt; LIMA, Zuleide Maria Carvalho; SANTOS JR, Olavo Francisco; FERREIRA, Anderson Targino da Silva; SANTOS, André Luis Silva dos; BUSMAN, Débora Vieira. Laudo Pericial Item B – Indicação das obras emergenciais de contenção e reparação dos equipamentos públicos e de segurança dos frequentadores da Praia de Ponta Negra, Natal – RN. Dezembro de 2012b.

AMARO, Venerando Eustáquio; SCUDELARI, Ada Cristina; NEVES, Cláudio Freitas; GOMES; Lívia Rafaely Santana. **Gestão Costeira e a Relevância dos Estudos de Diagnóstico e Prognóstico das Modificações da Faixa Praial: Caso da Praia de Ponta Negra, Natal/ RN, Nordeste do Brasil.** Revista de Gestão Costeira Integrada. (no prelo). 2013a.

ARAÚJO, David Jefferson Cardoso. **Modelagem numérica para geração do clima de ondas da Praia de Ponta Negra – RN, Brasil.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ARAÚJO, David Jefferson Cardoso. **Transporte longitudinal de sedimento na zona costeira de Natal/RN.** 2015. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

ARAÚJO, Verônica Dantas de; ALAIN, Yoe Reyes-Peres; LIMA, Rozileide de Oliveira; PELOSI, Ana Paula de Meireles Reis; MENEZES, Leonardo; CÓRDOBA, Valéria Centurion; LIMA, Francisco Pinheiro. **Fácies e Sistema Depositional da Formação Barreiras na Região da Barreira do Inferno, Litoral Oriental do Rio Grande do Norte.** Revista do Instituto de Geociências – nº43 - Geol. USP Sér. Cient., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 43-49 – USP. Disponível em < www.igc.usp.br/geologiausp>.

BARBOSA, Nathalia Marinho. **Estabilidade das falésias da Barreira do Inferno - RN.** 2017. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BAKHTYAR, Roham; GHAHERI, Abbas; YEGANEH-BAKHTIARY, Abbas; BALDOCK,

T.E. **Longshore sediment transport estimation using a fuzzy inference system.** Applied Ocean Research, v. 30 p. 273-286, 2008.

BAYRAM, Atilla; LARSON, Magnus; HANSON, Hans. **A new formula for the total longshore sediment transport rate.** Coastal Engineering. 54, p.700–710, 2007.

BEZERRA, Karen Ann Câmara; SÁ, Ricardo Miranda. **Urbanização e Turismo em Ponta Negra: Transformações Espaciais na Cidade de Natal-RN.** V Seminário de Pesquisa em Turismo do MERCOSUL, 2008.

BIRD, Eric. **Coastal Geomorphology: an introduction.** Wiley, England, p. 411, 2008.

BRASIL. Decreto n. 5.300, de 07 de dez. de 2004. **Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima,** Brasília, DF, mar 2017.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro,** Brasília/DF.

CÂMARA, Michel Rodrigues. **Análise de recuo de falésias no litoral do estado do Rio Grande do Norte.** 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

CAMUS, Paula; MENDEZ, Fernando; MEDINA, Raul; TOMAS, Antônio; IZAGUIRRE, Cristina. **High resolution downscaled ocean waves (DOW) reanalysis in coastal areas.** Coastal Engineering, v. 72, p. 56-68, 2013

CHACON, Aline Freitas. **Monitoramento da Dinâmica Costeira da Praia de Ponta Negra, Natal/RN.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia, Natal, 2013.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. **Towards a future Maritime**

Policy for the Union: A European vision for the oceans and seas. Bruxelas, 2006.

DEAN, Robert; DALRYPLE, Robert. **Coastal Processes with Engineering Applications.** Cambridge University Press, 2004.

DINIZ, Ronaldo Fernandes; COSTA NETO, Leão Xavier; MAIA, Luís Parente. **Transporte e deposição de sedimentos ao longo do trecho costeiro praia de Ponta Negra-Via Costeira, Natal-RN.** Anais do 41º Congresso Brasileiro de Geologia. SB . João Pessoa. 2002. P.87.

FARINACCIO, Alessandro e TESSLER, Moysés Gonzalez. **Avaliação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica.** Revista da Gestão Costeira Integrada 10 (4):419-434 (2010).

FONTOURA, José Antônio Scotti. **Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfe das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil.** 2004. 281 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FRACASSO, Paola. **Sistemas de dunas do Parque das Dunas e Barreira do Inferno/Natal (RN): levantamento geológico/geofísico, elaboração do modelo determinístico e avaliação da vulnerabilidade/suscetibilidade frente às pressões antrópicas.** 2005. 184 f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica; Geofísica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

Fredsøe, Jorgen; Deigaard, Rolf. **Mechanics of coastal sediment transport.** World Scientific, Singapore, 369p, 1995.

