

# APLICAÇÃO DE “GEOREFORÇOS” EM OBRAS VIÁRIAS

**André E. F. Silva, M. Sc., Eng.**

Huesker Ltda – São José dos Campos (SP)

andre@huesker.com.br

**Resumo.** Os “GeoReforços”, termo este não oficial, são materiais geossintéticos desenvolvidos especificamente para atuarem como reforço e como elemento estrutural em obras geotécnicas e de pavimentação. Em projetos viários, os georeforços apresentam grande potencial de aplicação tanto em obras de infra-estrutura e terraplenagem quanto na própria estrutura do pavimento. Este trabalho objetiva apresentar algumas destas possibilidades de utilização dos geossintéticos de reforço em obras viárias. São apresentadas algumas situações em que a consideração do uso dos georeforços é adequado: estabilidade de aterros e taludes viários, reforço de aterros sobre solos moles, reforço de base de pavimentos, reforço de revestimentos asfálticos. Para cada situação, são discutidos os mecanismos de funcionamento dos georeforços como reforço do solo e/ou elemento estrutural do pavimento, as propriedades e características relevantes destes materiais, tais como resistência e deformabilidade, comportamento de longo prazo, capacidade de ancoragem. Também são apresentados princípios básicos de dimensionamento e especificação dos georeforços na composição da estrutura do pavimento. O trabalho ainda apresenta uma breve discussão a respeito da viabilidade técnica e econômica das soluções destacadas.

**Palavras-chave:** GeoReforços, Geogrelhas, Obras viárias

## 1. INTRODUÇÃO

“GeoReforço” é um termo não oficial que engloba todos os geossintéticos com

função eminentemente de reforço. Por serem as geogrelhas o exemplo mais importante deste grupo de materiais, deste ponto em diante referir-se-á a geogrelhas querendo-se referir a georeforços em geral, exceto quando claramente explicitado. As geogrelhas são, dentre os geossintéticos - materiais fabricados a partir de polímeros para aplicação em obras geotécnicas, obras de terraplenagem - os materiais especificamente desenvolvidos para atuarem com função de reforço de estruturas de solo. Sendo assim, as geogrelhas apresentam uma ampla aplicabilidade em obras viárias, uma vez que serviços de terraplenagem representam parte importante de obras desse tipo.

De maneira geral, as geogrelhas apresentam grande potencial de utilização na construção de rodovias, ferrovias e aeródromos, tanto em obras de infra-estrutura como na própria estrutura do pavimento. Em muitas situações, a adoção de uma solução envolvendo o uso de geogrelhas representa economia ao projeto, sendo, algumas vezes a única a viabilizar a execução da obra, seja do ponto de vista técnico seja do econômico.

Sendo assim, sempre que o uso de geogrelhas for adequado, existe a necessidade de se analisar qual o material que melhor deve satisfazer às necessidades requeridas pelo projeto. Esta análise deve levar à especificação das propriedades que caracterizam a geogrelha mais adequada para cada situação. Em outras palavras, o dimensionamento deve levar à determinação de uma geogrelha que cumpra com os parâmetros especificados, sendo estes, a resistência à tração do material, níveis de

deformabilidade, comportamento em fluência, interação com o solo, entre outros.

## 2. PROPRIEDADES RELEVANTES DAS GEOGRELHAS

Como material para reforço de estruturas de solo, as geogrelhas devem necessariamente apresentar algumas propriedades para que apresentem desempenho eficiente em tais aplicações (Palmeira, 1999):

### 2.1. Resistência à tração

As geogrelhas trabalham de modo a induzir maior estabilidade às estruturas onde estão inseridas, primordialmente, por suas características de resistência a esforços de tração. Assim, seja para evitar ruptura, seja para minimizar deformações excessivas da estrutura, em cada caso será exigido um determinado nível de resistência da geogrelha, que pode ser, em algumas situações, relativamente elevado.

A determinação da resistência à tração de cada tipo de geogrelha é feita através de ensaios de tração normalizados (Fig. 1).

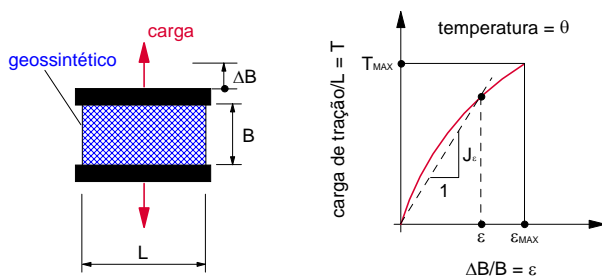


Figura 1. Caracterização da geogrelha por sua resistência à tração.

