



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**  
**CURSO ENGENHARIA CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**DANILO CARLOS REGIS BEZERRA DE SOUZA**

**A UTILIZAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS NA PROTEÇÃO DE ZONAS COSTEIRAS,  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS ÚLTIMOS QUINZE ANOS**

**JOÃO PESSOA**  
**2025**

DANILO CARLOS REGIS BEZERRA DE SOUZA

**A UTILIZAÇÃO DE GEOSINTÉTICOS NA PROTEÇÃO DE ZONAS COSTEIRAS,  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS ÚLTIMOS QUINZE ANOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof.(a), Dr.(a) Aline Flavia Nunes Remigio Antunes.

JOÃO PESSOA

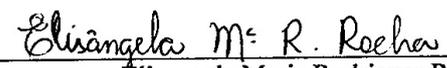
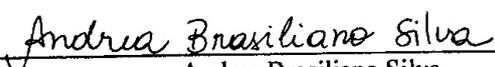
2025

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

**DANILO CARLOS REGIS BEZERRA DE SOUZA**

**A UTILIZAÇÃO DE GEOSSINTÉTICOS NA PROTEÇÃO DE ZONAS COSTEIRAS**

Trabalho de Conclusão de Curso em 02/05/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

 Aline Flavia Nunes Romigio Antunes Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 Elisângela Maria Rodrigues Rocha Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>
 Andrea Brasiliano Silva Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB	<u>APROVADO</u>

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S729u Souza, Danilo Carlos Regis Bezerra de.

A utilização de geossintéticos na proteção de zonas costeiras, uma revisão bibliográfica dos últimos quinze anos / Danilo Carlos Regis Bezerra de Souza. - João Pessoa, 2025.

53 f. : il.

Orientação: Aline Flavia Nunes Remigio Antunes.  
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Erosão. 2. Zona costeira. 3. Geossintético. I. Antunes, Aline Flavia Nunes Remigio. II. Título.

UFPB/CT/BSCT

CDU 624(043.2)

## RESUMO

As zonas costeiras são áreas de interação entre terra e mar, com crescente ocupação urbana e riscos de erosão. A erosão degrada o solo por ação de agentes naturais e antrópicas, exigindo estratégias para mitigação. Entre as soluções, destacam-se os geossintéticos, materiais poliméricos que melhoram a estabilidade do solo e das estruturas costeiras. O objetivo geral é: investigar como a aplicação dos materiais geossintéticos pode melhorar as condições da proteção das zonas costeiras contra o processo erosivo. A metodologia adotada para este trabalho, foi uma pesquisa exploratória, com abordagem qualitativa, realizada por meio de revisão bibliográfica. Como resultado, as zonas costeiras possuem uma dinâmica complexa, influenciada pela urbanização e erosão. Os geossintéticos surgem como solução eficaz, oferecendo resistência ao solo e substituindo materiais convencionais. O estudo analisou seu impacto, destacando sua aplicação predominante em áreas turísticas e pesqueiras. Os geossintéticos reduzem a erosão e o impacto ambiental, mas a viabilidade econômica ainda requer mais pesquisas. Suas vantagens técnicas e operacionais são evidentes, tornando-os promissores para o desenvolvimento tecnológico e a proteção costeira sustentável.

**Palavras chave:** Erosão. Geossintético. Zona Costeira.

## **ABSTRACT**

Coastal zones are areas of interaction between land and sea, with increasing urban occupation and erosion risks. Erosion degrades soil due to the action of natural and anthropogenic agents, requiring mitigation strategies. Among the solutions, geosynthetics, polymeric materials that improve the stability of soil and coastal structures, stand out. The general objective is to investigate how the application of geosynthetic materials can improve the conditions for protecting coastal zones against erosion. The methodology adopted for this work was exploratory research, with a qualitative approach, carried out through a bibliographic review. As a result, coastal areas have complex dynamics, influenced by urbanization and erosion. Geosynthetics emerge as an effective solution, offering soil resistance and replacing conventional materials. The study analyzed their impact, highlighting their predominant application in tourist and fishing areas. Geosynthetics reduce erosion and environmental impact, but their economic viability still requires further research. Their technical and operational advantages are evident, making them promising for technological development and sustainable coastal protection.

**Keywords:** Erosion. Geosynthetics. Coastal Zone.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Caracterização física e geomorfológica das praias no geral.....	15
Figura 2 – Esquema geral do transporte de sedimentos em zonas costeiras .....	16
Figura 3 – Representação geral da modificação da estrutura de uma zona costeira em função da ação de fenômenos erosivos .....	18
Figura 4 – Exemplificação ilustrativa do fenômeno de erosão em estruturas construídas em ZC .....	20
Figura 5 – Principais aplicações dos materiais geossintéticos, sendo (a) drenagem, (b) filtragem, (c) proteção, (d) reforço, (e) separação, (f) controle de erosão e (g) barreira de fluidos .....	25
Figura 6 – Aplicação de geossintético para a função de drenagem.....	26
Figura 7 – Aplicação de geossintético para a função de filtragem .....	27
Figura 8 - Aplicação de geossintético para a função de proteção onde (a) é a de impermeabilização de um muro de contenção em concreto armado e (b) é proteção contra oxidação em uma tubulação que se encontra enterrada .....	28
Figura 9 - Aplicação de geossintético para a função de reforço .....	29
Figura 10 – Aplicação de geossintético para a função de separação .....	30
Figura 11 – Aplicação dos geossintéticos para a função de controle de erosão .....	30
Figura 12 – Aplicação dos geossintéticos para a função de controle de erosão .....	31
Figura 13 – Estruturação esquemática da classificação dos materiais geossintéticos de acordo com a sua estrutura .....	32
Figura 14 – Fluxograma metodológico com as etapas para a realização da pesquisa proposta quanto aos geossintéticos na proteção de zonas costeiras .....	36
Figura 15 – Locais mais visados para a utilização dos materiais geossintéticos segundo o estudo de Nogueira (2018) .....	38
Figura 16 – Resultados do estudo realizado por Carvalho (2016) .....	39
Figura 17 – Modelagem física do estudo conduzido por Dinis (2016) .....	40
Figura 18 – Cilindro de material geossintético resultado do estudo de Oliveira (2016) .....	41
Figura 19 – Modelo construído para o estudo de Alves (2011) <b>Erro! Indicador não definido.</b>	

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais tipologias e ações dos fenômenos erosivos .....	20
Quadro 2 – Principais sistemas de materiais geossintéticos para aplicações em Zonas Costeiras (continua) .....	33
Quadro 2 – Principais sistemas de materiais geossintéticos para aplicações em Zonas Costeiras (continuação) .....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA .....	12
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO .....	12
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>14</b>
3.1 ZONAS COSTEIRAS.....	14
3.1.1 Considerações gerais.....	14
3.1.2 Erosão em zonas costeiras .....	17
3.1.3 Obras de proteção em zonas costeiras.....	21
3.2 GEOSSINTÉTICOS .....	23
3.2.1 Considerações gerais.....	23
3.2.2 Principais funções dos geossintéticos .....	25
3.2.3 Principais tipos de geossintéticos e aplicações na proteção de zonas costeiras .....	31
3.2.4 Propriedades dos materiais geossintéticos .....	34
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	44
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>45</b>
<b>ANEXO A – CAUSAS NATURAIS PARA A EROSÃO COSTEIRA</b> .....	<b>49</b>
<b>ANEXO B – CAUSAS ANTRÓPICAS DA EROSÃO COSTEIRA</b> .....	<b>50</b>
<b>ANEXO C – TIPOS DE OBRA EM ZONAS COSTEIRAS PARA PROTEÇÃO CONSIDERADO A CLASSIFICAÇÃO EM RÍGIDO E FLEXÍVEL E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS</b> .....	<b>51</b>
<b>ANEXO D – TIPOS DE OBRA EM ZONAS COSTEIRAS PARA PROTEÇÃO CONSIDERADO A CLASSIFICAÇÃO EM PARALELA E PERPENDICULAR À LINHA DA COSTA CONSIDERANDO AS SUAS VANTAGENS E LIMITAÇÕES</b> ...	<b>52</b>
<b>ANEXO E – DESCRIÇÃO E ILUSTRAÇÃO DOS TIPOS DE GEOSSINTÉTICOS</b> ..	<b>53</b>

<b>ANEXO F - PRINCIPAIS NORMAS APLICADAS AOS MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS PT 01.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO G - PRINCIPAIS NORMAS APLICADAS AOS MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS PT 02.....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

As Zonas Costeiras podem ser compreendidas como as faixas de interação entre diversos elementos havendo a terra e a água, com maior ênfase o mar, como os principais. Constituem-se em importantes elementos de análise, uma vez que, no decorrer dos últimos anos, observa-se um crescimento populacional expressivo em suas imediações, o que faz com que haja maior nível de ocupação e, conseqüentemente, de urbanização, afetando a dinâmica presente no sistema destes zoneamentos (Carvalho, 2016).

Com isto, uma das dinâmicas de maior preocupação é, precisamente, a propagação dos processos erosivos. De uma maneira geral a erosão, de acordo com Araújo (2023) e Melo (2016), associa-se a um fenômeno onde há a degradação do solo e dos materiais que o compõe em um determinado espaço, havendo o deslocamento de sedimentos e perda de suas propriedades mecânicas, em decorrência da ação de mecanismos de transporte e esforços solicitantes, como: água, precipitação, ventos, correntes marítimas, e outros mais

Em virtude disto, de acordo com Carvalho (2016), torna-se de grande importância a implementação de estratégias inovadoras que permitam a mitigação dos riscos associados aos fenômenos erosivos em áreas costeiras, uma vez que as conseqüências, tanto de natureza ambiental quanto patrimonial e social podem ser incalculáveis. Para isto, então, tem-se as estruturas de proteção costeira, ou obras, que visam garantir, entre outras questões, a diminuição do avanço do processo erosivo.

Segundo Palma (2016), as estruturas de proteção costeira podem ser de natureza rígida ou flexível, e serem construídas ao longo da linha longitudinal da zona costeira ou transversalmente a esta. No entanto, apesar desta variedade, Camara (2023) destaca que nenhuma apresenta a capacidade de eliminar, de modo definitivo o risco de erosão.

Por conseguinte, a utilização de recursos inovadores para a melhoria da capacidade do solo das zonas costeiras, bem como da otimização das estruturas de proteção se faz essencial. Com isto, de acordo com Silva (2022), insere-se neste âmbito os materiais conhecidos como geossintéticos, que podem ser entendidos como estruturas poliméricas, tanto naturais quanto sintéticas, que apresentam variadas

funções e tipologias de aplicação em empreendimentos da engenharia e construção civil.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este estudo apresenta, por finalidade, a discussão da importância e principais características dos materiais geossintéticos e sua possível aplicação nas obras de proteção de zonas costeiras. Sendo assim, o primeiro fator de grande importância que justifica a realização da investigação é a possibilidade de contribuição acadêmica para os acervos disponíveis, enriquecendo, bastante, o conhecimento disponível sobre o assunto em questão. Ademais, pode-se facilitar o processo de tomada de decisão de pessoas interessadas, bem como dar continuidade a estudos neste segmento do saber, e, ainda, facilitar que outras pessoas também o façam.

## 1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente documento é estruturado da seguinte forma:

O **Capítulo 1** referiu-se a toda a parte introdutória, abrangendo a contextualização, o problema de pesquisa e a justificativa.

O **Capítulo 2:** consiste na explanação dos objetivos, tanto o geral quanto os específicos.

