



UFC

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS CRATEUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

THAYNARA SOARES DE OLIVEIRA

**GEOSSINTÉTICOS EM REFORÇO E RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS: UMA REVISÃO CRÍTICA**

**CRATEÚS
2023**

THAYNARA SOARES DE OLIVEIRA

**GEOSSINTÉTICOS EM REFORÇO E RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS: UM REVISÃO CRÍTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal
do Ceará, Campus de Crateús como requisito parcial
à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Marcio Avelino Medeiros

**CRATEÚS
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O52g Oliveira, Thaynara Soares de.
Geossintéticos em reforço e recuperação de pavimentos asfálticos: uma revisão crítica / Thaynara Soares de Oliveira. – 2023.
49 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2023.
Orientação: Prof. Me. Marcio Avelino Medeiros .

1. Asfalto. Defeitos. Recuperação. Geossintéticos. . I. Título.

CDD 620

THAYNARA SOARES DE OLIVEIRA

**GEOSSINTÉTICOS EM REFORÇO E RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS
ASFÁLTICOS: UM REVISÃO CRÍTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Marcio Avelino Medeiros (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Thiago Fernandes da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Felipe Carlos de Araújo Leal
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Dedico esse trabalho a todos aqueles que me ajudaram nessa jornada, em especial a minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por minha vida e por toda força para enfrentar todos os obstáculos no decorrer dos anos acadêmicos.

À minha família, minha mãe Dorinha, meu pai Carlos, meus irmãos Carlos Emanuel e Alícia, que sempre me incentivaram e apoiaram ao longo do curso.

Aos meus amigos, pela compreensão nas ausências e pelo afastamento temporário.

As minhas amigas Vitória, Raquel e Ludmila, do apartamento 613, as quais compartilhei 4 anos de dificuldades e desafios durante a trajetória acadêmica, e que sempre demonstraram compreensão e parceria.

Ao meu orientador, Márcio, pela paciência, compreensão e dedicação durante a realização desse trabalho, pelo incentivo e motivação.

A toda equipe que compõe a Universidade Federal do Ceará, por todo o auxílio e compromisso conosco. Pelo companheirismo e apoio dos meus amigos e familiares que contribuíram de forma direta para o desenvolvimento do presente estudo.

“Só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Os pavimentos asfálticos devem garantir a transitabilidade em qualquer época do ano e em todas as condições climáticas, proporcionando conforto e segurança aos usuários. No entanto, a maioria das rodovias brasileiras necessitam de intervenção para corrigir defeitos e restaurar as condições iniciais das vias de tráfego e cumprir as funções para as quais foram projetadas. Nesse contexto, esta pesquisa realiza uma revisão sistemática da literatura sobre as principais alternativas em geossintéticos para a recuperação de pavimentos asfálticos. Destacando os principais resultados e contribuições das pesquisas para esse campo do conhecimento. Para isso, teve-se como metodologia a realização de um levantamento bibliográfico em bases de dados científicas nacionais e internacionais. Após análise de estudos relacionados a temática abordada, teve-se como resultado um total de 36 pesquisas relacionadas ao uso de geossintéticos como alternativa para a recuperação de pavimentos asfálticos. Partindo desse total, foram selecionados 16 estudos com relevantes contribuições para a construção da revisão, destacando os seus principais resultados e conclusões sobre a temática, além de ressaltar o potencial desses estudos para subsidiar futuras pesquisas.

Palavras-chave: Asfalto. Defeitos. Recuperação. Geossintéticos.

ABSTRACT

The structure of asphalt pavements must guarantee passability at any time of the year and in all weather conditions, providing comfort and safety to users. However, most Brazilian highways need intervention to restore the initial conditions of the traffic routes and fulfill the functions for which they were designed. In view of this, the present research sought to carry out a systemic review of the literature on the main alternatives in geosynthetics for the recovery of asphalt pavements. Highlighting the main results and contributions of research to this field of knowledge. For this, a bibliographic survey was carried out in national and international scientific databases as a methodology. After analysis of studies related to the topic addressed, a total of 36 researches related to the use of geosynthetics as an alternative for the recovery of asphalt pavements resulted. From this total, 16 studies with relevant contributions to the construction of the review were selected, highlighting their main results and conclusions on the subject, in addition to highlighting the potential of these studies to support future research.

Keywords: Asphalt. Defects. Recovery. Geosynthetics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A) Defeitos de superfícies; (B) Degradações superficiais; (C) Deformações....	16
Figura 2. Utilização de geossintéticos em pavimentos asfálticos.....	20
Figura 3. Gráfico de artigos distribuídos por aplicação de geossintético.....	42
Figura 4. Divisão por anos de publicação.....	43
Figura 5. Distribuição dos artigos por países publicados.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação e utilidade dos ecossistêmicos	21
Quadro 2. Determinação das funções dos geossintéticos	22
Quadro 3. Estudos selecionados, principais aplicações por geossintéticos e conclusões..	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Defeitos funcionais e estruturais em pavimentos asfálticos.	17
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 <i>Patologias em pavimentações asfálticas</i>	16
2.1.1 <i>Bombeamento de finos</i>	17
2.1.2 <i>Fendas ou fendilhamento</i>	17
2.1.3 <i>Exsudação</i>	18
2.1.4 <i>Desgaste ou desagregação</i>	18
2.1.5 <i>Escorregamento</i>	18
2.1.6 <i>Trilha de rodas</i>	18
2.2 <i>Geossintéticos</i>	19
2.3 <i>Aplicações dos geossintéticos em pavimento asfáltico</i>	19
4.1 <i>Uso e Classificação dos Geossintéticos</i>	20
4.2 <i>Funções dos geossintéticos</i>	22
4.3 <i>Principais tipos de Geossintéticos utilizados em pavimentos</i>	23
4.3.2 <i>Tratamento de escorregamentos</i>	24
4.3.3 <i>Tratamento de exsudação</i>	24
4.3.4 <i>Tratamento de trincas, fendas e fissuras</i>	24
4.3.5 <i>Tratamento De Rodeiras e Trilhos</i>	25
3 METODOLOGIA	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A pavimentação asfáltica se constitui como revestimentos compostos por uma mistura de agregados e ligantes asfálticos (LIMA *et al.*, 2020) sendo caracterizado como pavimento flexível e ordenado em quatro camadas principais: reforço do subleito, sub-base, base e revestimento asfáltico. De modo que, o revestimento asfáltico é a camada de contato que suporta diretamente as cargas e ações do tráfego de veículos, além de fatores climáticos, amortecendo o impacto para as camadas inferiores (BERNUCCI, *et al.*, 2006), assim sendo o revestimento mais utilizado nas estradas e rodovias nacionais e internacionais.

O setor de transporte possui a importante tarefa de movimentar e transportar pessoas, produtos e movimentar o país, de forma que essa seja executada com conforto, segurança e economia a seus usuários de forma que é fortemente impactado com a falta de manutenção e execução correta das camadas da pavimentação. O Brasil se destaca nesse cenário por apresentar um desgaste visivelmente constante das suas rodovias, o que se justifica pelo país ter adotado esse meio de tráfego como principal recurso para transporte de cargas e passageiros em todo o seu território (SANTOS, 2019).

Em uma mesma perspectiva Bins (2019) destaca que no Brasil, os pavimentos asfálticos apresentam desgaste precoce ao analisar sua vida útil em relação a outros países. Tem uma durabilidade estimada de 10 anos, enquanto nos EUA, por exemplo, os pavimentos possuem vida útil de 25 anos. Dentre os principais problemas encontrados nos pavimentos brasileiros, destaca-se a fissuração por fadiga, causada principalmente pelo esforço e efeitos térmicos das demandas de tráfego.

O trincamento por fadiga segue sendo o problema mais proeminente, causado principalmente por exigências de tráfego e efeitos térmicos (SANTOS, 2018). Com isso, durante os serviços de recapeamento de pavimentos asfálticos, o fenômeno de reflexão de trincas normalmente ocorre com base na propagação de rachaduras existentes do pavimento antigo para a nova camada. Este processo também é considerado uma forma de fadiga, com deformação plástica contínua e frequente enfraquecimento do material, revelando o surgimento e crescimento de fissuras (BINS, 2019).

Nesse contexto, o Brasil apresenta cerca de 61% da sua movimentação de cargas realizadas por meios rodoviários, constituindo-se como a principal forma de transporte em todo o território nacional (CNT, 2018). Essa demanda é articulada com os avanços tecnológicos, exigindo e possibilitando que os veículos de carga se tornem cada vez mais potentes e com maiores capacidades. Isso contribui diretamente para que haja uma maior degradação de pavimentos asfálticos, tornando a busca por alternativas para a recuperação desses pavimentos

fator primordial para a melhoria desse cenário, favorecendo a sustentabilidade ambiental e a economia.

Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte (2022), as rodovias brasileiras apontam ainda principais ocorrências de pontos críticos como quedas de barreiras, erosões na pista, pontes caídas e buracos grandes. Dentre os quais, buracos grandes é o tipo de defeito analisado que mais demanda recurso para recuperação e o maior quantitativo foi em rodovias do Nordeste, com cerca de 56,1% dos casos, em 2021.

Tratando de alternativas para recuperação asfáltica, tem-se os geossintéticos que são definidos como produtos sintéticos que possuem polímeros em sua composição, que em conjunto fornecem características que podem ser usadas para solucionar diversos problemas em geotecnia, tendo em vista que seu uso é amplamente reconhecido por melhorar as camadas de suporte do pavimento através do reforço de base, sub-base e subleito rodoviários, bem como estradas pavimentadas e não pavimentadas (AZEVEDO, 2019).

Os geossintéticos apresentam funções como separação, filtração, drenagem e reforço, sendo tema para vários campos de estudos para atestar as contribuições efetivas e desenvolvimento de práticas eficientes e devida utilização, sendo de papel fundamental por se tratar de soluções ecologicamente sustentáveis e grande potencial econômico para minimizar os gastos com reparos e manutenções.

Dois geossintéticos mais utilizados em obras rodoviárias são os geotêxteis e geogrelhas, onde observa-se, experimentalmente, melhorias como a redução da espessura da camada de base, retardo no aumento de fissuras e conseqüentemente prolongamento da vida útil do pavimento (ABU-FARSAHK, et.al., 2016).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo geral realizar uma revisão crítica da literatura sobre as principais alternativas em geossintéticos para recuperação de pavimentos asfálticos. Destacando os principais estudos e contribuições para esse campo de conhecimento, tendo como objetivos específicos: identificar as patologias existentes em pavimentações asfálticas, os tipos de geossintéticos existentes e as alternativas para recuperação de pavimentação asfálticas específica a cada aplicação de geossintéticos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Patologias em pavimentações asfálticas

As principais patologias em pavimentos asfálticos podem ser agrupadas, segundo Rosa *et al.*(2016) como: defeitos de superfície, quando há exposição do ligante, exposição do agregado ou sua separação; degradação da superfície, que geralmente ocorre durante a construção do pavimento e, portanto, tende a afetar a composição granulométrica do agregado tornando a mistura asfáltica produzida no local diferente da projetada em laboratório, ou deformada, devido à compactação adicional de camadas mal compactadas ou à ruptura por cisalhamento (Figura 1).



Figura 1. (A) Defeitos de superfícies; (B) Degradações superficiais; (C) Deformações.

Fonte: Adaptado de Gaspar e Pinheiro (2021).

Essas deficiências podem ser funcionais, quando o desempenho se refere à capacidade do pavimento de cumprir suas funções sendo considerada a capacidade momentânea de desempenho funcional, determinando a prestação do pavimento aos usuários (ROSA *et al.*, 2016). Também pode haver deficiências estruturais, que de acordo com Alves; Fernandes e Bertequini (2018) configuram-se como a avaliação estrutural do pavimento que inclui a análise de medições do deslocamento vertical recuperável quando submetido a uma determinada carga (Tabela 1).

Tabela 1. Defeitos funcionais e estruturais em pavimentos asfálticos.

DEFEITOS FUNCIONAIS	DEFEITOS ESTRUTURAIS
Exsudação de asfalto	Afundamentos
Bombeamento de finos	Corrugações ou ondulações
Escorregamento do revestimento asfáltico	Rodeiras ou trilhas de roda
Fendas ou fendilhamento	

Fonte: adaptada de Rosa *et al.* (2016).

Os termos que definem as diferentes patologias são dados pelas Normas Brasileiras do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT) para cálculo do índice de qualidade do pavimento (IGG - Global Gravity Index), esses termos estão divididos em: bombeamento de finos, fendas ou fendilhamento, exsudação, desgaste ou desagregação, escorregamento e trilha de rodas (DNIT, 2006).

2.1.1 *Bombeamento de finos*

O bombeamento de finos é um defeito comumente observado em pavimentos asfálticos, causado pela movimentação dos materiais constituintes das camadas asfálticas. Esse fenômeno ocorre devido a problemas de drenagem e infiltração, resultando na expulsão dos finos presentes no interior do pavimento através de fissuras. Durante a passagem de veículos sobre a rodovia, a pressão exercida provoca a expulsão da água acumulada nas fissuras, arrastando consigo os finos presentes. Esse processo resulta em uma degradação progressiva do pavimento, comprometendo sua integridade estrutural e desempenho.

2.1.2 *Fendas ou fendilhamento*

Beskou *et al.* (2016) apontam que o aparecimento de trincas é uma forma mais comum de degradação do pavimento flexível devido à tração gerada pela dobragem repetida dessas camadas conforme a carga do veículo que trafega na via. As fendas ou fendilhamentos são definidos em fendas transversais que se caracterizam como perpendiculares ao eixo da pavimentação e se apresentam de forma isolada; fendas longitudinais são aquelas ocasionadas de maneira isolada e paralelas ao eixo do revestimento e fendas couro de jacaré, classificadas como uma sequência de fendas longitudinais paralelas.

2.1.3 Exsudação

Ocorre devido à expansão térmica do asfalto, onde a viscosidade do asfalto se torna baixa, seguida pela retirada de agregado e redução macro da textura (BESKOU *et al.*, 2016). Ou seja, o transporte de ligante betuminoso excede para a superfície do pavimento através do revestimento, gerando problemas na pavimentação, ocorrendo geralmente pelo excesso de ligante e baixo conteúdo de vazios.

2.1.4 Desgaste ou desagregação

Está relacionada ao trânsito e às intempéries, sendo causada por ligações insuficientes entre os componentes da massa asfáltica ou sua formulação inadequada, uso de materiais inapropriados e erros construtivos como má compactação e problemas na construção das fundações (BESKOU *et al.*, 2016).

2.1.5 Escorregamento

A baixa resistência do bloco asfáltico ou a falta de aderência entre o revestimento e a camada subjacente é a causa da formação de trincas crescentes, que são causadas pelo deslocamento do revestimento em relação à camada de base. Para Silva (2008), os veículos são responsáveis por sua formação, que é causada pela frenagem. Desse modo, para evitar esse tipo de patologia, as camadas de suporte devem ser remontadas.

2.1.6 Trilha de rodas

São causados pelo adensamento ou movimentação lateral de materiais quando submetidos a cargas geradas pelo tráfego. Pinto (2003) afirma que devido a defeitos na sua formação ou execução, altas temperaturas e tempo de aplicação de carga, as pistas acabam não tendo capacidade suficiente, em que camadas e fundações podem criar rodados de grande raio sem capacidade de suporte, ou de raios pequenos que são formados devido à baixa resistência à deformação plástica da mistura asfáltica.

2.2 Geossintéticos

Os geossintéticos são definidos como produtos fabricados a partir de materiais poliméricos sintéticos ou naturais, utilizados em contato com substâncias naturais como solo ou rocha. Dentre as diversas funções nas quais os geossintéticos são empregados, eles apresentam grande capacidade de separação, filtração, drenagem, reforço, vedação de fluidos e gases e, além de controle de agentes corrosivos (DNIT, 2009).

No Brasil, a utilização de geossintéticos, embora acelerada nas duas últimas décadas, ainda é considerada tímida se comparada a países desenvolvidos e ainda inferior a países com economias menores ou extensões territoriais (SANTIAGO *et al*, 2018).

As principais razões para o contínuo crescimento de sua utilização em obras geotécnicas e de proteção ambiental são: melhoria contínua da qualidade dos geossintéticos utilizados em projetos de engenharia, redução do custo, redução do tempo de execução dos projetos; melhoria dos métodos, resultados de pesquisas e observações de casos históricos, facilidade de transporte para áreas remotas ou em áreas onde os materiais naturais são escassos. Desse modo, o uso de geossintéticos pode produzir soluções sustentáveis com menor custo, favorecendo a edificação de projetos além de reduzir a ocorrência de defeitos.

2.3 Aplicações dos geossintéticos em pavimento asfáltico

A aplicação de geossintéticos depende da finalidade do projeto, podendo ser utilizados em combinação com sistemas fibrosos de drenagem química geotécnica para promover o adensamento acelerado, com estacas para reduzir o recalque, ou ser aplicadas diretamente no fundo dos taludes para estabilização (Figura 2).

Figura 2. Utilização de geossintéticos em pavimentos asfálticos



Fonte: Santiago *et al.* (2018).

O advento dos geossintéticos revolucionou todos os aspectos da construção civil, especialmente aqueles usados para proteção ambiental, em que as exigências do mercado para qualidade de construção, segurança e vida útil limitam o uso de materiais de engenharia comuns. Por estas razões, sobretudo quando relacionadas com os aspectos ambientais em que estas obras se inserem, além da necessidade de melhoria da qualidade e redução dos custos, levando a um aumento substancial do uso de geossintéticos (SANTIAGO *et al.*, 2018).