GOMES, Veloso; SANTOS, Filipe Duarte. **Coastal Zone management in Portugal.** Artigo em Livro de Atas de Conferência Internacional, Mediterranean days o Coastal and Port Engineering. FEUP, p. 389-398, 2012.

GOMES, Gabriel; SILVA, Alex Costa da, **Coastal Erosion Case at Candeias Beach (NE-Brazil).** Special Issue 71 - Coastal Erosion and Management along Developing Coasts pp. 30-40. 2014.

GURGEL, Daniel de Freitas. **Modelagem do transporte de sedimentos na Zona Costeira da Barreira do Inferno - RN, através do SMC-Brasil**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Natal, RN, 2017.

IBGE. **IBGE em parceria com a Marinha do Brasil lança o Atlas Geográfico das Zonas Costeiras e Oceânicas**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceria-marinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia>>. Acessado em 15 de novembro de 2017 às 10:47.

IDEMA, UFRN. **Estudo de caso para a aplicação do SMC-Brasil na Praia de Ponta Negra (Natal/RN/Brasil)**. Setembro, 2014.

EMERENCIANO, Jaeci. **Foto da Praia de Ponta Negra**. Disponível em: <<http://www.brechando.com/2017/07/melhores-fotos-de-jaeci-em-natal-das-antigas/>>. Acessado em 20 de novembro de 2017.

JÚNIOR, Cezar Monteiro Pirajá. **A zona costeira brasileira como área de proteção às tartarugas marinhas**. Revista Eletrônica Direito e Política, Itajaí, v.2, n.3, 3º quadrimestre de 2007. Disponível em: <www.univali.br/direitoepolitica - ISSN 1980-7791>. Acessado em 20 de outubro de 2017.

LIMA, Pedro de. **Natal século XX: do urbanismo ao planejamento urbano**. Natal: EDUFRN, 2001.

LUCA, Clarissa Brelinger de. **Implementação de ferramentas numéricas e bases de dados no SMC-Brasil e sua aplicação no estudo piloto da praia de Massaguaçu - Brasil**. 213p., 2001. Dissertação de Mestrado, Universidade de Cantabria, Santander, Espanha.

LUPI, André Lipp Pinto Basto. **O direito internacional e as zonas costeiras**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MACIEL, Ana Beatriz Câmara. **Praia de Ponta Negra: uma abordagem da paisagem costeira de 1970 a 2010, Natal/RN**. Dissertação (Mestrado em

Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós Graduação e Pesquisa em Geografia, Natal, 2011.

MARINHA DO BRASIL. **Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira**. Disponível em: < <https://www.mar.mil.br/secirm/portugues/leplac.html>>. Acessado em 30 de novembro de 2017 às 10:56.

MEDEIROS, Péricles Alves, CORDERO, Ademar. **Transporte de Sedimentos em Suspensão em 3 Postos Sedimentométricos da Bacia do Rio Itajaí-Açú**. VIII Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, 2008.

MEYER, Mauro Froes; PONTES, Júlio César; SOUZA, João Batista Monteiro de. **Principais Impactos Ambientais e Sociais na Praia De Ponta Negra no Município do Natal e suas Medidas Mitigadoras**. 45º Congresso Brasileiro de Geologia. Belém/PA, Brasil. 2010.

MIL-HOMENS, João; RANASINGHE, Roshanka; VRIES, J.S.M. van Thiel de; STIVE, M.J.F. **Reevaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas**. Coastal Engineering, v. 75, p. 29-39, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **SMC BRASIL**. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/smc-brasil>> Acessado em 20 de maio de 2016 às 16h35min.

_____. **SMC BRASIL – Sistema de Modelagem Costeira**. Disponível em <<http://hotsite.mma.gov.br/smcbrasil/>> Acessado em 20 de maio de 2016 às 16h00min.

_____. **Macrodiagnóstico da Zona Costeira e Marinha do Brasil** – Brasília: MMA, 2008. 242 p.: il. color. ; 42 cm. ISBN 978-85-7738-112-8.

MUEHE, Dieter. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

NASCIMENTO, Kleiton Cassemiro do. **Monitoramento por DGPS e Análise de Processos Erosivos na Linha de Costa da Praia de Pirangi do Norte – Parnamirim/RN**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, p. 97. 2009.