O **Capítulo 3** refere-se à revisão de literatura, incluindo as principais características das zonas costeiras e dos processos erosivos, bem como dos geossintéticos, suas tipologias, funções e outras informações relevantes.

O **Capítulo 4** refere-se à metodologia utilizada no trabalho.

O **Capítulo 5** apresenta os resultados encontrados na pesquisa.

O **Capítulo 6** descreve as considerações finais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Investigar por meio da revisão bibliográfica dos últimos 10 anos, como a aplicação dos materiais geossintéticos pode melhorar as condições da proteção das zonas costeiras contra o processo erosivo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Discorrer sobre as principais características das zonas costeiras incluindo as principais considerações, o processo erosivo e as obras de proteção.
- b) Analisar as principais características dos materiais geossintéticos, incluindo suas considerações gerais, tipologias, normas aplicáveis e funções.

### **3 REVISÃO DE LITERATURA**

O presente capítulo apresenta a revisão dos principais conteúdos utilizados para a compreensão do tema proposto. Sendo assim, se divide em duas grandes seções, uma para abordar as zonas costeiras e outra para os materiais geossintéticos. Na primeira há a caracterização das considerações gerais, a dinâmica dos processos erosivos e outras informações relevantes. Já na segunda observa-se uma análise geral dos materiais, suas principais aplicações funções, bem como outros dados importantes para o estudo em questão.

#### **3.1 ZONAS COSTEIRAS**

##### **3.1.1 Considerações gerais**

Uma Zona Costeira (ZC), segundo é destacado por Araújo (2023), refere-se ao espaço onde ocorre a interação entre os seguintes elementos: ar, terra e o mar. Com isto, então, tem-se que a ZC é uma área que recebe bastante influência do continente, bem como das águas em função da ocorrência de ondas, marés e ventanias. Em virtude disto, tem-se que a dinâmica que o ocorre neste cenário é comumente associada para com as atividades humanas em concomitância com as intempéries naturais.

Por conseguinte, ainda de acordo com Araújo (2023), entende-se que as zonas costeiras são regiões dicotômicas em sua própria essência, uma vez que são áreas de grande importância para a qualidade de vida da humanidade, exercendo vasta influência sobre; e, por outro lado, a existência da sociedade e do ser humano influenciam nas dinâmicas que existem, de maneira que há a imposição de grandes riscos, vulnerabilidades, e outras considerações mais.

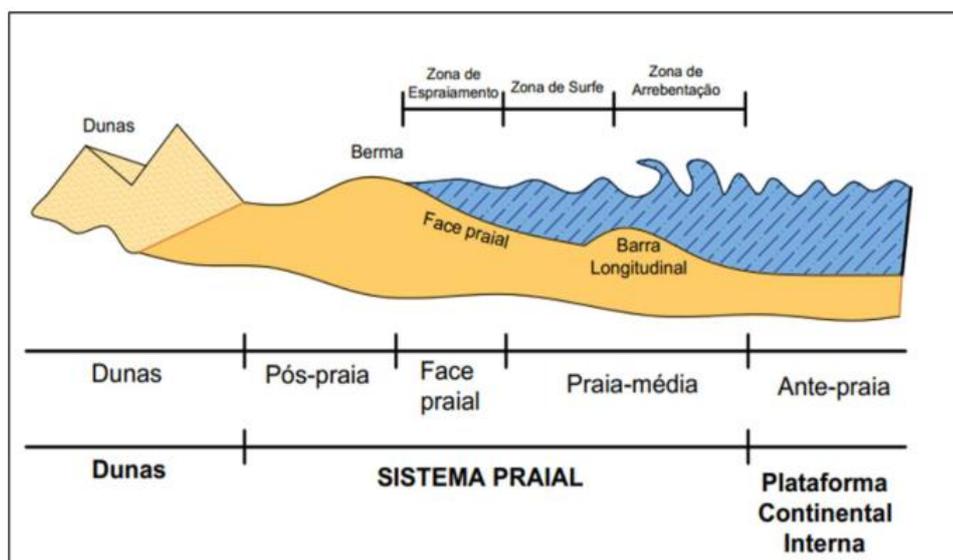
De acordo com Camara (2023), no âmbito das Zonas Costeiras, ressaltam-se as Zonas de Arrebentação (ZA) como sendo o espaço de mais elevado interesse no que é referente à estabilidade e evolução das ZC. Isso se deve em função do fato de nestes locais haver o impacto das ondas, o que implica em uma elevada suspensão de sedimentos, de maneira que há uma susceptibilidade de haver o transporte destes pelas correntes e fluxo que são existentes nas águas.

Quanto a isso, Araújo (2023) esclarece que a zona costeira, e a de arrebentação, conseqüentemente, são locais que são bastante afetados pelas

atividades humanas, implicando em uma série de problemáticas tanto no que se refere ao aspecto do meio-ambiente, quanto da transformação das condições ecológicas gerando redução na qualidade de vida da própria população. Isso deve-se em decorrência da falta de gestão e recursos técnicos devidamente aplicados nos projetos que são implementados nestes zoneamentos.

Em vista disto, para fins de maior conhecimento quanto aos zoneamentos destacados, a Figura 1 mostra o detalhamento geral, segundo é exposto por Camara (2023).

Figura 1 – Caracterização física e geomorfológica das praias no geral



Fonte: Camara (2023)

No que se refere à Figura 1, pode-se destacar, segundo Camara (2023), que a partir da Zona de Arrebentação há o aumento da profundidade ao longo de um determinado perfil, o que implica em uma descendência incrementada. Já no que se refere à zona de surfe, está uma seção intermediária entre a de espraimento e a de arrebentação, onde há o transporte longitudinal dos sedimentos que são deslocados pelas correntes, tanto as de retorno quanto outras mais.

Ademais, pode-se compreender que a zona de espraimento é a seção na qual ocorre a dissipação da energia que é proveniente das ondas. Por conseguinte, tem-se que a face praial, que também é denominada de zona de estirâncio, é onde ocorre o fluxo e refluxo das ondas. Com isto, tem-se que a limitação superior desta última parte é a berma, que consiste em um aglomerado de sedimentos, conhecidos

como bancos, que, usualmente, acaba por fornecer proteção à linha da costa da ação das ondas, entre outras finalidades mais (Camara, 2023).

Sendo assim, segundo Souza (2023), tem-se que a dinâmica destas regiões apresenta um elevado grau de dinamicidade e complexidade. Em vista disto, então, considerando-se que isto ocorre em função do deslocamento dos sedimentos, e que as ondas são a causa disto, tem-se a Figura 2 com a representação da dinâmica em questão.

Figura 2 – Esquema geral do transporte de sedimentos em zonas costeiras



Fonte: Vasconcelos (2024)

A Figura 2 mostra, de acordo com o exposto por Vasconcelos (2024), a dinâmica geral do transporte de sedimentos em zonas praianas. Sendo assim, observa-se que as ondas atuam no deslocamento destes, com uma maior intensidade em águas que apresentam uma menor profundidade. Ademais, isso também é potencialidade quando ocorre alguma perturbação que gera instabilidade no fluxo da água, de modo que ocorre a arrebenção na zona de surfe.

Além disto, Vasconcelos (2024) também esclarece que, mesmo em uma intensidade reduzida, há o transporte e remobilização de sedimentos antes da ocorrência deste fenômeno. Isso deve-se ao fato de que após as Zonas de Arrebenção as ondas atuam na face da praia, onde há o início de um outro fenômeno que é conhecido como espraio, ou *swash*, e, posteriormente, ocorre o recuo da água, que é o refluxo, ou *backwash*. Conseqüentemente, este processo se destaca como sendo um grande agente no transporte de sedimentos nas zonas costeiras, o

que o caracteriza como o principal fator para as dinamicidades de transformação da costa como um todo.

Com isso, segundo Magar (2020), os processos de transporte de sedimentos em ambientes costeiros são altamente influenciados pela ação combinada das ondas, marés e topografia submarina, sendo responsáveis pela formação e modificação contínua de depósitos arenosos ao longo da costa.. De igual modo, os autores destacam que mediante o acúmulo e retenção dos sedimentos pode haver o desencadeamento de erosões, resultando em problemas para as construções que são erigidas nas proximidades.

Para, Souza (2023) destaca que o perfil de dinamismo das Zonas Costeiras é o principal causador do fenômeno das erosões. Vasconcelos (2024) complementa essa informação, destacando que em virtude do fenômeno que foi supramencionado há a ação de formações de forças erosivas e deposicionais, o que modifica o perfil geral das ZC.

Segundo é destacado por Sousa (2021), tem-se que as Zonas Costeiras encontram-se sujeitas a diversos esforços solicitantes e processos de transformação ao longo de sua própria formação, de modo que a sua estabilidade é um fator diretamente dependente das forças atuante que são diretamente conectadas com o fenômeno de deslocamento e deposição dos sedimentos. Outrossim, o autor destaca que este equilíbrio nem sempre é possível, em decorrência das diversas intervenções em zoneamentos costeiros que são realizados nos dias da contemporaneidade.

É, então, neste âmbito em que, de acordo com Nogueira (2018), destacam-se os recursos técnicos e tecnológicos da Engenharia Civil (EC), abarcando os seguintes conhecimentos: ciências oceanógrafas, meteorologia, mecânica dos fluidos, mecânica dos solos, inovação tecnológica e desenvolvimento de produtos, dentre outras mais. Isso visa o projeto e a construção de obras de engenharia que são implementadas nas regiões costeiras, tanto para a segurança operacional, quanto para outras finalidades mais.

### **3.1.2 Erosão em zonas costeiras**

A erosão é um fenômeno de bastante complexidade de se analisar, A origem do termo remonta a uma ideia que significa a ação de corroer, de modo que se associa esta ocorrência à degradação progressiva do solo e do material que o compõe, como

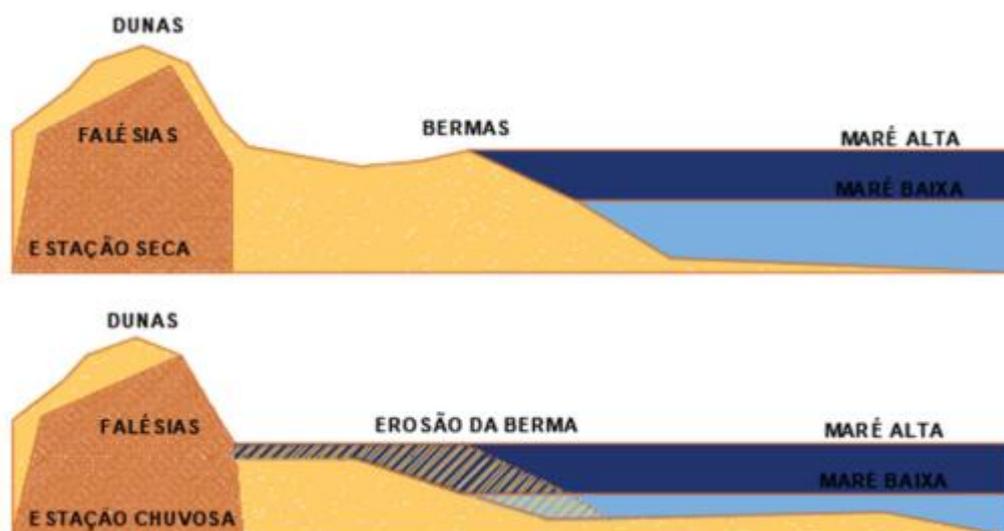
rochas. Sendo assim, em geral associa-se à erosão ações de natureza química, mecânica, biológica ou outras mais, em geral associadas aos mecanismos de transporte e esforços solicitantes, como: água, precipitação, ventos, correntes marítimas, e outros mais (Araújo, 2023; Melo, 2016).