Além disso, segundo Fonseca, Almeida e Greco (2016), os geossintéticos já são utilizados nos mais diversos projetos. As principais razões para seu uso em massa ao longo do tempo incluem vantagens técnicas (rapidez e simplicidade de aplicação; vasta gama de produtos para diversos fins), econômico e baixo impacto ambiental. tornaram-se uma excelente alternativa aos materiais de construção tradicionais.

Santiago *et al.* (2018) cita como exemplo de obras com o uso de geossintéticos: taludes, muros de contenção e pavimentação, que se caracterizam como inovadoras e de baixo custo por estenderem a vida útil das construções de forma acessível e com segurança, atendendo aos princípios básicos dos diferentes tipos de edificações e pavimentos.

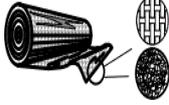
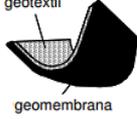
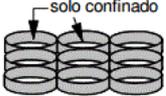
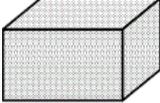
Diante do exposto, pode-se compreender uma gama de utilidades para geossintéticos em diferentes aplicações, reafirmando a importância de estudos relacionados a essa temática, principalmente em pavimentos asfálticos que sofrem desgaste constante por intemperismo e frequência de tráfego (SANTIAGO *et al.*, 2018).

2.4 Uso e Classificação dos Geossintéticos

A Sociedade Internacional de Geossintéticos (International Geosynthetic Society – IGS) classifica esses produtos com base no seu processo de fabricação e denominações usuais.

O quadro abaixo apresenta as diferentes aplicações dos geossintéticos e sua classificação (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação e utilidade dos ecossintéticos

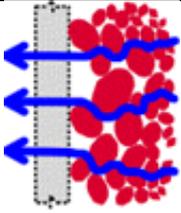
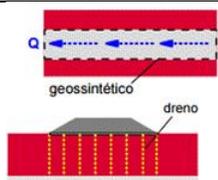
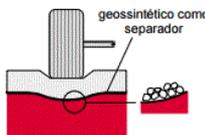
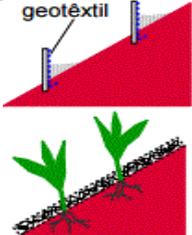
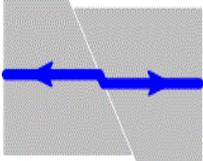
NOME	CLASSIFICAÇÃO E UTILIDADE	IMAGEM
Geomembranas	Manta contínua e flexível feita de um ou mais materiais sintéticos. Possuem baixíssima permeabilidade e podem ser utilizados como barreira a fluidos, gases ou vapores.	
Geotêxteis	Uma rede contínua de fibras ou filamentos, tecidos, não tecidos, tricotados ou costurados. São aplicados em separação, proteção, filtração, drenagem, reforço e controle de erosão.	
Geogrelhas	É um material geossintético em forma de grade. A principal aplicação das geogrelhas é o reforço do solo.	
Georredes	Semelhante as grelhas, sendo formados por séries de estruturas paralelas, em que se interceptam em ângulos constantes.	
Geocompostos	Um geocomposto é uma combinação de dois ou mais geossintéticos, tais como: geotêxtil-geoneta; geogrelha-geotêxtil ou geocomposto argiloso (GCL). Os geocompostos de drenagem pré-fabricados ou sistemas de geodrenagem consistem em um núcleo plástico envolvido por um filtro geotêxtil.	
Geocélulas	É um arranjo tridimensional relativamente espesso, composto por tiras de polímero. As tiras são soldadas juntas para formar células interconectadas que são preenchidas com solo e, às vezes, concreto. Em alguns casos, tiras de geogrelha de 0,5 a 1 metro de largura podem ser unidas por hastes verticais de polímero para formar geocélulas mais espessas.	
Geoexpandido	Uma estrutura de baixa densidade formada pela expansão de blocos ou painéis de espuma de poliestireno. Para isolamento térmico, como material leve para substituir o preenchimento do solo ou como camada vertical compressível para reduzir a pressão do solo.	
Geotubos	São tubos de polímero perfurados ou não perfurados usados para a remoção de líquidos ou gases, incluindo a coleta de lixiviados ou gases em aplicações de aterros sanitários. Em alguns casos, o tubo perfurado é envolvido por um filtro geotêxtil.	

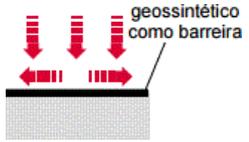
Fonte: International Geosynthetics Society – IGS (2023).

2.5 Funções dos geossintéticos

De acordo com IGS, em geral, é fácil identificar as principais funções dos geossintéticos como: separação, filtração, drenagem, reforço, vedação de fluidos/gases ou controle de processos erosivos. Mas como os geossintéticos não desempenham um papel isolado, em muitos casos podem desempenhar um papel duplo (Quadro 2).

Quadro 2. Determinação das funções dos geossintéticos

FUNÇÕES DOS GEOSSINTÉTICOS	IMAGEM
<p>Filtração: Os geossintéticos agem como filtros de areia, permitindo que a água passe livremente pelo solo enquanto retém as partículas sólidas. Por exemplo, os geotêxteis são usados para evitar a migração do solo para os agregados ou tubulações de drenagem, mantendo o sistema fluído. Os geotêxteis também são usados sob rochas e outros materiais em sistemas de proteção costeira e fluvial para prevenir a erosão do solo.</p>	
<p>Drenagem: Os geossintéticos atuam como drenos, transportando líquidos para solos menos permeáveis. Por exemplo, os geotêxteis são usados para dissipar a pressão dos poros no fundo dos aterros. Para vazões maiores, são desenvolvidos drenos geocompostos. Esses materiais têm sido usados como drenos de pavimentação, drenos de taludes, drenos de aterros e muros de contenção.</p>	
<p>Separação: Os geossintéticos atuam na separação de duas camadas de solo com diferentes distribuições de partículas. Por exemplo, os geotêxteis são usados para evitar que o substrato penetre no solo macio subjacente, mantendo assim a espessura da camada do projeto e a integridade da estrada. Os geossintéticos também ajudam a evitar que finos sejam "bombeados" para a camada granular permeável da estrada.</p>	
<p>Controla os processos de erosão: Os geossintéticos reduzem o impacto da erosão do solo pelo impacto das águas pluviais e do escoamento superficial das águas. Por exemplo, barreiras geotêxteis são usadas para reter sedimentos transportados pelo escoamento, onde algumas barreiras de controle de erosão são fabricadas com materiais biodegradáveis.</p>	
<p>Reforço: Os geossintéticos são inseridos no solo ou combinados com o solo como elementos de reforço para melhorar as propriedades de resistência e deformação do solo natural. Por exemplo, geotêxteis e geogrelhas usados para aumentar a resistência à tração do solo, permitindo paredes de terra reforçadas verticais ou quase verticais. A utilização de armaduras de aço possibilita a execução de taludes em fundações de solos muito moles, bem como a impossibilidade de construção de paredes íngremes em solos não armados. Os geossintéticos (geralmente geogrelhas) também têm sido usados para preencher vazios que</p>	

podem se formar sob carga em camadas granulares (estradas e rodovias) ou sistemas de cobertura de aterros.	
Contenção de Fluidos/Gás: Os geossintéticos agem como uma barreira relativamente impermeável a fluidos e gases. Por exemplo, geomembranas, geocompósitos, (GCL's) e geotêxteis revestidos são usados como barreiras para impedir o fluxo de líquidos e gases. Além disso, podem ser usados para camadas betuminosas de superfícies rodoviárias, revestimento de solos expansivos e contenção de resíduos.	

Fonte: International Geosynthetic Society – IGS (2023).

2.6 Principais tipos de Geossintéticos utilizados em pavimentos

Os geossintéticos mais utilizados na pavimentação são os geotêxteis e as geogrelhas. Os principais benefícios de sua aplicação são aumentar a vida útil do pavimento e reforçar as camadas. Portanto, as principais funções de sua utilização são: reforço, separação, impermeabilização e/ou proteção das camadas que formam a estrutura. (OLIVEIRA *et al.*, 2016)

Desse modo, o geotêxteis são bidimensionais permeáveis compostos por fibras cortadas, filamentos contínuos, monofilamentos, laminados, formados em estruturas tecidas, não tecidas ou tricotadas cujas propriedades mecânicas e hidráulicas permitem a sua utilização em diversas funções da engenharia, principalmente em pavimentações asfálticas (LOPES; LURDES, 2010).

Por tanto, para aplicação na reparação de pavimentos, a NBR 10319/13 exige resistência à tração superior a 7 kN/m, capacidade de retenção do ligante betuminoso superior a 0,9 l/m² e ponto de amolecimento superior a 180°C. É usado como separador ou elemento filtrante no substrato, e sua principal função é evitar a penetração mútua de materiais do substrato na camada subjacente.