Em geral, estes ensaios fornecem valores que devem ser considerados a nível apenas de caracterização, ou seja, indicam a resistência nominal ( $T_{max}$ ) que seria a resistência mobilizada pelo reforço no instante da ruptura. Por outro lado, para consideração em projeto, deve-se levantar a resistência admissível ( $T_{adm}$ ) ou resistência de longo prazo do material, que seria a

resistência útil disponível da geogrelha com a qual se pode contar na obra (Silva, 2003). Sobre a resistência de admissível será comentado adiante.

### 2.2. Rigidez / Deformabilidade

Assim como a resistência da geogrelha, é importante ter-se claramente a que níveis de deformação ( $\epsilon$ ) essa resistência pode ser mobilizada. Em algumas aplicações, mais importante que a resistência nominal ou admissível do reforço, é ter-se definida a sua rigidez ( $J_\epsilon$ ) - relação entre resistência mobilizada e deformação do material.

De maneira geral, é interessante que a geogrelha apresente níveis de deformabilidade compatíveis com os apresentados pelo solo (Fig. 2). Se o material de reforço for excessivamente deformável em relação ao solo, muito pouco de sua resistência máxima contribuirá com a estabilização da estrutura antes que esta seja levada à ruptura. Se, por outro lado, trata-se de um material muito mais rígido que o solo, que rompe a níveis de deformação muito inferiores ao ponto de ruptura do solo, basicamente, toda a tarefa de resistência ao colapso deverá ser absorvida pela geogrelha, e as propriedades de resistência do solo seriam de forma "anti-econômica", inutilizadas.

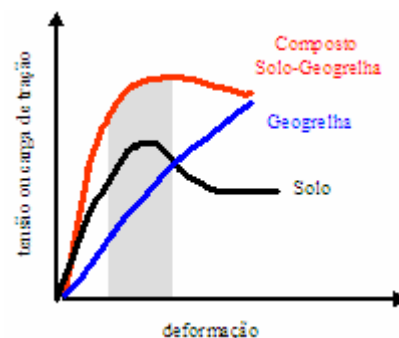


Figura 2. Comportamento sob solicação (geogrelha e solo).

Sendo assim, a maior parte das geogrelhas disponíveis no mercado são produzidas de maneira tal e a partir de matérias-primas tais que se adequem ao

comportamento do solo. Uma vez que a geogrelha e o solo apresentem níveis de deformabilidade compatíveis, ambos devem trabalhar uniformemente no que diz respeito à mobilização de suas capacidades de resistência. Isto deve levar a uma otimização do consumo de reforço geossintético na estrutura.

### 2.3. Comportamento em fluência

Para a determinação da resistência de admissível, uma questão importante é o comportamento em fluência da geogrelha. A fluência é a perda da resistência do material no tempo sob solicitação permanente. Esta é uma propriedade essencialmente ligada à matéria-prima que constitui a geogrelha.

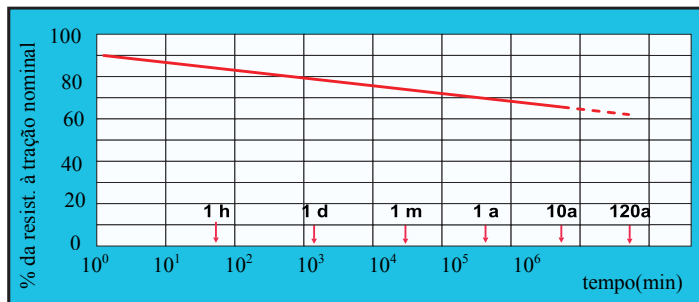


Figura 3. Curva de referência para geogrelha de poliéster.

Uma vez determinado o comportamento em fluência do material, pode-se definir o que se denomina por resistência de referência ( $T_{ref}$ ) que seria a resistência máxima do material após um determinado período sob solicitação. Na prática, a resistência de referência é a resistência nominal minorada por um fator de redução de fluência ( $FR_{fl}$ ), em geral, definida para o equivalente a 120 anos de solicitação:

$$T_{ref} = \frac{T_{max}}{FR_{fl}} \quad (1)$$

Para a determinação do comportamento em fluência existem ensaios normalizados. Um fator importante na determinação da fluência é a temperatura de ensaio. Alguns materiais apresentam a fluência bastante acentuada com o aumento da temperatura.