Complementando as informações supracitadas por Araújo (2023) e Melo (2016), segundo é exposto por Vasconcelos (2024), em uma perspectiva de natureza global as zonas costeiras, como um todo, têm um montante de apenas 48% estáveis, enquanto observa-se que cerca de 28% encontram-se em fase de expansão na direção do oceano, e, aproximadamente, 24% encontram-se no processo antagônico; ou seja, em ação de recuo.

Em vista disto, compreende-se, segundo destacado por Araújo (2023), que os processos de natureza erosiva são fenômenos de ocorrência frequente, e que transformam o solo mediante uma alteração dinâmica em virtude de suas propriedades e distribuição dos sedimentos no decorrer do espaço da zona costeira considerada. Por conseguinte, o autor ainda ressalta que a utilização de recursos técnicos que garantam a estabilidade do solo é bastante essencial neste tipo de localidade.

Por conseguinte, no que tange, de modo geral, à modificação do perfil de uma zona costeira em função das intempéries, pode-se observar a Figura 3, segundo destacado por Camara (2023).

Figura 3 – Representação geral da modificação da estrutura de uma zona costeira em função da ação de fenômenos erosivos



Fonte: Camara (2023)

No que se refere à Figura 3, esta destaca a modificação geral do perfil de uma zona costeira em função do fenômeno da erosão, conforme é exposto por Camara (2023). Com isto, o autor ressalta que, em geral, essa modificação ocorre em virtude da ação de efeitos transversais e longitudinais ao longo da costa, bem como a implicação dos fenômenos temporais e de transformação do espaço, além das causas das perturbações no meio em virtude de diversos fatores que são associados com a capacidade de suporte do solo, deslocamento de sedimentos, e outras questões mais.

Diante disto, é destacado por Medeiros (2017) que se pode classificar os diversos mecanismos que implicam em uma erosão em naturais e antrópicos, sendo o primeiro as causas derivadas, em geral, do ambiente e suas propriedades e fenômenos, e o segundo às intervenções do ser humano. Com isto, pode-se observar o detalhamento destas causas nos Anexos A e B, respectivamente para as tipologias enunciadas.

Segundo é destacado por Dinis (2016), tem-se que as estruturas que são erigidas em um ambiente de uma zona costeira encontram-se sujeitos a condições de bastante complexidade, em vista de fatores como o escoamento oscilatório; a conjugação dos fenômenos de espraiamento, rebentação, refluxo e outros; bem como a própria dimensão das estruturas, que implicam na magnitude dos desgastes sofridos pelo solo nas proximidades e imediações.

Sendo assim, para fins de maior conhecimento quanto a isto, de acordo com Nogueira (2018), tem-se na Figura 4 a ilustração de um processo erosivo em uma Zona Costeira.

Figura 4 – Exemplificação ilustrativa do fenômeno de erosão em estruturas construídas em ZC



Fonte: Nogueira (2018)

No que tange à Figura 4, de acordo com o entendimento de Nogueira (2018), tem-se que os diversos fenômenos erosivos que ocorrem ao longo da linha da costa afetam todas as estruturações e formações rochosas, bem como as falésias, e outras mais. Sendo assim, o autor destaca que um dos fatores que mais implica no aumento da probabilidade de ocorrência deste fenômeno é, precisamente, o alto nível de urbanização.

Dessa forma, de acordo com Arasaki e Alfredini (2009), tem-se no Quadro 1 as principais tipologias de erosão.

Quadro 1 - Principais tipologias e ações dos fenômenos erosivos

<b>PRINCIPAIS TIPOLOGIAS E AÇÕES DOS FENOMENOS EROSIVOS</b>	
<b>TIPO</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO</b>
Rastejo	O rastejo é um fenômeno de erosão onde há um movimento em velocidade pouco expressiva, porém de modo continuado do solo e do material rochoso que o compõe.
Deslizamento	Consiste em um fenômeno de erosão de rápido acontecimento, sendo também conhecido como desprendimento, e que se caracteriza por uma porção de solo desprender-se do talude.

Escorregamento superficial	É o fenômeno de erosão também denominado de ruptura, sendo caracterizado pelo deslocamento de solo próximo ao pé do talude.
Escorregamento profundo	É o fenômeno de natureza similar ao anterior, porém com ocorrência distante do pé do talude.

Fonte: Adaptado de Arasaki e Alfredini (2009)

No que tange, então, às informações destacadas no Quadro 1, Sousa (2021) esclarece que, em virtude da intensificação do processo de urbanização das zonas costeiras ocorrida no Brasil, nos anos da década de 1970, passou-se a considerar o fenômeno da erosão como objeto de grande relevância de estudo, de modo a desenvolver tecnologias e recursos que facilitem a mitigação do fenômeno, principalmente em decorrência do elevado impacto socioeconômico associado.

### 3.1.3 Obras de proteção em zonas costeiras

O processo de erosão, conforme anteriormente mencionado, apresenta uma série de riscos para as construções presentes nas proximidades das zonas costeiras, bem como outras questões de cunho social, ambiental e econômico. Sendo assim, torna-se de grande importância a implementação de estratégias de natureza antrópica para assegurar que haja a continuidade das atividades associadas à localidade, de maneira que se empregam as Obras de Proteção de Zonas Costeiras (OPZC). Sendo assim, sua principal finalidade é: salvaguardar as construções erigidas contra a ação das ondas e da ação da erosão; proteger e recuperar as infraestruturas do local (Nascimento e Lima, 2010).

Neste sentido, então, insere-se neste âmbito as estruturas de defesa, que, de acordo com Medeiros (2017, pg. 13) são:

Uma estrutura de defesa costeira pode ser definida como sendo toda e qualquer intervenção realizada pelo Homem, em meio costeiro ou marinho, tendo em vista a proteção ou recuperação de sistemas naturais (dunas, praias, zonas úmidas) ou a proteção de construções (edifícios, infraestruturas). [...] Estão, na sua maioria, relacionadas com territórios onde o Homem se encontra presente, em particular a primeira linha de costa de cidades com elevada densidade populacional, áreas portuárias e embocaduras de rios que estejam ameaçadas pelo desenvolvimento natural dos processos costeiros.

No que se refere às ideias destacadas pelo autor supracitado, entende-se que as obras que são realizadas com a finalidade discriminada visam promover a segurança operacional das urbes e seus sistemas, de maneira a prevenir o avanço do mar, a sedimentação, e a diminuição da ocorrência do fenômeno de erosão. Quanto a isso, Brusamolin Júnior et al. (2025) destacam que as obras de proteção costeira, como molhes e alargamentos de praia, são intervenções estruturais voltadas à mitigação da erosão litorânea e à promoção da estabilidade da linha de costa, sendo necessário avaliar também os impactos ambientais decorrentes dessas ações.

Em virtude disto, de acordo com Palma (2016) existem critérios de classificação destes projetos, havendo, essencialmente, considerações quanto à sua natureza em rígida e flexível, bem como à posição, sendo paralela ou transversal. Diante disto, as principais características, vantagens e desvantagens, bem como aplicações, são visualizadas nos Anexos C e D, ainda de acordo com o autor considerado.

No entanto, apesar da grande importância preconizada para as obras de proteção, bem como as tipologias destacadas, segundo é afirmado por Camara (2023) e Nogueira (2018), nenhum dos projetos em questão apresenta a capacidade de eliminar por completo os problemas relacionados ao solo nas zonas costeiras, atuando apenas como elementos de mitigação, e, conseqüentemente, demandando por manutenção constante.

Conseqüentemente, de acordo com o entendimento de Vasconcelos (2024), é essencial que as soluções de engenharia para esse tipo de desafio estejam focadas em abarcar, de modo concomitante, tanto a proteção das edificações quanto as questões ambientais associadas. Sendo assim, Silva (2022) assegura que neste cenário inserem-se os materiais conhecidos como Geossintéticos, sendo considerados como medidas de natureza inovadora na construção civil para atuação no controle da erosão e outras questões mais relacionadas ao solo em Zonas Costeiras.

## 3.2 GEOSSINTÉTICOS

### 3.2.1 Considerações gerais

No âmbito dos projetos de engenharia que são associados com os conceitos de mecânica dos solos, segundo expõe Vertematti et.al (2015), é comum a busca por locais operacionais de maior qualidade; ou seja, que apresentem condições adequadas de resistência, deformação e outras propriedades mais. No entanto, com o avanço da urbanização e as explosões demográficas, tem-se percebido a necessidade de trabalhar em sítios que apresentam grande potencial de erodibilidade, variação de permeabilidade, e outras características mais, como é o caso das Zonas Costeiras.

Por conseguinte, segundo é destacado por Oliveira (2016), o principal fenômeno que ameaça as construções nas Zonas Costeiras é a erosão, que ocorrem com cada vez mais frequência em decorrência das variações demográficas acima mencionadas. Com isto, há uma intensificação das situações de vulnerabilidade e exposição a riscos. Dessa forma, a busca por soluções de engenharia para o combate aos prejuízos e desafios impostos por estas circunstâncias tem sido objeto de intensa sistematização ao longo do tempo.

Dessa forma, é destacado por Palma (2016) que as soluções de natureza geotécnica e engenharia civil atuem, de maneira conjunta, para assegurar a máxima redução dos efeitos danosos dos processos erosivos, bem como o controle do avanço do fenômeno propriamente dito. Com isto, usualmente tem sido construídas obras de segurança e proteção, conforme anteriormente discutido, porém os materiais convencionais, empregados em grande escala, tem sido um desafio técnico e ambiental. Dessa forma, o autor destaca que a utilização dos Geossintéticos (GST) tem progredido bastante para a otimização de variados projetos em zoneamentos costeiros.

Nesse panorama, é destacado por Ferreira (2010), que a utilização de geossintéticos iniciou-se por volta do ano de 1926 nos Estados Unidos da América, onde a finalidade consistiu em haver o reforço do solo em algumas obras de pavimentação. Com o passar do tempo isto foi progredindo, de modo que, neste âmbito, como é exposto por Dinis (2016), a primeira aplicação dos materiais geossintéticos em estruturas de proteção para zonas costeiras foi efetuada por volta de 1950, em obras de natureza temporária. Isso se deu mediante a agilidade para se

executar o projeto da construção, bem como a possibilidade de reversão em função dos materiais convencionais, além do menor impacto na paisagem dos zoneamentos em questão.

Sendo assim, é descrito por Fonseca (2017), que a utilização dos materiais geossintéticos como reforço do solo consiste na inserção de elementos que apresentam a capacidade de conferir propriedades mais adequadas às condições necessárias, em geral no que tange à resistência aos esforços solicitantes de tração. Estes materiais apresentam grande aplicabilidade nos mais variados projetos, sendo de natureza inovadora e, ainda, com um menor impacto ecológico em relação a outras possibilidades construtivas.

Em vista disto, Alves (2012) afirma que, segundo a Sociedade Internacional de Geossintéticos (SIG), estes materiais podem ser compreendidos como um material de natureza polimérica, tanto em se tratando de polímeros naturais quanto sintéticos, que é empregado em conjunção para com outros elementos, sendo estes de origem natural, com uma maior ênfase para aplicações geotécnicas em projetos de construção civil.

Diante disto, então, delineado por Luma (2022), estes materiais tem sido amplamente difundidos ao longo dos anos, principalmente para aplicações como elementos de reforço para assegurar a estabilidade de taludes, obras de contenção, e outras mais. Sendo assim, Oliveira (2011) destaca que isso deve-se em função da progressão técnica dos materiais geossintéticos em decorrência da evolução tecnológica e otimização de técnicas construtivas.