2.7 Restauração de desgaste de superfície

Defeitos de superfície ocorrem quando aglutinantes e agregados são expostos ou quando tais materiais são desalojados. A deterioração do pavimento geralmente ocorre durante a construção do pavimento, o que afeta diretamente a composição granulométrica dos agregados, ou seja, a mistura granulométrica realizada na obra é diferente da projetada, resultando em danos estruturais (LOPES; LURDES, 2010).

O desgaste está relacionado com o trânsito e com os fenômenos naturais, nomeadamente as intempéries, mas também resulta de falhas nas ligações da massa asfáltica, utilização de

materiais de origem desconhecida e erros na execução do projeto. De acordo com Silva, De Sá e Amarante (2021) comentam que quando o desgaste se desenvolve rapidamente, pode ser entendido como a degradação do agregado pelo tráfego local, o que leva à rugosidade da superfície. Como solução para esta patologia, é necessária a aplicação de uma fina camada de asfalto, a frio, composta por pó de pedra, emulsão de craqueamento controlado (RC), cal para restaurar a elasticidade e água.

2.8 Tratamento de escorregamentos

Uma medida eficaz para combater o escorregamento é fresar a área, simultaneamente a recomposição da camada de rolamento. Outro ponto que deve ser observado é se há a presença de defeito no asfalto, pois se houver refere-se à base que provavelmente foi afetada, neste caso apenas o fresar e a recomposição do pavimento não será suficiente, se fará necessária abertura da zona afetada e refazer toda a sua camada de rolamento (SILVA, 2008).

2.9 Tratamento de exsudação

Segundo Silva (2008), até recentemente, acreditava-se que a exsudação ocorria principalmente devido à dosagem incorreta com uma taxa de aglutinante muito alta. Na verdade, doses adequadas podem prevenir esse tipo de defeito, mas não completamente, então outros fatores precisam ser investigados. As causas são alta taxa de emulsificação, participação excessiva de agregados e perda de agregados causada por alta temperatura.

2.10 Tratamento de trincas, fendas e fissuras

A aplicação de selador é uma atividade que envolve o uso de agregado ou ligante betuminoso, com o objetivo de vedar fissuras e assim evitar a entrada de água. De acordo com o Manual de Restauração do DNIT, o recapeamento consiste na sobreposição de uma ou mais camadas de massa asfáltica, que darão suporte estrutural ao pavimento, tornando-o adequado para um novo ciclo de vida. O manual do DNIT também menciona que a reconstrução do pavimento envolve a remoção total ou parcial da espessura do pavimento já construído, seguida da construção do novo pavimento (DNIT, 2006).

2.11 Tratamento De Rodeiras e Trilhos

O tratamento deve ser feito de acordo com a magnitude da patologia, seguindo as etapas de retirada da camada do pavimento que está sofrendo deformidade e a recompondo-a em seguida. Dessa forma, o tratamento de deve ser feito por meio de recapeamento do pavimento.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada através da extração de fontes secundárias que representam uma revisão bibliográfica da literatura, essa retificação reúne publicações desenvolvidas por meio de diversas metodologias e que permite aos revisores a síntese dos resultados sem alterar os efeitos dos estudos desenvolvidos, fornecendo sobre o problema informações de forma mais ampla para a construção e entendimento do assunto em questão (SOARES; PICOLLI; CASAGRANDE, 2018).

Para tanto, as fontes bibliográficas pesquisadas para a temática deste estudo foram as publicações em bases de dados científicas nacionais e internacionais como: Science Direct, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico e Science Magazine.

Teve-se como critérios de inclusão textos publicados de modo completo e disponíveis para acesso online gratuitamente nos idiomas português e inglês que abordaram a temática de forma científica e apresentaram resultados significativos.

A buscas foram feitas através de palavras-chaves como: geossintéticos; pavimentação asfáltica; reforço e recuperação; defeitos e patologias asfálticas; reparos. Limitando o período de publicação entre os anos de 1990 até 2022, revisando os últimos de 30 anos de publicações em periódicos, jornais, revistas, congressos e associações.

Os artigos foram selecionados pela variedade de teste e resultados obtidos, através das metodologias empregadas e dos tipos de análises e experimentos realizados para que possa obter uma melhor precisão na aplicação do geossintético em pavimentos asfálticos.

Já os critérios de exclusão de revisão de literatura foram aqueles não foram escritos na linguagem requisitada, que caracterizem publicações incompletas, bem como blogs, publicações que não tratam sobre a temática proposta e que não foram disponibilizados nas bases de dados selecionadas.

Após análise de estudos relacionados a temática abordada, teve-se como resultado um total de 36 pesquisas relacionadas ao uso de geossintéticos como alternativa para a recuperação de pavimentos asfálticos. Partindo desse total, foram selecionados 16 estudos com relevantes contribuições para a construção da revisão, destacando os seus principais resultados e conclusões sobre a temática, além de ressaltar o potencial desses estudos para subsidiar futuras pesquisas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, no quadro 3, temos a organização da pesquisa realizada e dispostas em aplicação por geossintéticos, título, resumo e principais conclusões.

Quadro 3. Estudos selecionados, principais aplicações por geossintéticos e conclusões.

APLICAÇÃO POR GEOSINTÉTICO	TÍTULO	REFERÊNCIA	RESUMO	PRINCIPAIS CONCLUSÕES
REFORÇO DE BASE	<i>Performance of geosynthetic reinforced/stabilized paved roads built over soft soil under cyclic plate loads</i>	ABU-FARSAKH <i>et al.</i> (2016)	Os resultados da análise mostram que para geossintéticos funcionando apenas como reforço de base, o valor do módulo de resiliência da camada de base pode ser aumentado em cerca de um quarto e que a espessura da camada de base pode ser reduzida em cerca de um terço para as seções do pavimento, com base de 457 mm de espessura e camada única de geossintético colocada na interface base-subleito. Para geossintéticos funcionando apenas como estabilização do subleito, os resultados dos testes mostraram que o módulo de resiliência do	Os resultados dos testes mostraram claramente os benefícios dos geossintéticos na redução significativa da formação de sulcos no pavimento. A seção de teste com camadas duplas de geossintéticos tem desempenho muito melhor do que todas as outras seções estudadas neste trabalho, mas pode afetar diretamente nos custos.

			subleito pode ser quase dobrado.	
	<i>Evaluation of geogrid base reinforcement in flexible pavement using cyclic plate load testing</i>	ABU-FARSAKH; CHEN (2011)	Os resultados do teste mostraram que a inclusão de geogrelha pode melhorar significativamente o desempenho de um pavimento flexível e que a taxa de benefício do tráfego pode ser aumentada até 15,3 em uma profundidade de sulco de 19,1 mm. Melhor desempenho foi observado quando a camada de geogrelha foi colocada no terço superior da camada de agregado base.	A seção do pavimento com reforço de base de geogrelha GG2 (geogrelha com módulo de resistência a tração maior que GG1) teve melhor desempenho do que com reforço de geogrelha GG1. A mesma observação também foi obtida para as geogrelhas GG3 e GG4. No geral, a melhoria no desempenho das seções do pavimento é proporcional ao aumento do módulo de tração da geogrelha. Nesse estudo foram usadas 4 geogrelhas com estruturas perfuradas em polipropileno com geometrias distintas.

<p><i>Structural contribution of geogrid reinforcement in pavement</i></p>	<p>CHEN; FARSAKH (2011)</p>	<p>O valor do módulo de resiliência da camada de base pode ser aumentado de 10% a 90% e que a espessura da camada de base pode ser reduzida de 12% a 49% para as seções de pavimento reforçado com geogrelha testadas neste estudo.</p>	<p>As geogrelhas de módulo de tração mais alto geralmente fornecem desempenho melhor.</p>
<p><i>Numerical modeling of geogrid-reinforced flexible pavement and corresponding validation using large-scale tank test.</i></p>	<p>GU, Fan <i>et al.</i> 2016</p>	<p>Um programa abrangente de testes de tanques em grande escala foi projetado para validar o modelo de pavimento reforçado com geogrelha desenvolvido usando elementos finitos levando em conta os efeitos de confinamento da camada reforçada com geogrelha.</p>	<p>Os modelos numéricos foram desenvolvidos comparados a medições testes e para isso foi simulado no ABAQUS dois pares de pavimentos reforçados com geogrelha e não reforçados, revelando que com a introdução da geogrelha a tensão de compressão vertical reduz significativamente e a deformação na camada de base, o que não impede a tensão de tração na parte inferior da camada de concreto asfáltico. O que evidenciou que o reforço com geogrelha é eficaz para amortecer os impactos de sulcos e danos na camada de base e subleito, mas não afetando na vida útil</p>