Estes ensaios de fluência são, basicamente, ensaios de tração por carga predeterminada, por longo período de tempo. Através destes ensaios, é possível traçar a chamada curva de referência (Fig. 3), que relaciona a resistência do reforço com o tempo, e a curva isócrona (Fig. 4) de cada material, que é a curva resistência x deformação após um determinado tempo de solicitação.

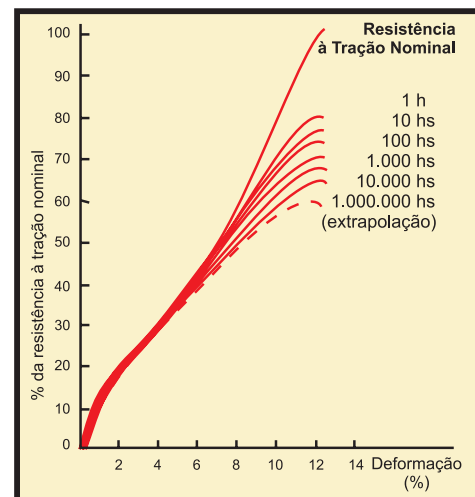


Figura 4. Curvas isócronas para geogrelhas de poliéster.

Sendo assim, através do ensaio de fluência obtém-se, por um lado, a resistência de referência, e por outro as características de deformação e de ruptura do material por fluência.

### 2.4. Resistência a danos de instalação

Os geossintéticos são, como tantos outros, materiais suscetíveis a danos durante a execução da obra, especialmente durante sua instalação. E estes danos podem levar a uma perda de suas propriedades mecânicas, de sua resistência à tração, por exemplo.

Por isso, em geral, as geogrelhas, quando for o caso, apresentam algum tipo de recobrimento protetor, de forma a minimizar os efeitos danosos da execução da obra. E esta perda de resistência pode ser quantificada. Para a definição da resistência de admissível, a perda por danos de instalação é descontada através do fator de redução por danos mecânicos de instalação ( $FR_{dm}$ ). Este fator é definido para cada material através de ensaios normalizados.

## 2.5. Resistência a efeitos físico-químicos e biológicos

Em algumas situações especiais, que fogem à regra, pode haver algum tipo de restrição do polímero que seja matéria-prima para a geogrelha devido ao meio em que esta deva ser aplicada, uma vez que este pode ser "atacado" ou reagir com alguma substância presente no meio. Na maioria das vezes este não é um problema, ou se é, a presença de alguma substância nociva ao material leva apenas a uma perda parcial de sua resistência máxima. No caso de polímeros, a suscetibilidade biológica é uma situação ainda mais rara.

Para entender o comportamento de cada material em ambientes potencialmente agressivos, deve-se promover o teste de cada tipo de geogrelha, ao menos dos polímeros que as compõem para entender a perda de resistência a que estão sujeitas em cada caso. Esta possível perda de resistência deve ser considerada pela minoração da resistência à tração máxima por um fator de redução a danos ambientais (físico-químicos e/ou biológicos) ( $FR_{amb}$ ).

## 2.6. Resistência admissível, ou útil de longo prazo

Finalmente, a resistência admissível ( $T_{adm}$ ) caracteriza a geogrelha pela resistência à tração com que se pode contar, quando solicitada. Este valor pode ser obtido a partir da resistência nominal do produto, ou da resistência de referência pela aplicação

dos fatores de redução adequados para cada caso:

$$T_{proj} = \frac{T_{ref}}{FR_{dm} \times FR_{amb} \times f_m} \quad (2)$$

## 2.7. Interação com o solo e capacidade de ancoragem

Uma vez que o solo reforçado nada mais é que uma massa de solo com a inserção do reforço, estes devem trabalhar juntos, o que se dá através da transferência de tensões entre os dois materiais quando solicitados. O solo, ao ser solicitado, se deforma, o que garante a mobilização da resistência do reforço quando este se deforma juntamente com o solo envolvente.