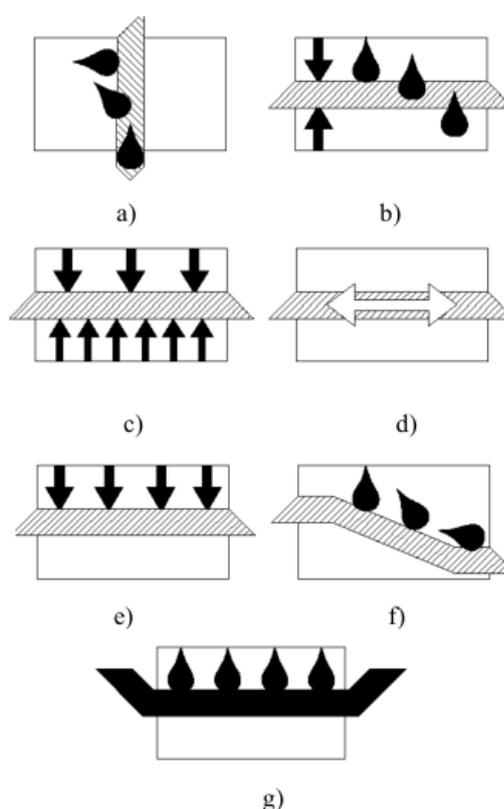
Em vista disto, como é discutido por Escórcio (2016) e Alves (2012), os geossintéticos passaram a ser amplamente utilizados em decorrência das seguintes vantagens:

- a) Facilidade de instalação;
- b) Simplificação do projeto e dimensionamento;
- c) Manipulação das propriedades mecânicas dos solos;
- d) Custos acessíveis;
- e) Versatilidade.

### 3.2.2 Principais funções dos geossintéticos

No que se refere às principais aplicações e funções dos materiais geossintéticos, segundo Santos (2011), estas vão além do reforço das propriedades mecânicas dos solos, de maneira que há uma considerável adaptabilidade e versatilidade para estes elementos. Por conseguinte, tem-se na Figura 5 a esquematização das principais funções e aplicações.

Figura 5 – Principais aplicações dos materiais geossintéticos, sendo (a) drenagem, (b) filtragem, (c) proteção, (d) reforço, (e) separação, (f) controle de erosão e (g) barreira de fluidos



Fonte: Adaptado de Santos (2011)

Conforme pode ser observado na Figura 5, de acordo com Oliveira (2016), tem-se que os materiais geossintéticos apresentam aplicabilidade para as seguintes funções: drenagem, filtragem, proteção, reforço, separação, controle de erosão e barreira de fluidos. Com isto, o autor destaca que em função desta ampla gama de possíveis utilizações os geossintéticos apresentam, cada vez mais, relevância nos projetos da construção civil.

### 3.2.2.1 Drenagem

A drenagem, de acordo com Gomes (2023), no que tange à aplicação dos geossintéticos, refere-se à capacidade de recolhimento e transporte de fluidos. Sendo assim, o material deve apresentar aberturas que permitam o deslocamento do líquido, sem, entretanto, permitir a passagem de partículas sólidas. Sendo assim, em complemento a essa informação, Silva (2010) esclarece que esta aplicação visa, principalmente, assegurar o equilíbrio da relação entre a água e o solo, de modo a haver um alívio nas tensões impostas pela sua presença. Ademais, é possível haver a aplicação tanto horizontal quanto vertical, segundo as necessidades de cada projeto a ser realizado.

Por fim, tem-se na Figura 6 uma exemplificação desta aplicação, de acordo com Vieira (2014).

Figura 6 – Aplicação de geossintético para a função de drenagem



Fonte: Vieira (2014)

### 3.2.2.2 Filtragem

Na aplicação em questão o material geossintético apresenta função similar a de um filtro, de modo a permitir o escoamento da água através do solo, bem como garantir a retenção de particulados sólidos. Neste sentido, tem-se que os GST tem sido amplamente empregados nesta aplicação, em vista de seu baixo custo, desempenho elevado e facilidade de implementação (Silva, 2010; Vieira, 2014).

Sendo assim, tem-se na Figura 7 um exemplo de aplicação em filtragem.

Figura 7 – Aplicação de geossintético para a função de filtragem



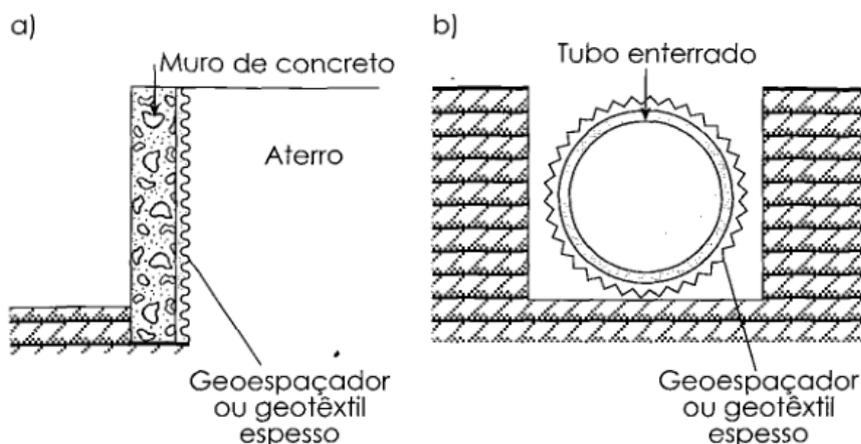
Fonte: Guimarães (2015)

### 3.2.2.3 Proteção

Na aplicação de proteção, segundo é destacado por Violante (2016), os materiais geossintéticos são empregados para mitigar, ou até mesmo eliminar, a ocorrência de danos a um determinado elemento. Sendo assim, o GST é colocado comumente entre dois corpos, de modo a distribuir adequadamente os esforços solicitantes entre os mesmos, de maneira que se categoriza como uma proteção interfacial.

Neste sentido, de acordo com Vertematti et.al (2015), as propriedades mais relevantes para os geossintéticos que são utilizados nesta aplicação são: resistência aos esforços de puncionamento, resistência aos esforços de tração, resistência à abrasão e desgaste, resistência aos esforços de compressão, resistência à variação volumétrica, atrito interfacial e permeabilidade. Outrossim, tem-se, então, na Figura 8 um exemplo de sua aplicação.

Figura 8 - Aplicação de geossintético para a função de proteção onde (a) é a de impermeabilização de um muro de contenção em concreto armado e (b) é proteção contra oxidação em uma tubulação que se encontra enterrada



Fonte: Vertematti et.al (2015)

### 3.2.2.4 Reforço

Os materiais geossintéticos, quando são aplicados para a função de reforço estrutural, apresentam por finalidade, segundo é destacado por Violante (2016), promover a melhoria e otimização das propriedades mecânicas dos solos por meio de suas próprias características e comportamento mediante esforços solicitantes. Em geral, ainda segundo o autor, considerando que os GST apresentam boa capacidade de resistência à tração, são empregados em solos que não apresentam essa propriedade.

Em complemento a essa informação, de acordo com Vieira (2014), tem-se que a utilização dos materiais geossintéticos para reforço permite a construção de aterros em solos que são considerados "moles", bem como a execução de obras de taludes com inclinações que não seriam consideradas possíveis mediante as características naturais do solo. Sendo assim, observa-se na Figura 9 a exemplificação deste tipo de aplicação.

Figura 9 - Aplicação de geossintético para a função de reforço



Fonte: Vieira (2014)

#### 3.2.2.5 Separação

No que se refere à função dos geossintéticos destinados à separação, segundo é destacado por Violante (2016) tem-se que há a finalidade de separar duas camadas distintas de solo, por meio da introdução de um elemento que serve de barreira flexível entre as duas superfícies que apresentam granulometria distinta entre si. Em vista disto, Vieira (2014) esclarece que a utilização dos GST nesta função visa assegurar que a integridade e propriedades mecânicas para ambos os tipos de solo sejam mantidas intactas, não se perdendo em decorrência da mistura dos componentes constituintes.

Por conseguinte, segundo é destacado por Vertematti et.al (2015), para um que material geossintético seja adequado para esta função é necessário que ele atenda aos critérios de boa capacidade de retenção e resistência aos esforços solicitantes diversos, de modo a haver uma vida útil mais longa. Sendo assim, tem-se na Figura 10 uma ilustração desta aplicação.

Figura 10 – Aplicação de geossintético para a função de separação de materiais com granulometrias diferentes



Fonte: Vieira (2014)

### 3.2.2.6 Controle de erosão

No que é concernente à função dos materiais geossintéticos para o controle de erosão, inicialmente apresenta-se a Figura 11.

Figura 11 – Aplicação dos geossintéticos para a função de controle de erosão



Fonte: Vieira (2014)

A Figura 11 apresenta a aplicação dos materiais geossintéticos para o controle de erosão, onde, segundo Violante (2016) sua finalidade deve-se ao fato de evitar, ou mesmo de impedir, a movimentação do solo, bem como dos particulados e dos sedimentos, de modo a prover a estabilidade do talude. Outrossim, Vieira (2014) destaca que sua aplicabilidade é relevante em zonas afetadas por intempéries diversas, principalmente em função da água. Ademais, Vertematti et.al (2015)

destacam que as propriedades de retenção e resistência ao escoamento são as mais importantes para os GST utilizados nesta função.

### 3.2.2.7 Barreira de fluidos

A função de barreira de fluidos para os materiais geossintéticos, de acordo com Vertematti et.al (2015) são de bastante importância para os variados empreendimentos da construção civil, uma vez que apresentam, em geral, por finalidade o impedimento da migração de umidade, ou mesmo de um líquido, de um ponto para o outro entre os materiais considerados. Ademais, Violante (2016) destaca a importância de os GST utilizados nesta função serem capazes de resistir não somente aos esforços do próprio solo, mas, também, aos impostos pelos fluidos atuantes.

Sendo assim, de acordo com Vieira (2014), tem-se na Figura 12 um exemplo de sua aplicação.