			de fadiga do pavimento flexível.
<i>Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials</i>	IMJAI; PILAKOUTAS; GUADAGNINI, 2019	Todas as configurações de reforço ajudaram a aumentar a resistência ao sulco com taxa máxima de benefício de tráfego (TBR) de 13,70, taxa de eficácia (EF) de 12,70 e taxa mínima de redução de sulcos (RRR) de 0,74. A melhor configuração incluiu um geotêxtil dentro da camada de concreto asfáltico e uma geogrelha sob a camada de base. Análises não lineares de elementos finitos das seções de teste previram muito bem as deformações e tensões no pavimento. O estudo fornece uma referência para estudos futuros neste campo e conclui que os geossintéticos podem ajudar a aumentar os períodos de manutenção e prolongar a	Os testes em escala real disponibilização um bom entendimento sobre a influência do geossintético no comportamento do cisalhamento, demonstrando melhorias significativas na resistência ao cisalhamento. Onde colocou-se um geotêxtil no topo da base e uma geogrelha colocada sob a camada de base, ofereceu uma resistência eficaz. O reforço com geossintético também reduziu as tensões verticais transferidas para base e subleito, o que resulta em benefícios a longo prazo. Os benefícios observados irão depender da caracterização do material como a posição do

			vida útil dos pavimentos flexíveis.	reforço, rigidez à tração e alongamento.
SEPARAÇÃO	<i>Reduction of subgrade fines migration into subbase of flexible pavement using geotextile.</i>	KERMANI <i>et al.</i> , 2018	Três testes foram avaliados e comparados para avaliar a eficácia de geotêxteis em separação e filtragem na redução de bombeamentos de finos. O uso de um geotêxtil na interface subleito-sub-base reduziu significativamente o bombeamento do subleito. Ao final do teste, os finos que migraram para a sub-base, em % massa da sub-base, foram de 6,39% nos ensaios sem geotêxtil e 1,81% no ensaio com geotêxtil. Foi observada uma redução de aproximadamente 30% na quantidade de sulcos no pavimento ao usar geotêxtil no topo do subleito.	As principais inferências obtidas no teste foram que ocorreu uma significativa redução na migração de solo do subleito para a sub-base ao usar o geotêxtil. Concluindo que o geotêxtil pode ser usado como um meio eficaz para reduzir o bombeamento de finos do subleito no pavimento, fornecendo ótima eficiência em separação e filtragem por consequência prologando a vida útil do pavimento. E ainda em comparação aos testes onde não utilizaram geotêxtil, notou-se que houve uma ligeira redução na poropressão no teste após a utilização do geotêxtil.

REFORÇO DE SUBLEITO	<i>Performance of geosynthetic-reinforced asphalt pavements.</i>	LING; LIU, 2001	As deformações que se desenvolveram ao longo da geogrelha ao longo do tempo e em diferentes níveis de carga foram monitoradas. Dois tipos diferentes de reforços de geogrelha foram usados e seus efeitos restritivos no sistema em camadas foram comparados. O estudo mostrou que o reforço geossintético aumentou a rigidez e a capacidade de carga do pavimento de concreto asfáltico. E ainda que as geogrelhas no preparo do subleito e para reabilitação da pavimentação, elas podem ser recicladas, sendo considerado viável no ponto de vista construtivo.	Sob carregamento dinâmico, a vida útil da camada de concreto asfáltico foi prolongada na presença de reforço geossintético. A rigidez da geogrelha e seu entrelaçamento com o concreto asfáltico contribuíram para o efeito restritivo. Sendo uma contribuição mais significativa para um modelo de carregamento dinâmico do que carregamento estático.
REFORÇO DE SUBLEITO	<i>A numerical study on the implications of subgrade reinforcement with geosynthetics in pavement design.</i>	NEVES; LIMA; GONÇALVES, 2016	Foi realizado um estudo sobre o efeito do reforço de geogrelha em um pavimento, levando em consideração a qualidade do subleito, o volume de tráfego e estrutura do pavimento. Sendo observada uma redução geral de deformações e	O efeito do reforço do pavimento foi analisado em termos de critérios de projeto de fadiga e sulcos. No geral, os resultados da modelagem numérica confirmaram o efeito do reforço e apontaram os fatores mais importantes que influenciam o uso de

			<p>deslocamentos na modelagem devido ao reforço. O efeito mais significativo do reforço da geogrelha nas deformações do pavimento foi alcançado pelo critério de sulcamento. Foi observada uma importante redução das deformações de compressão vertical ao nível do subleito. A variação máxima de deformação – 18% – foi obtida nos pavimentos com base e sub-base espessa, subleito macio e camada betuminosa fina.</p>	<p>geossintéticos ao nível do subleito para este fim. Percebeu-se ainda que a redução dos deslocamentos horizontais foi mais acentuada próximo a interface da geogrelha, como também no solo do subleito.</p>
REFORÇO DE SUB-BASE	<p><i>Contribution of geosynthetic reinforcement to granular layer stiffness</i></p>	<p>EDIL <i>et al.</i>, 2007</p>	<p>No estudo em questão, foram analisados tipos de geossintéticos (uma geogrelha, um geotêxtil tecido, um geotêxtil não tecido e um geocomposto de drenagem para reforço de sub-base. Foram obtidos fatores de reforço variando de 1,1 a 3,0, com maiores fatores de reforço para os geossintéticos menos extensíveis (geogrelha e geotêxtil tecido) na camada de sub-base mais espessa, enquanto foi o oposto para</p>	<p>As plataformas de trabalho reforçadas com geossintéticos tiveram deflexões elásticas menores e módulos elásticos maiores do que as plataformas de trabalho não reforçadas com a mesma espessura.</p>

			geossintéticos mais extensíveis (geotêxtil não ondulado e geocomposto de drenagem).	
TRATAMENTO DE TRINCAS REFLEXIVAS	<i>Influence of geosynthetic type on retarding cracking in asphalt pavements</i>	NORAMBUENA-CONTRERAS; GONZALEZ-TORRE (2015)	Danos em geossintéticos devido à instalação e cargas dinâmicas foram avaliados, em que a contribuição dos geossintéticos para retardar a trinca reflexiva foi quantificada e constatado que o bom comportamento mecânico dos geossintéticos não implica necessariamente uma contribuição no adiamento dessa patologia.	Um geossintético que apresenta bom comportamento à tração não necessariamente apresenta grande contribuição no retardo da propagação de trincas em pavimentos asfálticos. Constatou-se que a resistência à deterioração é um fator decisivo no comportamento dos geossintéticos. A depender da temperatura de operação dos geossintéticos obtida pelas análises térmicas, alguns apresentaram deterioração abaixo da temperatura fornecida pelo fabricante. Verificou-se que não há contribuição à resistência a fissuração até que seja solicitado um valor de deformação específico.

<p><i>Mitigation strategies for reflection cracking in rehabilitated pavements—A synthesis</i></p>	<p>DHAKAL; ELSEIFI; ZHANG, 2016</p>	<p>A trinca por reflexão é um sério desafio associado à reabilitação de pavimentos, pois leva à falha prematura da sobreposição e permite a infiltração de água pelas fissuras, o que causa descolamento nas camadas de HMA e enfraquecimento e deterioração da base e/ou subleito. Desse modo, foram avaliados e identificados métodos de tratamento para tal patologia.</p>	<p>Para cada tratamento temos uma avaliação: Tratamento com geossintético obtiveram resultados variados, atuando como reforço ou absorvedor de energia de deformações, de modo que a eficácia do tratamento depende de fatores como instalação e condições do pavimento. Para pavimentos de concreto, técnicas como a Rubblization relatou-se desempenho aceitável, não sendo recomendado para pavimentos com subleito e suporte de bases ruins, enfatizando que o entulho gerado na técnica ainda necessita de sobreposição espessa de material. O uso strata (agregado fino e denso com adição de polímeros), pode atrasar o aparecimento de fissuras em até dois anos e estendo a vida útil da sobreposição, mas em relação a custo-benefício é incerta. Entre outras técnicas apontadas para recuperação da</p>
--	-------------------------------------	---	---

				pavimentação essas foram as necessárias para o estudo em questão.
	<i>A laboratory study on the performance of geosynthetic reinforced asphalt overlays.</i>	OBANDO-ANTE; PALMEIRA, 2015.	Aborda resultados de ensaios laboratoriais de carga em camadas de concreto asfáltico armado e não armado com foco no uso de geogrelhas como reforço. Quatro tipos de reforços foram testados, sendo eles um geocomposto, 2 grades poliméricas e uma tela de arame. Nos resultados obtidos, observa-se um aumento na repetição de carga com o uso do reforço da geogrelha e que a aderência entre o concreto asfáltico e o reforço é fundamental para um bom desempenho dos revestimentos armados.	A reflexão da fissura ocorreu em todos os testes analisados, sendo mais severa nos pavimentos não reforçados. As capas reforçadas resistiram entre 4 a 18,8 ciclos de carga a mais, a depender do tipo de armadura e tensão aplicada. O geocomposto formado por uma geogrelha sobre um tecido revestido de asfalto foi o reforço menos eficaz, mas resistindo ainda entre 4 e 5,9 mais que o pavimento não reforçado
	<i>Mechanism of Mitigating Shear-induced Rutting of</i>	MIAO; ZHANG, 2008	Uma série de simulações de elementos finitos foi realizada para avaliar os benefícios da aplicação de reforço geotêxtil	A força transversal direcionada para fora é severo no meio da camada de concreto asfáltico do