OLIVEIRA, Anderson Luiz Pinheiro de. **Estudo de ondas de gravidade na estratosfera a partir de sondagens com balões lançados do Centro de Lançamento da Barreira do Inferno**. 2016. 101f. Tese (Doutorado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

OLIVEIRA, Diego Souza de. **Análise de índices de vulnerabilidade física com uso de geotecnologias na região da Barreira do Inferno**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

OLIVEIRA, Diego Souza de. **Análise de índices de vulnerabilidade física com uso de geotecnologias na região da Barreira do Inferno**. 2017. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PASOLINI, Alexandre. **Análise da morfodinâmica da Praia de Marataízes frente a um possível processo de engordamento artificial**. 2005. 60 f. Monografia (Geologia Costeira) – Departamento de Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

RIBEIRO, João Ronyberto Cavalcante. **Análise paramétrica da estabilidade de falésias e estudo de caso da Ponta do Pirambu em Tibau do Sul/RN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRN, Natal. 2015.

ROSMAN, Paulo Cesar Colonna; SCUDELARI, Ada Cristina. **Análises complementares e prognósticos do funcionamento do emissário submarino de Ponta Negra em Natal-RN com efluentes tratados: Relatório sobre de avaliação de aspectos sedimentológicos e estruturais**. p. 52, 2009.

ROSSETTI, Dilce de Fátima. **Ambientes costeiros**. São Paulo: Oficina de Textos,

2008.

SEMURB. **Natal ambiental**. Natal, p. 34, 2010a. Disponível em: <<http://www.natal.rn.gov.br/semurb/paginas/ctd97.html>>. Acessado em 20 novembro de 2017.

SETUR. **Planejamento Estratégico e Marketing para o Turismo do RN – Relatório do Plano de Investimento**. Solimar International e Green Team Global, 2017.

SEVERO, Ricardo Flores. **Análise da Estabilidade das Falésias entre Tibau do Sul e Pipa – RN**. 2005. Dissertação (mestrado em Engenharia Sanitária) – UFRN, Natal.

SILVA, Marco. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. 2003.

SILVA, Flávia Janiny Oliveira da; GUERRA, Diogo Moreira Gurgel; BOSAK, Pedro Henrique; SCUDELARI, Ada Cristina. **Avaliação preliminar dos impactos ambientais ocasionados pela elevação do nível médio do mar na praia de Ponta Negra em Natal RN**. XV SILUBESA, 2012.

SILVA, William de Souza. **Estudo da Dinâmica Superficial e Geotécnico das Falésias do Município de Tibau do Sul – Litoral Oriental do RN**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – UFRN, Natal. 2003.

SILVESTER, Richard; **Coastal Engineering**. Elsevier Publ. Co., v.2, p. 338, 1974.

SOARES, Ilton Araújo; MEDEIROS, Carla Stefanea Cabral; SALES FILHO, Antônio. **Análise de paisagens turísticas da Praia de Ponta Negra (Natal/RN) com a utilização de indicadores de qualidade visual: Uma contribuição para o turismo sustentável**. Holos, ISSN 1807 – 1600.

SOUZA JUNIOR, Carlos de. **Análise da Estabilidade de Falésias na Zona Costeira de Baía Formosa/RN**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, p. 141. 2013.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia; SUGUIO, Kenitiro; OLIVEIRA, Paulo Eduardo; OLIVEIRA, Antônio Manoel dos Santos. **Quaternário do Brasil**. Capítulo 7 - Praias Arenosas e Erosão Costeira. São Paulo, 2005.

SOUZA RIBEIRO, Raphael; BONETTI, Jarbas; DA FONTOURA KLEIN, Antônio Henrique. **Caracterização Morfológica e Hidrodinâmica de Praias do Estado de Santa Catarina com Vista à Avaliação de Perigo ao Banhista**. Geosul, Edição 60, p. 49-68, 2015.

SILVA, Rafael Victor de Melo. **Sensoriamento remoto e análise de conteúdo no estudo da ocupação humana, dados de precipitação e morfodinâmica costeira na praia de Ponta Negra, Natal/RN**. 2017. 151f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SPROVIERI, Felipe Caetano; FONTOURA, José Antônio Scotti. **Modelagem Numérica do Potencial Hidrodinâmico e do Transporte de Sedimentos na Praia do Cassino e no Entorno dos Molhes da Barra de Rio Grande (RS), Utilizando o Modelo SMC**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.17, n.3, p. 187-195, 2012.

TAQUEZ, David Esteban Diaz. **Susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa e avaliação da estabilidade de falésias sob condição não saturada: Estudo de caso no Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno - Brasil**. 2017. 216f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

TESSLER, Moysés Gonzalez; GOYA, Samara Cazzoli (2005). **Processos costeiros condicionantes do Litoral Brasileiro**. Revista do Departamento de Geografia, n. 17, p. 11-23, 2005.

USACE - US Army Corps of Engineers. **Shore Protection Manual**. Coastal Engineering Research Center, 1984.

VITAL, Helenice. Erosão e progradação no litoral do Rio Grande do Norte. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p.159-176, 2005.