Figura 12 – Aplicação dos geossintéticos para a função de controle de erosão



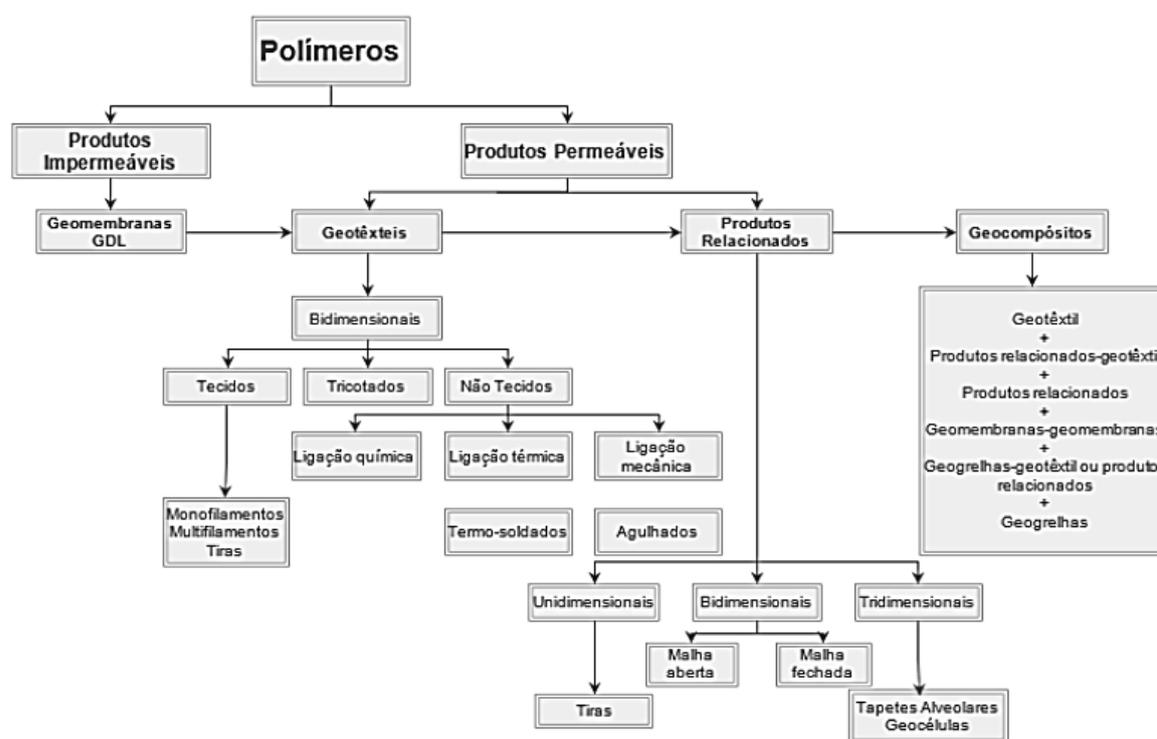
Fonte: Vieira (2014)

### 3.2.3 Principais tipos de geossintéticos e aplicações na proteção de zonas costeiras

No âmbito da construção e engenharia civil da contemporaneidade, segundo é destacado por Escórcio (2016), existem múltiplos, e distintos, tipos de materiais geossintéticos. Em virtude disto, então, torna-se de grande importância assegurar a correta classificação destes itens, de maneira que o autor destaca que isto é

usualmente realizado com base em seu processo de fabricação. Sendo assim, de acordo com Proença (2018), observa-se na Figura 13 o fluxograma detalhado da classificação destes materiais.

Figura 13 – Estruturação esquemática da classificação dos materiais geossintéticos de acordo com a sua estrutura



Fonte: Proença (2018)

A Figura 13 apresenta a classificação dos materiais geossintéticos. Com isto, de acordo com Oliveira (2016), pode-se ressaltar que as quatro principais categorizações são as geomembranas, os geotêxteis, os geocompósitos, e outros produtos correlacionados a estes. Em virtude disto, o autor destaca que há uma constante evolução tecnológica no que é concernente a estes elementos, com uma maior ênfase aos geotêxteis. Sendo assim, em se tratando disto, pode-se observar alguns destes materiais, o detalhamento e a ilustração no Anexo E, ainda de acordo com o autor em questão.

Já no que se refere à aplicação dos geossintéticos discriminados para o controle de erosão, de acordo com Melo (2016), tem-se que os mesmos podem ser de duas principais tipologias, a saber: temporários e permanentes. Com isto, Vertematti et.al (2015) ressaltam que os enquadrados no primeiro tipo são os que se degradam, tanto de modo parcial quanto total, promovendo o controle dos processos

erosivos e o desenvolvimento da vegetação; já os da segunda atuam de modo a reforçar o solo por meio de sistemas que são de natureza semiflexível articulados, ou, até mesmo, armados, sendo, no geral, aplicados quando há uma essencialidade imediatista para deter o processo de erosão.

Neste âmbito, no que tange às Zonas Costeiras, de acordo com Palma (2016), tem-se no Quadro 2 algumas das possíveis aplicações dos materiais geossintéticos.

Quadro 2 – Principais sistemas de materiais geossintéticos para aplicações em Zonas Costeiras

<b>PRINCIPAIS SISTEMAS DE MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS PARA APLICAÇÕES EM ZONAS COSTEIRAS</b>	
<b>SISTEMA</b>	<b>DETALHAMENTO</b>
Geocilindro	Os sistemas conhecidos como geocilindros são estruturas cuja a construção é executada no local da obra, onde há o preenchimento após, de maneira que os fatores limitantes são apenas os critérios de projeto. Dessa forma, estes compreendem grandes tubulações que são constituídas por um invólucro confeccionado em material geossintético de elevada resistência, enquanto seu interior é preenchido com sedimentos de natureza específica aos fatores considerados no empreendimento, ainda que o mais usual seja a areia.
Geocontentor	É uma estrutura que é utilizada, no geral, para aplicações submersas, de modo que a principal limitação é do dispositivo que irá realizar o seu transporte. Ademais, costuma ser empregado a uma profundidade de 5m, de modo que o material geossintético utilizado para a sua confecção deve ser capaz de resistir aos esforços solicitantes que advêm do local de instalação e do processo de preenchimento.

Fonte: Adaptado de Palma (2016)

Quadro 2 – Principais sistemas de materiais geossintéticos para aplicações em Zonas Costeiras  
(continua)

<b>PRINCIPAIS SISTEMAS DE MATERIAIS GEOSSINTÉTICOS PARA APLICAÇÕES EM ZONAS COSTEIRAS</b>	
<b>SISTEMA</b>	<b>DETALHAMENTO</b>
Geossaco	Os geossacos são os elementos de menor dimensão dentre os especificados, usualmente havendo o preenchimento de seu interior com cerca de 1m <sup>3</sup> a até 10m <sup>3</sup> de material sedimentar, como a areia. Ademais, suas dimensões, aparência e outras características são condicionadas às especificidades do projeto, de maneira que são bastante versáteis.

Fonte: Adaptado de Palma (2016)

Em suma às considerações elencadas, Vertematti et.al (2015) destacam que os materiais geossintéticos podem desempenhar distintas funções, conforme destacado. No entanto, é de essencial relevância que haja um controle rigoroso de qualidade em seus processos de fabricação, de maneira que as características esperadas sejam as que efetivamente são encontradas na execução de uma obra. Com isto, os autores destacam que as propriedades são especificadas com base em normas, testes e ensaios diversos, que, dentre outras coisas, visa assegurar a reprodução da interação entre o solo e o item em questão. Dessa forma, segundo Melo (2016), observa-se no Anexo F e no G as principais normativas aplicadas.

### **3.2.4 Propriedades dos materiais geossintéticos**

#### **3.2.4.1 Propriedades físicas**

As propriedades físicas dos materiais geossintéticos são fatores de bastante importância para a sua aplicação. Quanto a isso, Escórcio (2016) destaca que as de maior relevância são a densidade, a que se refere à massa por unidade de área, a espessura e a distribuição dos particulados que compõem o material em questão. Já de acordo com o entendimento de Sales (2017) tem-se a relevância da gramatura, da espessura nominal e o índice percentual de área aberta.

#### 3.2.4.2 Propriedades mecânicas

As características mecânicas de um material geossintético, de acordo com Violante (2016), são de muita importância quando a sua função é de reforço em um solo. Neste sentido, de acordo com o exposto por Santos (2011), tem-se que as propriedades mais relevantes desta natureza são: resistência aos esforços solicitantes de tração e compressão e de rasgamento também.

#### 3.2.4.3 Propriedades hidráulicas

No que é concernente às propriedades hidráulicas dos materiais geossintéticos, tem-se que, de acordo com Carvalhosa (2011), as de maior relevância são a transmissividade e a permeabilidade. Sendo assim, Ferreira (2010) destaca que a primeira se refere à capacidade do material geossintético permitir o escoamento de um determinado fluido ao longo do próprio plano, enquanto a segunda refere-se ao parâmetro homônimo para o plano normal ao material.

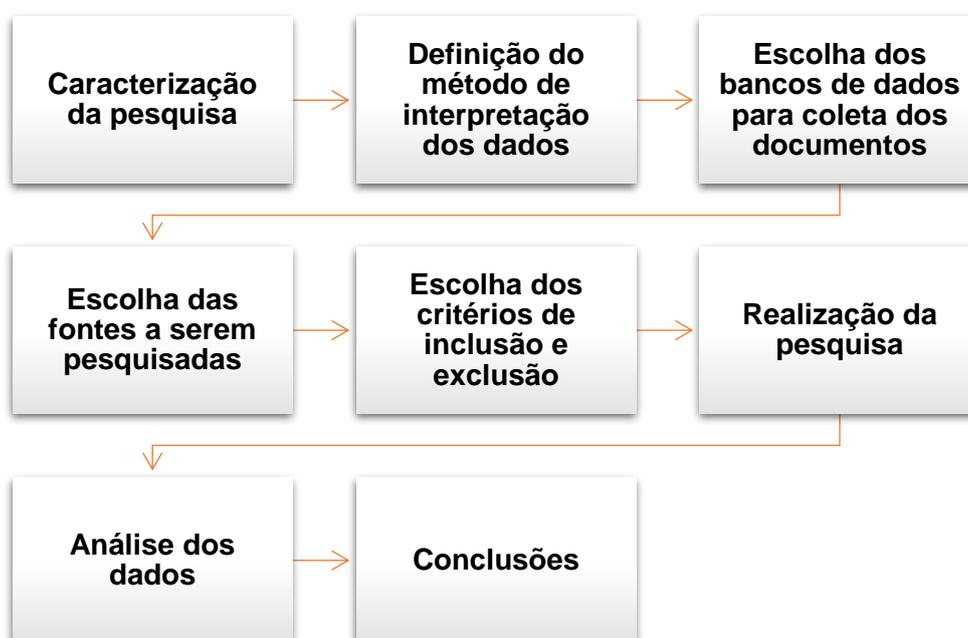
#### 3.2.4.4 Durabilidade

No que se refere à propriedade de durabilidade, de acordo com Gomes (2023), esta refere-se à capacidade do material geossintético conservar as outras propriedades enunciadas anteriormente ao longo de um determinado período de tempo que é considerado a sua vida útil. No entanto, conforme é destacado por Silva (2010), há uma problemática expressiva em relação a isto, uma vez que é complexa a tarefa de determinar este espaço temporal em decorrência dos variados ambientes onde se utilizam os GST. Por fim, de acordo com Vieira (2014) as características de maior relevância de consideração para a manutenção da durabilidade são: resistência a abrasão, fluência e relaxação.

## 4 METODOLOGIA

No que se refere ao conjunto de procedimentos metodológicos para a realização da presente pesquisa, estes foram elaborados de acordo com Gil (2002) no que tange ao desenvolvimento de uma pesquisa acadêmica em se tratando de parâmetros de coesão, coerência e precisão das investigações. Sendo assim, tem-se o fluxograma apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Fluxograma metodológico com as etapas para a realização da pesquisa proposta quanto aos geossintéticos na proteção de zonas costeiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

No que se refere à Figura 14, este apresenta o fluxograma metodológico com as 8 principais etapas para a realização da pesquisa proposta. Nesse ínterim, de acordo com Almeida (2021) realizou-se a primeira etapa, caracterizando a pesquisa com base nos critérios de natureza, objetivos, procedimentos técnicos e abordagem. Em vista disto, então, tem-se:

- a) Natureza básica: é um estudo acadêmico que visa a disseminação do conhecimento sobre determinado tema sem aplicação prática direta.
- b) Objetivo exploratório: é um estudo que visa a determinação do novo enfoque para o tema abordado.

- c) Abordagem qualitativa: não emprega técnicas estatísticas para a compreensão dos resultados.

Já no que se refere à segunda etapa discriminada no fluxograma esta foi realizada com base em Lakatos e Marconi (2017), de maneira que se escolheu o método indutivo para a análise dos dados. Sendo assim, esta técnica consiste na universalização das conclusões que são obtidas ao se analisar estudos de cenários específicos.