Para garantir este trabalho em conjunto, o reforço deve ter boa capacidade de interação com o solo, o que se traduz em boa capacidade de ancoragem no mesmo. Basicamente, duas grandezas quantificam esta capacidade de interação (Palmeira, 1999), (Jewell, 1996):

- Coeficiente de deslizamento direto ( $C_d$ ): corresponde à relação entre a resistência ao cisalhamento na interface solo-reforço e a resistência ao cisalhamento característica do solo.
- Coeficiente de interação ( $C_i$ ): corresponde à relação entre a tensão cisalhante de arrancamento em uma das faces do reforço na interface solo-reforço e a resistência ao cisalhamento característica do solo.

Especialmente por sua estrutura de malha aberta (Fig. 5), as geogrelhas apresentam elevados valores de capacidade de interação com o solo, para qualquer tipo de solo, apresentando, em muitas situações, valores para  $C_d$  e para  $C_i$  próximos ou iguais a 1,0. Como possuem boa parte de sua superfície aberta, as geogrelhas não se constituem em elementos de descontinuidade da massa de solo.

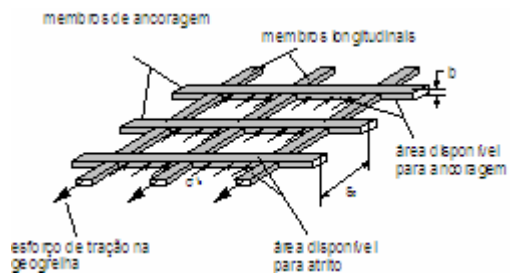


Figura 5. Estrutura de malha aberta das geogrelhas.

Sendo assim, as geogrelhas, em geral, apresentam boa capacidade de ancoragem no solo, fator essencial em muitas aplicações, o que se traduz em redução de comprimentos de ancoragem necessários pela maior resistência ao arrancamento destes materiais. Por outro lado, tem-se garantida uma maior eficiência do material de reforço, pois a mobilização da resistência de geogrelhas com boa interação com o solo se dá a partir de deformações mínimas do material.

### 3. APLICAÇÕES MAIS CORRENTES DAS GEOGRELHAS EM OBRAS VIÁRIAS

#### 3.1. Muros de contenção e taludes íngremes

A necessidade de obras de contenção é bastante comum quando se trata de implantar uma malha viária ou em ações de manutenção da mesma. Isto é sempre válido, uma vez que, via de regra, as rodovias e ferrovias são construídas sobre terrenos em aterro e/ou em corte. E em muitos pontos de tais obras, é necessário lançar-se mão de uma estrutura para garantir a estabilidade, seja de um corte, seja de uma encosta, seja de um aterro com talude mais íngreme.

Muitas são as soluções possíveis para a concepção de estruturas de contenção. Estruturas de solo reforçado se apresentam como uma dessas alternativas (Fig. 6). E em boa parte das situações, trata-se de uma alternativa interessante, tanto do ponto de vista econômico como do técnico.

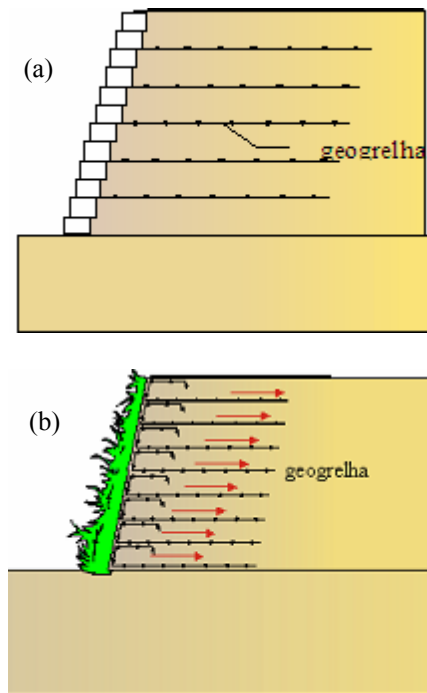


Figura 6. Alternativas para contenções com solo reforçado: (a) com face em blocos segmentais e (b) com face vegetada.

A aplicação da geogrelha nessas situações é, basicamente, como elemento de reforço de uma estrutura de solo. Neste caso o aterro reforçado atua como uma estrutura de contenção por gravidade. E para se ter uma economia de material e espaço através da redução da declividade do talude na face da estrutura, conseqüentemente da base do aterro, este pode ser executado com a utilização de camadas de geogrelha como reforço, tendo-se assim sua estabilidade garantida.