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO	<i>Asphalt Pavement Using Geotextile.</i>		<p>para suavizar a formação de fissuras induzidas por cisalhamento em pavimentos asfálticos semirrígidos. Estudo paramétrico foi realizado para investigar como tais efeitos são influenciados pela disposição do geotêxtil e módulo de elasticidade, tendo como resultado que nenhum requisito especial de resistência à tração deve ser cumprido, pois a tensão do geotêxtil é muito menor do que a resistência à tração de quase todos os geotêxteis comuns.</p>	<p>pavimento semirrígido. E no carregamento dado, o topo da camada de concreto asfáltico atinge o estado plástico. 2. A força transversal direcionada para o exterior na camada de concreto asfáltico pode ser efetivamente reduzido pelo geotêxtil integrado e esse efeito pode ser aprimorado através do uso de geotêxtil de alto módulo de elasticidade. A deformação plástica transversal também é restringida pelo geotêxtil. 3. Mais de uma camada de geotêxtil deve ser colocada no meio da parte da camada de concreto asfáltico para mitigar as fissuras induzidas por cisalhamento porque a área de influência de uma camada de geotêxtil é bastante pequena. No entanto, o geotêxtil não deve ser colocado no fundo da camada, pois seu efeito é insignificante para suavizá-las.</p>
-----------------------------	---	--	---	--

<p><i>An investigation on the interface bond strength of geosynthetic-reinforced asphalt concrete using Leutner shear test.</i></p>	<p>SUDARSANAN; KARPURAPU; AMRITHALINGAM, 2018.</p>	<p>Observa-se que o cisalhamento a resistência das amostras de interface reforçadas com geossintético reduz em 20 a 50% em comparação com as amostras não reforçadas, dependendo do tipo de material geossintético. Este artigo propõe uma equação para prever a resistência ao cisalhamento de Leutner em qualquer temperatura variando de 10 a 30 na faixa estudada de taxas de deformação conhecendo o módulo de cisalhamento de pico de amostras não reforçadas a 10 C e o fator de redução para a camada intermediária geossintética.</p>	<p>As ligações entre as camadas do sistema de multicamadas influenciam diretamente no desempenho e durabilidade do pavimento. As forças de ligação apresentaram maiores taxas de deformações e temperatura comparado as taxas anteriores. Foi possível propor uma equação para estimar a resistência da ligação em termos de taxas de deformação e temperatura. Maiores deslocamentos podem ser devido à menor viscosidade do asfalto em altas temperaturas. Quanto maior o módulo do geossintético, menor é a redução na resistência de união. Um fator entre camadas foi desenvolvido para quantificar o efeito do geossintético na resistência da interface e é sugerido mais estudos para melhor definir esse fator.</p>
---	--	--	--

REFORÇO DE SUBLEITO	<i>Use of cellular confinement for improved railway performance on soft subgrades.</i>	SATYAL <i>et al.</i> , 2018.	O estudo mostrou que o reforço da geocélula diminuiu significativamente o recalque da via, diminuiu as deformações do subleito com distribuição mais baixa e uniforme de tensões verticais no subleito e inibiu a deformação lateral e a manutenção sob carregamento cíclico. Esses resultados demonstram que o confinamento com geocélulas pode ser uma alternativa eficaz para melhoria do subsolo ou ciclos de manutenção mais curtos, principalmente em subleitos fracos.	O confinamento Devido à extensa faixa de servidão, as ferrovias estão inevitavelmente sujeitas a más condições do subleito e serviços interrompidos para manutenção significativa devido a deformações excessivas e perda de geometria da via. O confinamento por geocélulas apresenta-se como uma possível solução para melhorar o desempenho de aterros ferroviários lastrados sobre subleito fraco.
REFORÇO DE ESTRADA NÃO PAVIMENTADA	<i>Evaluation of geosynthetic reinforcement in unpaved road using moving wheel load test.</i>	SINGH; TRIVEDI; SHUKLA, 2022.	O principal objetivo do trabalho foi de avaliar o desempenho de pavimentos não reforçados e reforçados com geossintéticos em termos de sulcagem sob testes de carga móvel. As geogrelhas e geotêxteis foram instaladas nas camadas de base-subleito. O Índice de Benefício de Tráfego (TBR) e o Índice de	O maior valor do índice de desempenho foi da seção reforçada com geotêxtil, influenciando diretamente na resistência à rutura. Os resultados do teste indicam os benefícios do reforço com geossintético no mecanismo de reforço de contenção lateral em uma profundidade menor de sulcos e maior resistência a

			<p>Desempenho (IP) foram empregados no estudo para avaliação da eficácia do reforço geossintético em estradas não pavimentadas. Após 350 passagens de veículos, as seções de teste reforçadas com geotêxtil e reforçadas com geogrelha obtêm uma redução de 44,89% e 28,57%, respectivamente.</p>	<p>penetração das seções de teste reforçadas em comparação com as seções de teste não reforçadas.</p>
--	--	--	---	---

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor (2023).

Os estudos selecionados demonstram a importância de pesquisas com foco na utilização de geossintéticos, conforme descrito por Rosa *et al.* (2016) que destacaram as implicações da identificação de diferentes tipos de patologias asfálticas, em conjunto com a adequação e o uso correto de geossintéticos para resolução de problemas em rodovias.

Nessa perspectiva, é fundamental o reconhecimento de todos os termos que definem as diferentes modificações e problemas em pavimentos asfálticos estipuladas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT), sendo importante a correta determinação dos índices de qualidade relacionados ao bombeamento de finos, fendas, exsudação, desgaste, escorregamento e trilha de rodas, além das técnicas de manutenção e correção.

Com isso, Oliveira *et al.*, (2016) relaciona essas afirmações aplicadas aos geotêxteis e geogrelhas (principais geossintéticos para pavimentos asfálticos), destacando que o seu uso melhora as camadas prolongando a vida útil do pavimento. Tendo em vista que suas principais funções são fortalecer, separar, impermeabilizar e/ou proteger as camadas que compõem a estrutura.

Em uma mesma perspectiva, Silva, De Sá e Dos Santos (2021), destaca que outras propriedades importantes comumente citadas pelos engenheiros em relação às propriedades dos geossintéticos atualmente no mercado são: resistência mecânica satisfatória, fluidez, rigidez à tração e durabilidade, além da resistência à água. Dessa forma, podem ser observadas as diversas vantagens da utilização de tais sistemas na construção geotécnica.

Quando usados para fins de reforço, os geossintéticos são especialmente necessários para suportar tensões de tração e são aplicados como base e revestimentos. Como elementos isolantes e protetores, os geossintéticos são utilizados na interface entre camadas compostas por materiais com diferentes propriedades geotécnicas. Além disso, em termos de impermeabilização, são utilizados para reduzir a possibilidade de infiltração de água da camada superior.

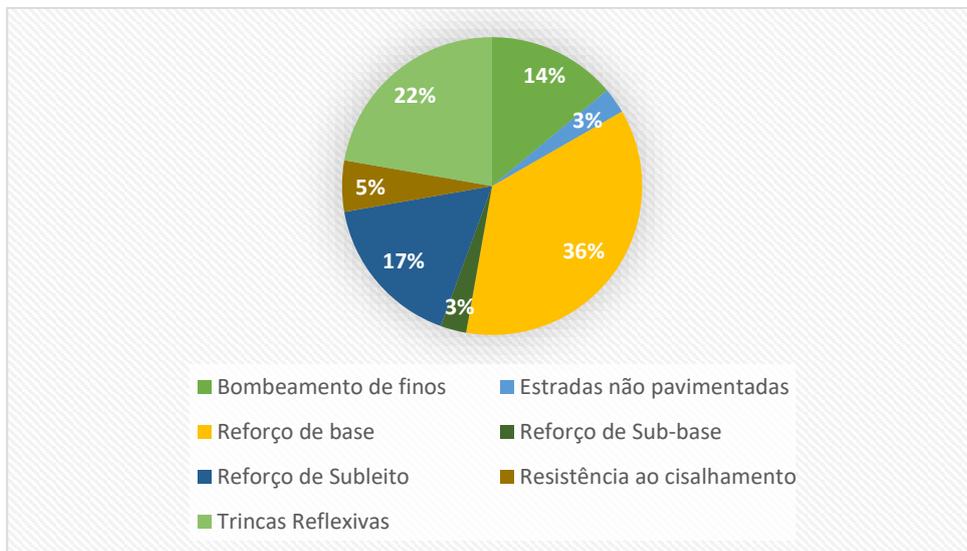
Assim, o uso de geossintéticos no pavimento reduz e distribui uniformemente a carga que atinge o subleito, o que afeta a redução de lesões na estrutura do solo, em que essas patologias podem ser remediadas utilizando geossintéticos como camadas de reforço de fundação e sub-base.