Por conseguinte, os bancos de dados utilizados na pesquisa são: google acadêmico, Portal Brasileiro de Publicações e Dados Científicos em Acesso Aberto, Scielo e Portal de Periódicos da Capes. Quanto às fontes buscadas, estas são: livros, trabalhos de conclusão de curso, sites, teses de doutorado, dissertações de mestrado, artigos científicos.

Em se tratando dos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, tem-se:

- a) Textos que foram publicados entre os anos de 2010 e 2025, de modo a se compreender tanto a aplicabilidade atual dos materiais geossintéticos quanto a compreensão do tema.
- b) Textos disponibilizados integralmente no idioma português.
- c) Textos em resposta às seguintes palavras chave: materiais geossintéticos, erosão, obras de proteção, estruturas e zonas costeiras.

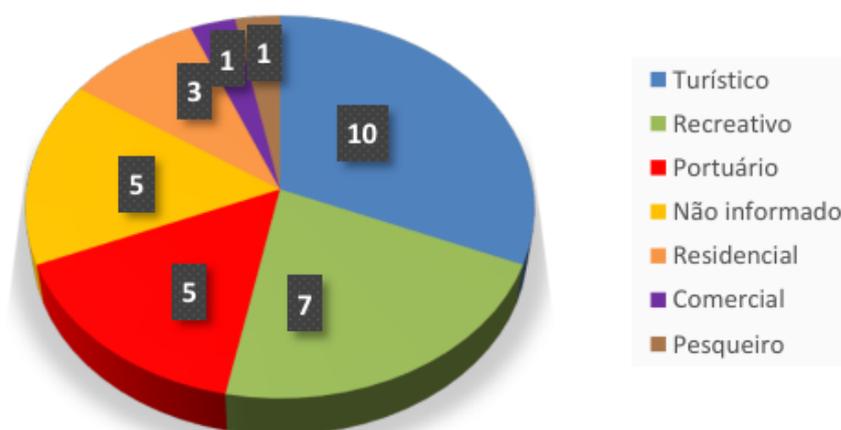
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha dos quatro estudos baseou-se na sua relevância direta ao tema, abordando a aplicação de geossintéticos em zonas costeiras. Buscou-se ainda garantir diversidade metodológica, incluindo diferentes abordagens (revisão e estudos de caso), e abrangência nas aplicações dos materiais. Também foram considerados os aspectos técnicos e ambientais abordados por cada trabalho, bem como o alinhamento temporal com o recorte definido entre 2010 e 2025, assegurando a atualidade das informações, assim como textos em português e de caráter internacional, sendo apenas um nacional. Sendo assim, o primeiro a se analisar foi realizado por Nogueira (2018), e consistiu em uma análise da literatura para averiguação da utilização destes materiais em sistemas de proteção das zonas costeiras. As técnicas metodológicas aplicadas pelo autor deram-se mediante a coleta de dados no portal de periódicos da CAPES considerando documentos publicados entre os anos de 2000 e 2018.

Com isto, os resultados obtidos pelo autor indicam que os materiais geossintéticos mediante os sistemas de geossintéticos são bastante promissores na finalidade em questão. Além disto, Nogueira (2018) destaca que as áreas costeiras com finalidade turística são as que mais atraem a utilização destes materiais para a confecção das obras de proteção contra a erosão. Ademais, para fins de maior conhecimento, apresenta-se na Figura 15 para detalhamento dos locais mais visados para a sua implementação.

Figura 15 – Locais mais visados para a utilização dos materiais geossintéticos em zonas costeiras segundo o estudo de Nogueira (2018)

### PERFIL DO LOCAL DE IMPLEMENTAÇÃO DO GEOSISTEMA



Fonte: Nogueira (2018)

Conforme pode ser observado na Figura 15 a utilização dos materiais geossintéticos para as obras em locais costeiros com finalidade turística, tem demonstrado um potencial bastante diversificado, sendo empregado, de acordo com Nogueira (2018), tanto em ZC de finalidade econômica, como as pesqueiras e portuárias, até nas recreativas de uma maneira geral. Isso demonstra a evolução crescente destes materiais, e sua importância para os empreendimentos da construção civil que envolvem zonas costeiras e mitigação de processos erosivos.

Outro estudo relevante sobre a aplicação dos materiais geossintéticos em Zonas Costeiras foi realizado por Carvalho (2016), e consistiu na análise de sua utilização na confecção de recifes artificiais para a proteção das costas. A finalidade do estudo consistiu em investigar a utilização dos geossintéticos (GST) como método que aliasse a defesa costeira a técnicas que fossem economicamente favoráveis em seus custos globais, redução dos impactos ambientais decorrentes de sua implementação e integração com a paisagem. A metodologia consistiu em desenvolver e apresentar uma base de dados com informações relevantes sobre essa prática, condições de aplicação, e outras questões mais.

Como resultado, então, tem-se a Figura 16.

Figura 16 – Resultados do estudo realizado por Carvalho (2016), em relação a viabilidade econômica, e aos impactos ambientais da utilização de geossintéticos em recifes artificiais nas regiões de zona costeira

Caracterização Geral							Características Geométricas						Níveis de Água		Desempenho	
País	Exposição da Costa	Localização	ID	Data de Construção	Tipo	Nº Segmentos	Comprimento	Comprimento	Espaçamento	Distância	Cota de	Largura	Profundidade (m)	Amplitude Média da Maré (m)	Alimentação Artificial de Areias	Resposta da Praia
							Total (m)	do(s) Segmento(s) (m)	entre Segmentos (m)	à Costa (m)	Coroamento (m)	Média Aproximada (m)				
Portugal	Atlântico	Vila do Conde	1	Anos 80	Singular	1	180	180	-	125	4	26	1,5	2	Não	T
Portugal	Atlântico	Castelo do Neiva	2	2000	Singular	1	250	250	-	235	6	15	2	2	Não	T
Portugal	Atlântico	Aguda	3	2001-2002	Singular	1	330	330	-	225	4	20	2	2	Não	T
Portugal	Atlântico	Foz do Douro	4	2006	Singular	1	450	450	-	690	6	12	4 a 5	2	Não	T
Espanha	Mediterrâneo	Tarragona, Cambrils Beach	5	1976-1987	Segmentos	9	2280	57 a 210	90 a 260	78 a 124	1,2	9 a 15	2 a 3	0,2	Sim	T/S
Espanha	Mediterrâneo	Tarragona, Cunit Beach	6	1980	Segmentos	7	2130	115 a 236	90 a 240	100 a 198	1	17	4	0,2	Sim	T
Espanha	Mediterrâneo	Málaga, El Palo	7	1980	Segmentos	9	1040	90 a 300	110 a 140	90 a 135	de -1,5 a 21,25	13,4, 22 e 35	3,7 a 4	0,8	Sim	T/S
Espanha	Mediterrâneo	Castellón, Ben Afeli Beach	8	1981	Segmentos	2	675	235, 175	260	143, 133	2	14	12	0,7	Sim	T
Espanha	Mediterrâneo	Barcelona, Sitges	9	1984	Segmentos	2	530	165	204	115, 96	1,5	15	4	0,2	Sim	T
Espanha	Mediterrâneo	Algeciras Port, Isla Verde	10	1990	Singular	1	2060	2060	-	413	7,5	20	28 a 43	0,5	Não	-
Espanha	Mediterrâneo	Tarragona, Altafulla	11	1991	Singular	1	110	110	-	230	1	5	4 a 5	0,3	Sim	S
Espanha	Mediterrâneo	Barcelona, La Barceloneta 1	12	2006-2007	Singular	1	130	130	-	270	-2	18	6,5	0,2	Sim	-
Espanha	Mediterrâneo	Barcelona, La Barceloneta 2	12	2006-2007	Singular	1	154	154	-	234	1	18	6,5	0,2	Sim	S

Fonte: Carvalho (2016)

Conforme pode ser observado na Figura 16 Carvalho (2016) identificou 13 zonas costeiras que atendiam aos requisitos de seu estudo, com um comprimento que varia de pouco mais de uma centena de metros para mais de 2Km. No entanto, cumpre ressaltar que, de acordo com autor, estes elementos foram apenas os mais proeminentes, uma vez que foram averiguadas mais de 100 estruturas de proteção costeira utilizando-se os materiais geossintéticos. No entanto, apesar disto, o autor ressalta que uma limitação de sua aplicação se deve às zonas com maior nível de agitação das correntes marítimas.

Já outro estudo que foi selecionado para a realização desta investigação foi o realizado por Dinis (2016), que visava a análise do comportamento hidrodinâmico e hidromorfológico de uma estrutura de defesa costeira que emprega materiais geossintéticos. Para isto, o recurso metodológico utilizado pelo autor foi uma simulação física, mediante a construção de um sistema por confinamento de cilindros de GST, conforme observa-se na Figura 17.

Figura 17 – Modelagem física do estudo conduzido por Dinis (2016)



Fonte: Dinis (2016)

Conforme pode ser observado, a Figura 17 apresenta o teste que foi realizado por Dinis (2016) para a análise da aplicação dos cilindros que apresentam materiais geossintéticos em sua composição para a proteção da zona costeira, de modo a

reduzir o processo erosivo. Sendo assim, após a análise, o autor chegou às seguintes conclusões: a utilização de materiais GST para o melhoramento das propriedades mecânicas da estrutura de proteção é essencial para seu êxito operacional; deve-se evitar a justaposição das telas geossintéticas em decorrência das imposições do choque da água nestas zonas.

Outro estudo importante que foi analisado foi o conduzido por Oliveira (2016) no que se refere à análise dos sistemas geossintéticos para a proteção de zonas costeiras, e seu impacto tanto na proteção sedimentar da própria praia quanto na segurança de construções próximas. Para isto, analisou-se a aplicação de cilindros geossintéticos, com aplicação em três diferentes casos de estudo.

Sendo assim, observa-se na Figura 18 o cilindro de material geossintético do estudo do autor supracitado.

Figura 18 – Cilindro de material geossintético resultado do estudo de Oliveira (2016)



Fonte: Oliveira (2016)

Conforme pode ser observado na Figura 18 o cilindro de geossintético foi colocado em um sistema, ao longo da linha da zona costeira. Sendo assim, os resultados do estudo de Oliveira (2016) demonstram que os materiais geossintéticos são de bastante importância para garantir soluções que sejam mais sustentáveis na proteção de zonas costeiras contra erosões, em comparação com materiais convencionais, como o concreto. Além disto, o autor destaca que em função das propriedades e características funcionais dos GST sua utilização neste tipo de aplicação mostra-se bastante eficaz, sendo que um projeto adequadamente dimensionado e com a utilização de materiais de elevada qualidade mostra-se

bastante efetivo na dissipação da energia das ondas e, ainda, na resistência contra os processos erosivos.

Por conseguinte, outro aspecto de bastante importância de se considerar no que é referente aos materiais geossintéticos é que, os mesmos são constituídos de materiais poliméricos, o que consiste em uma continuidade de investigações que pode resultar na busca por novas aplicações, desenvolvimento de novas técnicas, e outras vantagens mais. Em virtude disto, não somente sua aplicação existente na contemporaneidade se mostra promissora, mas, também, a continuidade de estudos correlacionados ao desenvolvimento tecnológico com base nestes elementos.

Por conseguinte, buscou-se analisar se a utilização de materiais geossintéticos em obras de proteção de zonas costeiras poderia diminuir o avanço do processo erosivo favorecendo a segurança das áreas em vista da capacidade dos materiais geossintéticos serem capazes de melhorar o desempenho das obras, bem como atuarem como elementos de reforço e controle de erosão.