Da mesma forma, na execução de aterros para a implantação de uma rodovia, se houver a necessidade de se reduzir a declividade do talude, pela necessidade de ocupar-se menor área, por exemplo, a alternativa do uso da geogrelha como reforço de solo pode ser uma maneira interessante de se viabilizar a execução de um talude mais íngreme.

Em geral, o solo reforçado é uma alternativa interessante do ponto de vista econômico, uma vez que lança mão de um material de construção geralmente abundante e relativamente barato: o solo. E o

uso de geogrelhas sintéticas como elementos de reforço, quando for o caso, é interessante uma vez que torna a solução bastante versátil. Em geral, o uso de geogrelhas sintéticas não restringe o tipo de solo para a estrutura, permite a variação da geometria e da altura do aterro (basicamente sem um valor limitante), garante as condições de drenagem e de continuidade do maciço de solo compactado. Além de tudo isso, são compatíveis com as condições de deformabilidade da estrutura, sejam deformações internas, sejam por recalques do solo de fundação.

A execução de estruturas de solo reforçado é muito simples e, em geral, não exige mão-de-obra especializada e equipamentos específicos. Basicamente, duas são as alternativas para sua concepção, principalmente no que se refere à constituição da face:

- Estrutura de solo reforçado com elementos pré-moldados na face (segmentais): em alguns mercados, é bastante comum a execução de muros de contenção reforçados com geogrelhas e faceados por blocos segmentais de concreto. Tratam-se de blocos concebidos especificamente para esta aplicação que, em geral, são auto portantes e não exigem argamassa, e trabalham em conjunto com as geogrelhas; geralmente as geogrelhas são diretamente ancoradas nestes blocos na região da face do muro. Os blocos funcionam, durante a execução, como fôrmas de compactação garantindo praticidade e agilidade à obra, e ainda fazem a função estética da estrutura.
- Solo reforçado com face envelopada pela geogrelha: neste caso, a própria geogrelha garante a estabilidade da face da estrutura, sendo cada camada de solo reforçado envolvida (envelopada) por ela na face. A execução exige a utilização de um sistema de fôrmas, removíveis ou não. E deve haver alguma solução para a constituição da face da estrutura, que cumpre a função estética e de proteção da estrutura, especialmente com relação a problemas de erosão. Neste sentido, é

comum o plantio no talude, através de técnicas de hidrossemeadura, por exemplo, obtendo-se uma estrutura reforçada com aspecto natural. Outras soluções como concreto projetado e muros de alvenaria também são possíveis.

Em cada uma dessas concepções, a execução de aterros com solo reforçado consiste basicamente na compactação do solo em camadas alternadas com a instalação das camadas de geogrelhas em comprimentos adequados. Um sistema de drenagem adequado é importante para garantir o bom desempenho da estrutura.

O dimensionamento de muros de estruturas de solo reforçado lança mão de princípios relativamente simples (Koerner, 1998), (Jewell, 1996).

### 3.2. Reforço de aterros sobre solos moles

A ocorrência de regiões de solo de baixa capacidade portante é comum no traçado de rodovias e ferrovias a serem implantadas. Aqui também, existem algumas soluções possíveis e a utilização de geogrelhas como reforço de solos é uma alternativa que pode viabilizar a obra.

Para se poder executar um aterro alto sobre um solo de fundação de baixa capacidade portante, uma questão é a estabilidade da estrutura, a possibilidade de ruptura global do aterro. A utilização da geogrelha na base do aterro (Fig. 7), pode ser suficiente para garantir sua estabilidade por meio de sua resistência à tração, como alternativa a outras possibilidades. Por outro lado, a geogrelha também atua no sentido de homogeneizar recalques, minimizando possíveis recalques diferenciais.

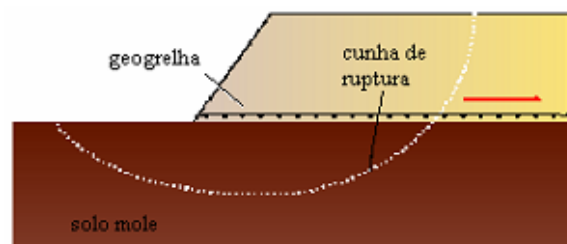


Figura 7. Aterro sobre solo mole reforçado com geogrelha.