No entanto, apesar da sua importância e funcionalidade, os métodos de utilização dos geossintéticos ainda são aplicados de forma inadequada, exigindo o reconhecimento e utilização de fatores importantes que ampliam a qualidade dos pavimentos e contribuem para a diminuição de problemas relacionados a execução dos projetos em rodovias.

Portanto, o uso de técnicas e produtos relacionados aos geossintéticos referem-se à engenharia geotécnica, principalmente reforço de solos, em que a sua correta aplicação simplifica a solução de diversos problemas e sistemas de engenharia. Isso torna a correção de patologias mais dinâmica e efetiva, melhorando todo o sistema de rodovias e circulação de veículos.

A figura 3 a seguir apresenta a distribuição dos 36 artigos analisados, com a intenção de demonstrar a ocorrência dos estudos a cada aplicação por geossintético.

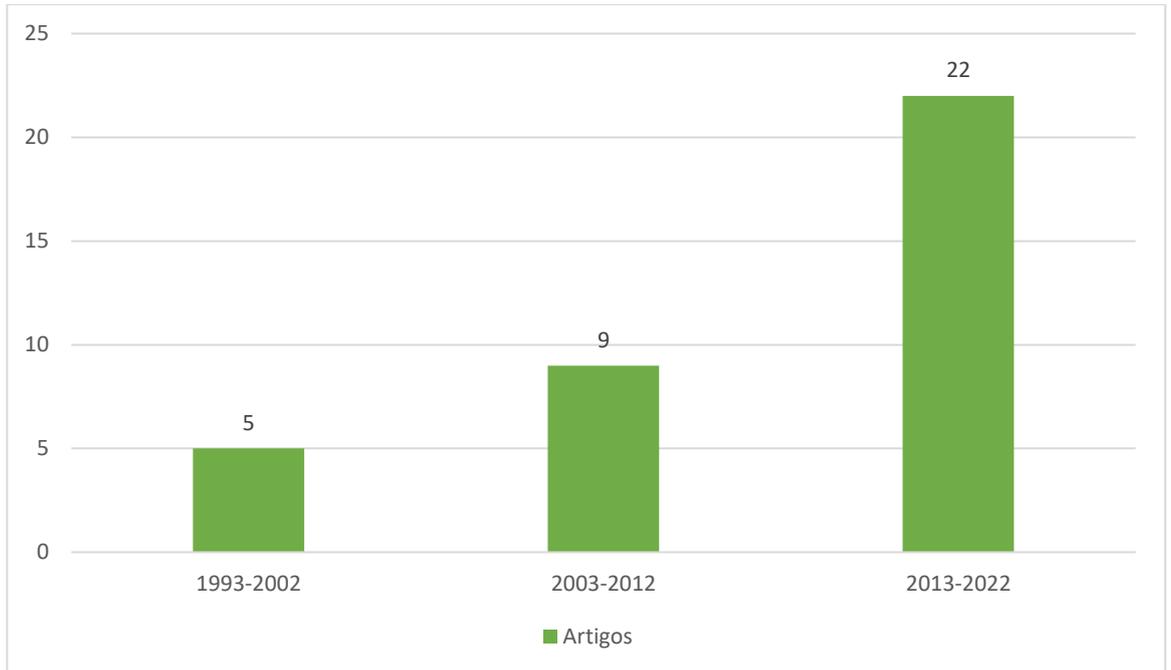
Figura 3. Gráfico de artigos distribuídos por aplicação de geossintético



Fonte: Elaborado pelo próprio Autor (2023).

O que destaca ainda mais a utilização de geossintéticos para reforço de solos, como é possível notar que a maioria dos artigos pesquisados dão ênfase à aplicação como reforço de base e a área com mais escassez de estudos em aplicações de reforço de sub-base e pesquisas relacionadas a utilização de geossintéticos em estradas não pavimentadas, referente a amostragem de dados pesquisada.

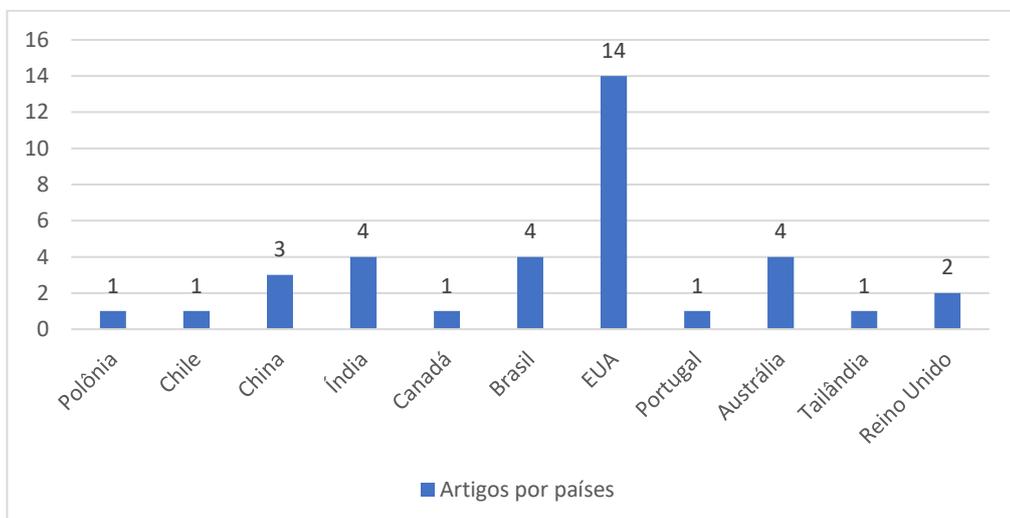
Na figura 4, tem-se a evolução das pesquisas no decorrer dos anos, dividido em décadas:

Figura 4. Divisão por anos de publicação

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor (2023).

Analisando o gráfico, dividido em décadas pode-se inferir que no decorrer das décadas a procura por mais informações, análises e testes que possam atestar a eficácia da utilização de geossintéticos em obras de pavimentação asfáltica se intensificou e mais estudos foram desenvolvidos, assim como, métodos de implementação e localização dos geossintéticos nas camadas de solo.

Uma análise geográfica sobre os artigos publicados, tem-se a figura 5, que expressa a distribuição dos artigos pesquisados por países:

Figura 5. Distribuição dos artigos por países publicados.

Fonte: Elaborado pelo próprio Autor (2023).

Pode-se perceber que o maior número de artigos publicados e pesquisas realizadas foi nos Estados Unidos, em que houve a ocorrência de mais estudos pela implementação dessas alternativas de mitigação das patologias em pavimentação asfáltica, tanto trabalhos numéricos e experimentais.

5 CONCLUSÃO

O uso de geossintéticos para a recuperação de pavimentos asfálticos apresenta benefícios significativos em termos de deformações permanentes, prolongando a vida útil do pavimento e por conseguinte, melhorando a durabilidade do pavimento. Ainda com a inclusão de reforços de base com geossintéticos tem-se uma redistribuição das cargas aplicadas, reduzindo a concentração de tensões na camada base, ocasionando diminuição de tensões no subleito.

Embora a aplicação de geossintéticos como reforço de base seja amplamente estudada, nota-se uma carência de pesquisas e estudos relacionados ao reforço de sub-base, com a necessidade de buscas por mais informações a respeito de tais comportamentos relacionados ao uso do geossintético em situações mais abrangentes na engenharia rodoviária.

Obteve-se, em estudos citados e comprovados, melhoria na espessura da camada do pavimento sendo reduzida até de 12% a 49% a depender da localização e do tipo de geossintético utilizado, diminuindo potencialmente os custos de implantação e impactos ambientais. Além disso, a utilização de geossintéticos na camada de base limita o deslocamento lateral do material, proporcionando um intertravamento que aumenta a rigidez do sistema estrutural, reduz a deformação por cisalhamento e melhora a resistência à fadiga. Confirmando que a utilização de geossintéticos apresenta-se como uma alternativa promissora na construção e recuperação de pavimentos asfálticos, visando estradas e rodovias mais eficientes, sustentáveis e de maior qualidade.

As principais funções dos geossintéticos, como fortalecimento, separação, impermeabilização e proteção das camadas do pavimento, contribuem para a melhoria da estrutura e desempenho. Em casos de utilização de geossintéticos para evitar o bombeamento de finos, obtiveram resultados satisfatórios nos testes em que foi avaliado a separação e a filtragem, atestando a ação efetiva do uso de geotêxtil para o combate a migração de finos do subleito para a sub-base reduzindo assim, deformações no subleito.

Vale ressaltar as propriedades desejáveis de geossintéticos, que incluem resistência mecânica satisfatória, fluidez, rigidez à tração, durabilidade e resistência à água, que são indispensáveis para que a melhoria no pavimento seja alcançada, e que, por parte do fabricante, esteja em conformidade, atendendo os requisitos de utilização de acordo com o tipo de solo, obra e características particulares a cada projeto.