Ademais, a utilização de materiais geossintéticos favorecem a diminuição do impacto ambiental em decorrência da possibilidade de substituição de materiais convencionalmente empregados em obras de proteção de zonas costeiras. Variados autores afirmam que os materiais geossintéticos e os sistemas geossintéticos promovem a substituição das estruturas convencionais, como o concreto, tal como no sistema tubular.

## 6 CONCLUSÃO

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As zonas costeiras são objetos de grande interesse de estudo em função de sua dinâmica complexa entre a interação do mar e da terra, bem como do processo de expansão da urbanização. Sendo assim, a análise das dinâmicas associadas ao processo erosivo é de fundamental relevância de consideração, principalmente em decorrência da necessidade de se garantir a segurança das construções, da população em concomitância para com a preservação do ambiente em questão.

Em vista disto, tem-se os materiais geossintéticos como uma solução que pode vir a ser eficaz para a questão correlata ao processo erosivo, uma vez que se apresentam em distintas formas e podem ter uma ampla gama de aplicações e funções. São materiais elaborados na indústria, sejam de origem natural ou sintética, podendo se adequar às necessidades específicas de cada obra.

Diante disto, o presente estudo buscou analisar o impacto da utilização dos materiais geossintéticos em estruturas de proteção de zonas costeiras, mediante uma Revisão da Literatura. Sendo assim, pode-se destacar que mediante a análise dos estudos dos autores, os objetivos propostos foram alcançados.

Em decorrência disto, como principal resultado, pôde-se perceber que parte dos autores empregaram os materiais geossintéticos para a proteção de zonas costeiras em sistemas geossintéticos tubulares ou cilíndricos, tanto em caráter vertical quanto horizontal. Além disto, também foi possível observar que há uma predominância de sua utilização em zonas costeiras onde se predomina o turismo, embora também sejam direcionados para outras ZC como as que apresentam a finalidade pesqueira.

Dessa maneira, materiais geossintéticos preconizam-se como soluções promissoras, de maneira que sua utilização deve ser adequadamente estudada e analisada, em vista de sua potencialidade de melhorar o desempenho das obras, conferindo maior resistência aos esforços solicitantes diversos.

## 6.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros é interessante analisar o perfil da composição de custos de implementação dos materiais geossintéticos para a proteção de zonas costeiras no âmbito brasileiro, considerando diversos zoneamentos ao longo de toda a costa nacional. Para isto, seria necessário um levantamento da dispersão de energia das ondas, bem como outras considerações que poderiam levar ao processo erosivo da região, de modo a selecionar a melhor técnica de obra e como o GST poderia a otimizar.

Outro estudo que seria relevante seria a análise técnica da aplicação do geossintético no contexto brasileiro, averiguando a viabilidade da mão de obra, da cadeia logística destes materiais, bem como outras preocupações de natureza produtiva que poderia impacta bastante a sua utilização em larga escala. Para isto, seria interessante a investigação de diversos dados, e, caso não haja fontes em decorrência da carência de sua disseminação no país, poder-se-ia empregar meios estatísticos para a validação dos dados.

## REFERÊNCIAS

ALFREDINI, Paolo; ARASAKI, Emilia. **Obras e Gestão de Portos e Costas**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 804 p.

ALMEIDA, Ítalo D. **Metodologia do trabalho científico**. Recife: UFPE, 2021.

ALVES, Izidro L. D. **Muros em solo reforçado com geossintéticos – análise experimental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2012. 130 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/11037>. Acesso em: 31 Março 2025.

ALVES, João A. A. **Estudo experimental de um recife artificial para surf e defesa costeira em materiais geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2011. 129 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/62097>. Acesso em: 02 Abril 2025.

ARAÚJO, Diandra S. D. **Vulnerabilidade à erosão costeira no município de Baía da Traição – Paraíba, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2023. 89 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/32137>. Acesso em: 02 Abril 2025.

BRUSAMOLIN JÚNIOR, Afonso et al. Integração das políticas de planejamento urbano com obras de proteção costeira: estudo de caso no litoral de Itapema-SC. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 973–994, 2025. DOI: 10.26848/rbgf.v18.2.p973-994. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/263198>. Acesso em: 6 maio. 2025.

CÂMARA, Tereza C. F. F. **Processo erosivo e defesas costeiras das praias de Ponta Negra e Via Costeira, Natal/RN: uma análise estrutural e ambiental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Nata: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023. 105 p. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/54517>. Acesso em: 02 Abril 2025.

CARVALHO, José D. C. F. D. **Estruturas Destacadas de Defesa Costeira. Aplicações com Cilindros Geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2016. 426 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/95735>. Acesso em: 02 Abril 2025.

CARVALHOSA, Fábio J. R. **Efeito do teor em água do solo na interacção solo-geossintético**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade de Aveiro, 2011. 109 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/7602>. Acesso em: 02 Abril 2025.

DINIS, Daniela F. F. **Simulação Laboratorial de Dispositivos para a Atenuação de Erosões Localizadas ("Scour Apron") em Estruturas de Defesa Costeira em Cilindros Geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2016. 321 p. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/100072>. Acesso em: 26 Março 2025.

ESCÓRCIO, Filipa R. C. **Resistência dos geossintéticos à danificação mecânica e abrasão**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: [S.n.], 2016. 104 p. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/83310/2/125914.pdf>. Acesso em: 31 Março 2025.

FERREIRA, Fernanda B. **Comportamento das interfaces solo - geossintético**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2010. 138 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/61266>. Acesso em: 31 Março 2015.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4°. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Marisa D. M. **Resíduos de construção e demolição nos sistemas de cobertura de aterros de resíduos - Estudo da resistência ao corte das interfaces com geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2023. 108 p. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/152228/2/637094.pdf>. Acesso em: 31 Março 2025.

LAKATOS, Eva M.; MARCONI, Marina D. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8°. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LUMA, Chanio F. S. S. D. **Capacidade de carga e deformabilidade de um solo fino reforçado com geossintético**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2022. 107 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/40112>. Acesso em: 31 Maro 2025.

MAGAR, V. ***Sediment transport and morphodynamic modelling for coasts and shallow environments***. 18 dez. 2019.

MEDEIROS, Elana C. D. S. **Percepção ambiental da erosão costeira: acompanhamento do antes, durante e depois da implantação de obras emergenciais no Litoral do Nordeste do Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2017. 193 p. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/27162>. Acesso em: 26 Março 2025.

MELO, Jessica F. G. D. **Utilização de Geossintéticos no Controle da Erosão**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2016. 61 p. Disponível em: [https://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy\\_of\\_2016.1/utilizacao-de-geossintetico-no-controle-da-erosao.pdf](https://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/utilizacao-de-geossintetico-no-controle-da-erosao.pdf). Acesso em: 27 Março 2025.

NASCIMENTO, Flávio C. D.; LIMA, José J. F. Diretrizes técnicas para locação de limites edificados em praias. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, Dezembro 2010. p. 197-218. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400014>. Acesso em: 26 Março 2025.

NOGUEIRA, Kelisson D. S. **Materiais geossintéticos em soluções de proteção costeira: revisão da literatura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018. 20 p. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/40709>. Acesso em: 18 Março 2025.

OLIVEIRA, Flávio F. A. **Comportamento hidráulico de geossintéticos em vias-férreas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2011. 148 p. Disponível em: <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/5688/1/Comportamento%20hidr%C3%A1ulico%20de%20geossint%C3%A9ticos%20em%20vias-f%C3%A9rreas.pdf>. Acesso em: 31 Março 2025.

OLIVEIRA, José M. L. G. D. **Monitorização do comportamento de estruturas de defesa costeira em cilindros de geossintéticos executados em Moledo do Minho e na praia de Ofir**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2016. 222 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/87176>. Acesso em: 02 Abril 2025.

PALMA, Daniela M. L. D. C. E. **Aplicação de geossistemas em obras de proteção costeira, o caso da restinga de Ofir**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geológica). Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2016. 104 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/23794>. Acesso em: 31 Março 2025.

PROENÇA, Ricardo F. D. M. **Comportamento de estradas não pavimentadas reforçadas com geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Coimbra: Universidade de Coimbra, 2018. 81 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/84876>. Acesso em: 31 Março 2025.

SALES, Thiago J. M. **Estudo da aplicação de geossintético no controle de erosão**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2017. 58 p. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/24859>. Acesso em: 31 Março 2025.

SANTOS, Emanuel A. D. **Estabelecimento de procedimento para investigação da degradação de geossintéticos aplicados na restauração de revestimentos asfálticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022. 25 p. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46434>. Acesso em: 31 Março 2025.

SANTOS, Ricardo J. D. S. **Aterros ferroviários reforçados com geossintéticos: modelação numérica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2011. 234 p. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/15568251.pdf>. Acesso em: 02 Abril 2025.

SILVA, Ana S. **Danificação durante a instalação em obra de geossintéticos**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil). Aveiro: Universidade de Aveiro, 2010. 154 p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10773/4345>. Acesso em: 31 Março 2025.

SILVA, Rayanne K. S. D. **Degradação de geossintéticos por intemperismo natural em área costeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022. 86 p. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/49791>. Acesso em: 31 Março 2025.

SOUSA, Herilene C. D. **Vulnerabilidade e risco à erosão costeira na Ilha de Mosqueiro/PA e a ocupação humana na orla**. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Oceanografia). Belém: Universidade Federal do Pará, 2021. 92 p. Disponível em: <https://bdm.ufpa.br/jspui/handle/prefix/6724>. Acesso em: 21 Março 2025.

SOUZA, Luana T. D. **Análise da erosão costeira e estruturas de proteção nas praias urbanas do litoral sul de Maceió - AL**. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia). Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2023. 23 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/handle/123456789/11420>. Acesso em: 26 Março 2025.

VASCONCELOS, Yan G. **Morfodinâmica de praias arenosas sob influência de estruturas rígidas de proteção costeira: estudo de caso na Praia do Icaraí (Caucaia/CE)**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Geografia). Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2024. 152 p. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=115147>. Acesso em: 26 Março 2025.

VERTEMATTI, José C. **Manual Brasileiro de Geossintéticos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

VIEIRA, Sofia A. S. **Análises de Estabilidade de Aterros Reforçados com Geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2014. 107 p. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/75713>. Acesso em: 31 Março 2025.

VIOLANTE, Francisco M. M. **Caracterização da Danificação Mecânica de Geossintéticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Porto: Universidade do Porto, 2016. 100 p. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10216/83331>. Acesso em: 02 Abril 2025.