Esta solução é viável quando se pode trabalhar com a existência de recalques. Na construção de um aterro sobre um solo saturado, deve haver o adensamento deste solo de fundação pela solicitação de sobrecarga. Neste sentido, é comum a execução de um sobreaterro para acelerar o adensamento, uma vez que se aumenta a sobrecarga, e garantir a cota desejada do aterro após o adensamento total. O uso de drenos verticais também é um mecanismo do qual se pode lançar mão para acelerar o adensamento do solo mole. E a geogrelha atua garantindo a estabilidade do aterro durante este processo, enquanto o solo de fundação não apresenta ainda capacidade suficiente para suportar a estrutura construída.

Ainda, em algumas situações, por questões de otimização técnica e econômica, pode ser interessante se trabalhar com soluções mistas em se tratando de problemas de execução de aterros sobre solo mole. Pode-se trabalhar, por exemplo, com uma remoção parcial e o reforço do aterro com geogrelha, ou com berma mais reforço do aterro com geogrelha.

Quando não se pode permitir a ocorrência de recalques ou o período previsto para o adensamento total é muito grande, uma solução pode ser executar o aterro sobre estacas (Fig. 8), estacas estas apoiadas em camadas de solo mais resistentes. Nesta solução, pode-se utilizar a geogrelha como elemento de distribuição das cargas verticais para as estacas, eliminando a necessidade da execução de laje de concreto na base do aterro.

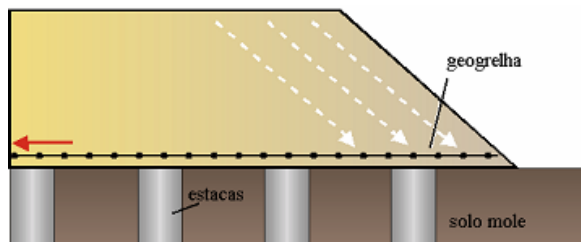


Figura 8. Aterro reforçado sobre estacas.

Outra questão que torna a solução com reforço de solo por geogrelha bastante interessante em casos de solo mole, é a praticidade da execução da obra. Em muitos casos, é a utilização da geogrelha que torna possível o trabalho na região de solo mole. A instalação da geogrelha consiste basicamente em desenrolar e posicionar o material no local, o que é bastante rápido. Outras soluções envolvem operações de terraplenagem extras à execução do próprio aterro, dificultando a obra.

E o dimensionamento, aqui também, qualquer que seja a solução adotada, se baseia em princípios simples (Koerner, 1998), (Jewell, 1996) e (Hewlet e Randolph, 1988).

### 3.3. Reforço de base de pavimentos

A geogrelha pode ser ainda utilizada como elemento de reforço, fazendo parte da estrutura do pavimento.

Neste tipo de aplicação a geogrelha apresenta basicamente duas funções: reforço estrutural do aterro de base e confinamento do solo durante a compactação. A seguir estão apresentados de forma ilustrativa (Figura 9) os principais mecanismos de atuação da geogrelha como reforço de base de aterro em situações como esta.

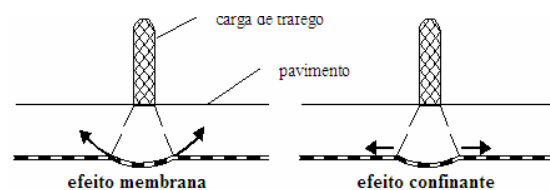


Figura 9. Mecanismos de funcionamento da geogrelha como reforço de base de pavimentos.

- Efeito Membrana: através do chamado efeito membrana, pela deformação vertical do sub-leito, o que leva a geogrelha a uma deformação no seu sentido de tracionamento mobilizando sua capacidade de resistência à tração (uma vez que esta apresenta boa ancoragem na camada de solo), o reforço é

capaz de aumentar a capacidade estrutural do aterro, e distribui melhor as cargas verticais sobre o sub-leito, minimizando eventuais problemas de recalques diferenciais.

- **Efeito Confinante:** através da mobilização de sua resistência à tração, a geogrelha atua no sentido de se opor à deformação lateral da camada de base, confinando o material que constitui esta camada. Isto é interessante durante a compactação das camadas de base (camadas acima do nível da geogrelha), pois garante maior eficiência ao processo, resultando em camadas com maior capacidade de suporte. É também interessante que se tenha as deformações horizontais do solo de aterro minimizadas, pois isto se reflete na minimização das deformações verticais.