No entanto, são necessários mais estudos e pesquisas para explorar todo o potencial dos geossintéticos, especialmente em relação ao reforço de sub-base. O avanço no conhecimento e na aplicação dos geossintéticos pode promover uma melhoria nas técnicas de recuperação de pavimentos e contribuir para um sistema viário mais eficiente, sustentável e seguro.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10319 7/2013:** Geossintéticos – Ensaio de tração faixa larga. Rio de Janeiro, 2013.
- ABU-FARSAKH, Murad et al. Performance of geosynthetic reinforced/stabilized paved roads built over soft soil under cyclic plate loads. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 44, n. 6, p. 845-853, 2016.
- ABU-FARSAKH, Murad Y.; CHEN, Qiming. Evaluation of geogrid base reinforcement in flexible pavement using cyclic plate load testing. **International Journal of Pavement Engineering**, v. 12, n. 03, p. 275-288, 2011.
- ALOBAIDI, Imad; HOARE, David J. Qualitative criteria for anti-pumping geocomposites. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 16, n. 4, p. 221-245, 1998.
- ALVES, Micael Terra de Oliveira; FERNANDES, Ricardo Eguchi Correa; BERTEQUINI, Aline Botini Tavares. **Patologias em pavimento flexível**. 2018.
- AZEVEDO, Letícia Maria Macêdo de. **Instalação de geossintéticos em pavimentos flexíveis com CBUQ: danos de instalação**. Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal - Brasil 2019.
- BESKOU, Niki D.; TSINOPOULOS, Stephanos V.; HATZIGEORGIOU, George D. Fatigue cracking failure criterion for flexible pavements under moving vehicles. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, v. 90, p. 476-479, 2016.
- BERNUCCI, L. et al. **Pavimentação Asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: ABEDA, 2006.
- BINS, Bianca. **Estudo de alternativas da utilização de camadas anti-reflexão de trincas em restauração de pavimentos flexíveis**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2019.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. DNIT IPR/720: **Manual de restauração de pavimentos asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.
- CAVALCANTE, Amanda Alves. **Patologia em pavimentos flexíveis**. **Repositório UFPB**, 2021.
- CHEN, Qiming; FARSAKH, Murad Abu. Structural contribution of geogrid reinforcement in pavement. In: **GeoCongress 2012: State of the Art and Practice in Geotechnical Engineering**. 2012. p. 1468-1475.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias: **principais dados**. Anuário CNT do transporte – estatísticas consolidadas 2018. Brasília, CNT, 2018. 229 p.
- CNT – Confederação Nacional do Transporte. Transporte Rodoviário – **Os pontos críticos nas Rodovias Brasileiras**. Brasília: CNT, 2022.

DHAKAL, Nirmal; ELSEIFI, Mostafa A.; ZHANG, Zhongjie. Mitigation strategies for reflection cracking in rehabilitated pavements—A synthesis. **International Journal of Pavement Research and Technology**, v. 9, n. 3, p. 228-239, 2016.

EDIL, Tuncer B. et al. Contribution of geosynthetic reinforcement to granular layer stiffness. In: **Soil and material inputs for mechanistic-empirical pavement design**. 2007. p. 1-10.

FONSECA, Leonardo Lacerda; ALMEIDA, Maria das Graças Gardoni; GRECO, Jisela Aparecida Santanna. Avaliação da resistência a tração na flexão de camadas asfálticas reforçadas com geossintéticos. In: **XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica-COBRAMSEG**. 2016.

GASPAR, Magna Alves Viana; PINHEIRO, José Guilherme Leitão. Estudo descritivo das principais patologias encontradas em pavimentações asfálticas de estradas de rodagem. **Episteme Transversalis**, v. 12, n. 3, 2021.

GU, Fan et al. Numerical modeling of geogrid-reinforced flexible pavement and corresponding validation using large-scale tank test. **Construction and Building Materials**, v. 122, p. 214-230, 2016.

IMJAI, Thanongsak; PILAKOUTAS, Kypros; GUADAGNINI, Maurizio. Performance of geosynthetic-reinforced flexible pavements in full-scale field trials. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 47, n. 2, p. 217-229, 2019.

KERMANI, Behnoud et al. Reduction of subgrade fines migration into subbase of flexible pavement using geotextile. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 46, n. 4, p. 377-383, 2018.

LIMA, José Malaquias De Lima Filho et al. Pavimentação asfáltica com utilização de borracha como agregado sob uma visão teórica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19533-19544, 2020.

LING, Hoe I.; LIU, Zheng. Performance of geosynthetic-reinforced asphalt pavements. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, v. 127, n. 2, p. 177-184, 2001.

LOPES, Margarida Pinho; LURDES, Maria. **A durabilidade dos geossintéticos**. FEUP Edições, 2010.

MIAO, Yinghao; ZHANG, Jinxi. **Mechanism of Mitigating Shear-induced Rutting of Asphalt Pavement Using Geotextile**. Pequim, China. 2008

MOHAMMED, Shams A.; NAIMI, Sepanta; ABDULKAREEM, Ahmed H. The effect of geogrid reinforcement of embankment over soft foundation. **Periodicals of Engineering and Natural Sciences**, v. 10, n. 6, p. 5-27, 2022.

NEVES, José; LIMA, Helena; GONÇALVES, Margarida. A numerical study on the implications of subgrade reinforcement with geosynthetics in pavement design. **Procedia engineering**, v. 143, p. 888-895, 2016.

NORAMBUENA-CONTRERAS, J.; GONZALEZ-TORRE, I. Influence of geosynthetic type on retarding cracking in asphalt pavements. **Construction and building Materials**, v. 78, p. 421-429, 2015.

NORAMBUENA-CONTRERAS, J.; GONZALEZ-TORRE, I. Influência do tipo de geossintético no retardo da fissuração em pavimentos asfálticos. **Construção e Materiais de Construção**, v. 78, p. 421-429, 2015.

OBANDO-ANTE, Jaime; PALMEIRA, Ennio M. A laboratory study on the performance of geosynthetic reinforced asphalt overlays. **International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering**, v. 1, p. 1-11, 2015.

OLIVEIRA, Lorena A. et al. Uso de geossintéticos como reforço em estradas não pavimentadas. **Engenharia Agrícola**, v. 36, p. 546-557, 2016.

PALMEIRA, Ennio M. (2018). **Geossintéticos em geotecnia e meio ambiente**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

PINTO, JIBR. **Caracterização superficial de pavimentos rodoviários**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Vias de Comunicação) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.

ROSA, Klichia Kelen Boni *et al.* Diagnóstico e procedimento de recuperação das patologias apresentadas na pavimentação asfáltica de palmas-TO. **Revista Integralização Universitária**, n. 15, 2016.

SANTIAGO, Lucimar et al. Determinação do dano em pavimentos asfálticos por meio da combinação do modelo S-VECD com análises elásticas. **Transportes**, v. 26, n. 2, p. 31-43, 2018.

SANTOS, Douglas Freitas Augusto. Pavimentação rodoviária: a recuperação em discussão. **Engineering Sciences**, v. 7, n. 2, p. 77-85, 2019.

SANTOS, Maria de Lourdes Cardoso. Patologia em pavimentos flexíveis e sua recuperação: concreto betuminoso usinado a quente (CBUG). **Centro Universitário do Cerrado, graduação em Engenharia Civil, Patrocínio-MG**, 2018.

SATYAL, Sagar Raj et al. Use of cellular confinement for improved railway performance on soft subgrades. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 46, n. 2, p. 190-205, 2018.

SHEN, Panpan et al. Two and three-dimensional numerical analyses of geosynthetic-reinforced soil (GRS) piers. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 47, n. 3, p. 352-368, 2019.

SILVA, Beatriz Vieira; DE SÁ, Gisele Rodrigues; AMARANTE, Mayara. Análise do uso de geossintéticos para reforço de aterros. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 7, n. 1, p. 1-17, 2021.

SILVA, P. F. A. Manual de patologia e manutenção de pavimentos. 2. ed. São Paulo: **Pini**, 128 p. 2008.

SILVA, Paulo Fernando A. **Manual de patologia e manutenção de pavimentos**. PINI, 2008.

SINGH, Meenakshi; TRIVEDI, Ashutosh; SHUKLA, Sanjay Kumar. Evaluation of geosynthetic reinforcement in unpaved road using moving wheel load test. **Geotextiles and Geomembranes**, v. 50, n. 4, p. 581-589, 2022.

SOARES, Sandro Vieira; PICOLLI, Icaro Roberto Azevedo; CASAGRANDE, Jacir Leonir. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e ensaio teórico em administração e contabilidade. **Administração: ensino e pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 308-339, 2018.

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE GEOSSINTÉTICOS (International Geosynthetics Society – IGS) Disponível em: <https://www.geosyntheticssociety.org/>. Acesso em 04 abril. 2022.

SUDARSANAN, Nithin; KARPURAPU, Rajagopal; AMRITHALINGAM, Veeraragavan. An investigation on the interface bond strength of geosynthetic-reinforced asphalt concrete using Leutner shear test. **Construction and Building Materials**, v. 186, p. 423-437, 2018.