## ANEXO A – CAUSAS NATURAIS PARA A EROSÃO COSTEIRA

Causas naturais da erosão costeira	Efeito dos processos associados
1) Dinâmica de circulação costeira: presença de centros de divergência de células de deriva litorânea.	Os processos de refração de onda, que concentram a energia destas em certos trechos de linha de costa, fazem com que ocorra as chamadas correntes de retorno.
2) Morfodinâmica praial.	As praias intermediárias são as mais susceptíveis à erosão costeira, pois possuem maior variabilidade temporal.
3) Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias.	O aporte sedimentar constante equilibra o balanço de sedimentos da linha de costa. Se esse suprimento é insuficiente, haverá erosão.
4) Fisiografia costeira: presença de irregularidades na linha de costa.	Quando há irregularidades na linha de costa (promontórios rochosos) ocorre à dispersão de sedimentos. Praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia.
5) Presença de amplas zonas de transporte de sedimentos (by-pass).	A erosão ocorre devido a não permanência dos sedimentos em certos segmentos da praia por estarem em trânsito contínuo.
6) Modificação da deriva litorânea em função das mudanças bruscas na orientação da costa.	Há a ocorrência de molhe hidráulico devido ao intenso fluxo fluvial. Os obstáculos costa-afora promovem os fenômenos de difração e refração das ondas, gerando armadilhas de sedimentos, provocando o déficit na praia.
7) Inversões na deriva litorânea causadas por fenômenos climático-meteorológicos intensos.	Fenômenos como o <i>El Niño</i> alteram o regime de ventos e de ondas, podendo causar a inversão das correntes de deriva litorânea.
8) Elevações do nível relativo do mar de curto período devido a efeitos combinados de fenômenos astronômicos, meteorológicos e oceanográficos.	Fenômenos referentes as variações horárias, diárias e sazonais, ocorrendo inundação de praias e dunas, migração do perfil de praia e destruição de estruturas construídas pelo homem.
9) Efeitos primários da elevação do nível do mar durante o último século.	O predomínio da erosão costeira é um dos principais efeitos da elevação do nível relativo do mar, provocando a redução da largura de praia.
10) Efeitos secundários da elevação do nível do mar durante um longo período (Regra de Bruun)	Auxilia nos estudos com a geração de dados sobre sedimentos, praias subaéreas e o transporte de sedimentos para fundos marinhos.
11) Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo	A maior ou menor presença de sedimentos quaternários reflete se o balanço sedimentar foi negativo ou positivo e também o comportamento geral do transporte costeiro.
12) Balanço sedimentar atual negativo, originados por processos naturais individuais ou combinados.	O déficit de sedimentos numa praia pode ser causada por processos erosivos, mas os fatores naturais citados acima também induzem o balanço sedimentar negativo.
13) Fatores tectônicos.	Fatores responsáveis pelas subsidências e soerguimentos da planície costeira.

Fonte: Adaptado de Medeiros (2017)

## ANEXO B – CAUSAS ANTRÓPICAS DA EROSÃO COSTEIRA

Causas antrópicas da erosão costeira	Efeito dos processos associados
14) Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos.	Eliminam os estoques sedimentares da praia e interferem na circulação das correntes costeiras, acarretando nos processos erosivos diretos.
15) Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa.	Espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares, muros, anteparos em pedra, etc., interferem na circulação de correntes costeiras por modificarem o ângulo de incidência das ondas, o que intensifica os processos erosivos.
16) Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais.	As estruturas artificiais paralelas a costa são armadilhas de sedimentos, provocando a interrupção de células de deriva litorânea e formando pequenas células.
17) Retirada de areia de praia.	Causa erosão na praia local e vizinhas, alterando o balanço sedimentar das mesmas.
18) Mineração de areias fluviais de dragagens de canais de maré e plataforma continental.	Alteram o balanço sedimentar regional e desencadeiam processos erosivos nos sistemas fluviais, estuarinos e lagunar.
19) Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas para atividades antrópicas.	Provoca a impermeabilização dos terrenos (manguezais, planícies fluviais e lagunares, pântanos e áreas inundadas) e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos).
20) Balanço sedimentar atual negativo decorrente de intervenções antrópicas.	O déficit de sedimentos numa praia pode ser causado por processos erosivos, mas os fatores antropogênicos citados acima também induzem o balanço sedimentar negativo.

Fonte: Adaptado de Medeiros (2017)

## ANEXO C – TIPOS DE OBRA EM ZONAS COSTEIRAS PARA PROTEÇÃO CONSIDERANDO A CLASSIFICAÇÃO EM RÍGIDO E FLEXÍVEL E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

	<i>Tipo</i>	<i>Objetivo</i>	<i>Função Principal</i>	<i>Materiais convencionais</i>
<b>Rígidas</b>	<b>Obra longitudinal aderente</b>	Proteção das frentes marítimas contra o avanço e galgamento do mar	Reforço estrutural do alinhamento longitudinal	Enrocamento; alvenaria; betão;
	<b>Revestimento</b>	Proteção de um talude contra a erosão	Reforço estrutural do alinhamento longitudinal	Blocos de betão, armações de madeira preenchidas com rocha, etc.
	<b>Esporão</b>	Conter a erosão de uma praia	Interceção do transporte sedimentar pela corrente de deriva litoral	Enrocamento; blocos de betão; cortinas estacas-prancha metálicas ou de madeira
	<b>Quebra-mar destacado</b>	Conter a erosão de uma praia ou aumentar a sua largura pela formação de um tómbolo	Redução das alturas de onda e do volume de sedimentos transportados pela corrente de deriva litoral	Blocos de betão ou enrocamento
	<b>Quebra-mar destacado submerso</b>	Conter a erosão de uma praia	Redução das alturas de onda que atingem a costa	
	<b>Quebra-mar</b>	Abrigo de bacias portuárias e entradas de portos contra ondas e correntes	Dissipação de energia da onda e/ou sua reflexão para o mar	Material de tamanho grande (blocos de rochas, betão, tetrápodas)
	<b>Molhes</b>	Estabilização dos canais de navegação em embocaduras de rios	Confinamento e controlo de correntes e marés	Enrocamento; betão; cortinas estacas-prancha metálicas ou de madeira
<b>Flexíveis</b>	<b>Alimentação artificial de praias</b>	Conter a erosão de uma praia	Enchimento artificial de praias e dunas com sedimentos	Areias, em regra dragadas de locais imersos

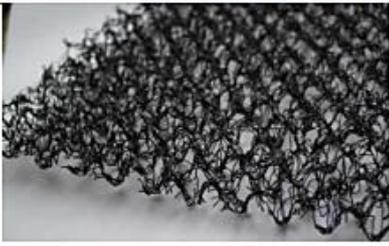
Fonte: Palma (2016)

**ANEXO D – TIPOS DE OBRA EM ZONAS COSTEIRAS PARA PROTEÇÃO CONSIDERANDO A CLASSIFICAÇÃO EM PARALELA E PERPENDICULAR À LINHA DA COSTA CONSIDERANDO AS SUAS VANTAGENS E LIMITAÇÕES**

<i>Estrutura</i>		<i>Vantagens</i>	<i>Limitações</i>	
<b>Rígidas</b>	<b>Paralelas à linha da Costa</b>	<b>Obra Longitudinal Aderente</b>	Dissipação de energia das ondas; Proteção de zonas edificadas	Necessidade de manutenção regular e dispendiosa; Degradação do valor natural e recreativo da praia/ impacto visual negativo
		<b>Revestimento</b>		
		<b>Quebra-mar destacado</b>	Dissipação de energia das ondas; Acumulação de sedimentos em zona abrigada	Sujeitos a agitação marítima forte; Necessidade de manutenção regular e dispendiosa;
		<b>Quebra-mar destacado submerso</b>		
	<b>Perpendiculares à Linha da costa</b>	<b>Esporão</b>	Reconstrução de praias erodidas; Acumulação de areia a barlar;	<i>Déficit</i> sedimentar na praia a sotomar; Degradação; Necessidade de manutenção regular e dispendiosa; Degradação do valor natural e recreativo da praia/ impacto visual negativo
		<b>Quebra-mar</b>	Acumulação de areia a barlar; Estabilização de canais de navegação de acesso a portos	Alteração das condições de agitação marítima; Interrupção de deriva litoral – <i>deficit</i> sedimentar a sotomar; Necessidade de manutenção regular e dispendiosa.
<b>Molhes</b>				
<b>Flexíveis</b>	<b>Alimentação artificial de praias</b>	Formação/reconstrução de praias; Fontes sedimentar adicionais	Necessidade de manutenção regular e dispendiosa; Carácter temporário.	

Fonte: Palma (2016)

## ANEXO E – DESCRIÇÃO E ILUSTRAÇÃO DOS TIPOS DE GEOSSINTÉTICOS

Geossintéticos	Descrição	Exemplo
Geogrelha	Caracterizam-se pela sua estrutura em forma de grelha, com malha retangular ou quadrada e o seu uso é predominantemente estrutural, como reforço de estruturas de solo.	
Geomanta	Possuem estrutura tridimensional, a espessura é relativamente grande, contrariando os geotêxteis possuindo 90% de vazios. A principal aplicação é a proteção superficial contra a erosão.	
Geocomposto	Produtos compostos por dois ou mais geossintéticos, geralmente com duas camadas de geotêxtil e uma geomanta a separa-los. O uso mais comum é em sistemas de drenagem.	
Geocélula	Apresentam-se em painéis com estrutura tridimensional integrando um conjunto de células contíguas com formato de favo de mel.	
Georrede	Possuem estrutura tridimensional com grande volume de vazios. É muito comum à sua utilização em geocompostos.	
Geomembrana	Produto que apresenta uma excelente função como impermeabilizante. São por isso muito utilizadas em canais, aterros sanitários e barragens	

Fonte: Adaptado de Oliveira (2016)

## ANEXO F – PRINCIPAIS NORMAS APLICADAS AOS MATERIAIS GEOSINTÉTICOS PT 01

Número	Nome	Ano
ABNT NBR ISO 9862	Geossintéticos - Amostragem e preparação e corpos e prova para ensaios	2013
ABNT NBR ISO 9863-1	Geossintéticos – Determinação da espessura a pressões especificadas	2013
ABNT NBR ISSO 9864	Geossintéticos – Método de ensaio para determinação da massa por unidade de área de geotêxteis e produtos correlatos	2013
ABNT NBR ISO 10318	Geossintéticos - Termos e definições	2013
ABNT NBR ISO 10319	Geossintético – Ensaio e tração faixa larga	2013
ABNT NBR ISO 10320	Geotêxteis e produtos correlatos – identificação da obra	2013
ABNT NBR ISSO 10321	Geossintéticos – Ensaio de tração e emendas pelo método da faixa larga	2013
ABNT NBR ISO 11058	Geotêxteis e Produtos Correlatos – Determinação as características e permeabilidade hidráulica normal ao plano e sem confinamento	2013
ABNT NBR ISO 12236	Geossintéticos – Ensaio de puncionamento estático (punção NBR)	2013
ABNT NBR ISO 12957-2	Geossintéticos – Determinação das características de atrito Parte 2: Ensaio de plano inclinado	2013
ABNT NBR ISO 12957-1	Geossintéticos – Determinação das características de atrito Parte 1: Ensaio de cisalhamento direto	2013

Fonte: Melo (2016)

## ANEXO G - PRINCIPAIS NORMAS APLICADAS AOS MATERIAIS GEOSINTÉTICOS PT 02

ABNT NBR ISO 12956	Geotêxteis e produtos correlatos: determinação da abertura de filtração característica	2013
ABNT NBR ISO 12958	Geotêxteis e produtos correlatos – Determinação da capacidade de fluxo no plano	2013
ABNT NBR ISO 13433	Geossintéticos – Ensaio de perfuração dinâmica	2013
ABNT NBR 15224	Geotêxteis – Instalação em trincheiras drenantes	2005
ABNT NBR 15226	Geossintéticos – Determinação do comportamento em deformação e na ruptura, por fluência sob tração não confinada	2005
ABNT NBR 15228	Geotêxteis e produtos correlatos – Simulação do plano por abrasão – Ensaio de bloco deslizante	2005
ABNT NBR 15352	Mantas termoplásticas de polietileno de alta densidade e de polietileno linear para impermeabilização	2006
ABNT NBR 15856	Barreiras geossintéticas e produtos correlatos – Determinação das propriedades de tração	2010
ABNT NBR 16199	Barreiras geossintéticas termoplásticas – Instalação em obras geotécnicas e de saneamento ambiental	2013
ABNT NBR 25619 -1	Geossintéticos – Determinação do comportamento em compressão	2013

Fonte: Melo (2016)