Para que apresente um desempenho eficiente neste tipo de aplicação, a geogrelha deve possuir elevada rigidez (elevada resistência para baixos níveis de deformação). Isto é importante para que sejam mobilizados níveis satisfatórios de resistência do reforço sob pequenas taxas de deformação tendo-se, assim, garantida a atuação eficiente do reforço como elemento confinante das camadas de base. Além disso, deve-se tratar de um geossintético com boa característica de interação com o solo, para que se tenha garantida sua boa capacidade de ancoragem.

Existe ainda a idéia de se utilizar uma geogrelha com o objetivo de possibilitar a diminuição de espessura de camadas do pavimento, especialmente em situações de pavimentos delgados para baixos volumes de tráfego, em estradas de baixo custo, por exemplo. O funcionamento do reforço neste sentido, também se baseia, basicamente, nos mesmos princípios expostos acima. Neste sentido, existem algumas propostas para o dimensionamento do reforço nesta aplicação (Giroud e Noiray, 1980).

### 3.4. Reforço de revestimento asfáltico

Uma aplicação de geogrelhas de muito interesse e que também vem sendo muito

empregado atualmente, principalmente em obras de recapeamento, é a de reforço de revestimentos asfálticos em sistemas anti-reflexão de trincas (SART) (Fig. 10).

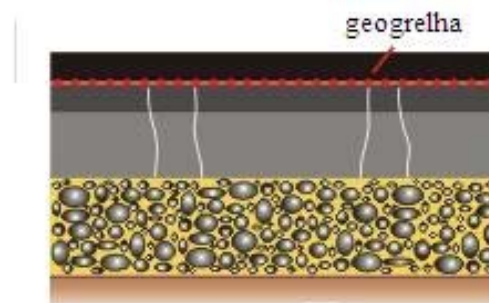


Figura 10. Geogrelha como sistema anti-reflexão de trincas em restauração de pavimentos.

Geogrelhas, por serem materiais poliméricos, apresentam características reológicas (elasticidade) bastante compatíveis com materiais asfálticos. O concreto asfáltico por sua vez, assim como o solo compactado, apresenta excelente resistência à compressão e baixa resistência à tração. Desta forma, geogrelhas podem ser utilizadas para suprir esta deficiência das camadas de revestimento asfáltico com grande eficiência.

A situação para a qual este tipo de aplicação, cujo conceito é tão antigo quanto as próprias geogrelhas (o emprego desta técnica é relatado em obras da década de 1960, ABINT, 2004), é a de restauração de pavimentos por recapeamento asfáltico. Neste tipo de intervenção, o principal desafio é controlar o trincamento prematuro da nova camada de revestimento como reflexo das trincas existentes na camada subjacente mais antiga.

Neste tipo de aplicação a geogrelha, normalmente bidirecional, também deve apresentar elevado módulo de rigidez inicial, e deve apresentar preponderantemente elevada capacidade de sobrevivência à fadiga por carregamentos cíclicos. Duas outras características são igualmente importantes: a geogrelha deve apresentar elevada resistência à temperatura para



suportar, sem alterações estruturais, as elevadas temperaturas de aplicação do concreto asfáltico; a geogrelha deve apresentar condição de aderência com o meio confinante asfáltico para trabalhar com eficiência.

Por estas exigências peculiares, os fabricantes de geogrelhas normalmente oferecem linhas específicas de produtos para esta aplicação. Normalmente geogrelhas para sistemas anti-reflexão de trincas são fabricadas a partir de poliéster e apresentam revestimento betuminoso.

### 3.5. Características requeridas das geogrelhas em cada aplicação

Apesar de as geogrelhas trabalharem essencialmente por mobilização de resistência, rigidez, limitação de deformações (parâmetros mecânicos), elas devem apresentar características compatíveis com os requisitos específicos de cada aplicação em cada obra. A grande oferta de produtos que o mercado de geogrelhas proporciona atualmente, aliado ao desenvolvimento de diversos polímeros como matéria-prima para tais produtos, garantem opções sempre adequadas a cada projeto.

A Tabela 1 a seguir apresenta valores de referência dos parâmetros relevantes de caracterização e desempenho das geogrelhas em cada uma das aplicações abordadas.

Tabela 1. Perfil indicativo da caracterização das geogrelhas em cada aplicação (Silva, 2006).

Aplicação	Tipo de Geogrelha (*)	Polímeros mais comumente empregados (**)	$T_{proj}$ (ou J) em situações típicas (***)	Aspectos mais importantes
Aterros Reforçados sobre Solos Moles	Unidirecional	PET, PVA, Aramida,	$T_{proj} \geq 100$ kN/m $J \geq 1500$ kN/m	Fluência Interação
Aterros Reforçados sobre Estacas	Bidirecional	PET, PVA, Aramida,	$T_{proj} \geq 80$ kN/m $J \geq 1200$ kN/m	Fluência Rigidez / Deformabilidade Interação
Muros de Contenção em Aterro Reforçado	Unidirecional	PET, PVA	$10 \leq T_{proj} \leq 80$ kN/m $150 \leq J \leq 1200$ kN/m	Fluência Rigidez / Deformabilidade Interação
Taludes Íngremes Reforçados	Unidirecional	PET, PVA	$10 \leq T_{proj} \leq 80$ kN/m $150 \leq J \leq 1200$ kN/m	Fluência Rigidez / Deformabilidade Interação
Reforço de Base de Pavimentos	Bidirecional	PP	$200 \leq J \leq 800$ kN/m	Fadiga Rigidez Inicial Interação
Reforço de Revestimentos Asfálticos em SARTs	Bidirecional	PET, PVA	$400 \leq J \leq 800$ kN/m	Fadiga Rigidez Inicial Temperatura Aderência

\* Geogrelha Unidirecional significa que a resistência na direção ortogonal é significativa menor que a resistência na direção principal, mas não é nula. Geogrelha Bidirecional significa que as resistências em ambas as direções de tracionamento apresentam valores com a mesma ordem de grandeza.

\*\* De acordo com o mercado brasileiro.

\*\*\*  $T_{proj}$  é a resistência de projeto, de dimensionamento, que deve ser garantida pela geogrelha em longo prazo, já descontados todos os fatores de redução; J é o módulo de rigidez secante na deformação mobilizada (de trabalho).

## 4. COMENTÁRIOS FINAIS

É visível a grande potencialidade do uso de geogrelhas em obras rodoviárias. Muitas são as suas possíveis aplicações em cada

situação, os benefícios advindos de sua consideração podem ser importantes:

- Redução do impacto ambiental, reduzindo a necessidade de transporte, remoção ou troca de solo, permitindo a

utilização de solos locais, evitando a necessidade de construções que agridam o meio, etc.

- Otimização da ocupação dos espaços disponíveis, permitindo a execução de aterros mais íngremes, reduzindo ou evitando a necessidade de construção bermas de equilíbrio ou estruturas de contenção, etc.
- Redução do tempo e da mão-de-obra, conseqüentemente, do custo de execução da obra.
- Viabilização de trabalhos e implantação de construções em região – de solo mole, por exemplo – onde a princípio não se poderia trabalhar.

Diante deste quadro, espera-se que o crescimento do mercado de geogrelhas voltado para a construção viária continue como tem sido notado atualmente. No Brasil, onde se vê grande potencial de projetos e obras rodoviárias, as geogrelhas vêm se constituindo em elementos-chave em muitos casos. E isto se deve, principalmente, à maior disponibilidade de fornecedores do material e de pessoas ligadas à área de geossintéticos, que cada vez mais vêm pesquisando e promovendo as soluções que contemplam o uso de geogrelha como reforço de solos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABINT “Manual Brasileiro de Geossintéticos” Editora Edgar Blücher. São Paulo, 2004.
- A. E. F. Silva, “Aplicação de Geogrelhas em Obras Viárias” Geosul, Porto Alegre, 2006.
- E. M. Palmeira “Solo Reforçado” Manual Técnico da Huesker, 1999.
- J. P. Giroud, L. Noiray, “Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design” ASCE Convention and Exposition, Portland, USA, 1980.
- R. A. Jewell, “Soil Reinforcement with Geotextiles” CIRIA Special Publication 123, Thomas Telford, UK, 1996.

- R. M. Koerner “Designing With Geosynthetics” 4<sup>th</sup> Edition Prentice-Hall, USA, 1998.
- W. J. Hewlet and W. F. Randolph, “Analysis of Piled Embankments” Ground Engeneering, vol. 1, 1988.