

# **“Uso de geogrelhas para a redução da espessura de pavimento e melhoramento de subleito em solos de baixa capacidade de suporte na rodovia Iquitos - Nauta”**

## **Autores:**

**Eng. Carlos Antônio Centurión,**

*Gerente Técnico Comercial TDM Brasil LTDA.*

**Eng. Augusto Alza Vilela,**

*Gerente Técnico Corporativo GRUPO TDM.*

**Eng. Miguel Rivera Marquina,**

*Gerente de Operações TDM Brasil LTDA.*

**Nome da obra:** Construção da Rodovia Iquitos - Nauta. Trecho IV Nauta - Ponte Itaya Km. 0+300 – Km. 1+300 e Km. 6+200 – Km. 19+000.

**Tipo de Obra:** Melhoramento de solos moles e reforço de base granular com geogrelhas bidirecionais rígidas de polipropileno.

**Local da Obra:** Cidade de Nauta. Iquitos, Peru.

**Data da obra:** Janeiro, 2004 até junho, 2005.

**Geossintéticos usados:** Geogrelhas rígidas bidirecionais.

**Quantidades:** Geogrelha bidirecional BX1100 30.000,00 m<sup>2</sup> e geogrelha bidirecional BX1200 120.000,00 m<sup>2</sup>.

**Proprietário da Obra:** Governo Regional de Loreto.

**Projetista:** Governo Regional de Loreto.

**Construtora:** Consórcio Vial Nauta

**Fornecedor:** Grupo TDM

## **Descrição do uso dos geossintéticos:**

O governo regional de Loreto decidiu concluir os últimos 19 quilômetros da rodovia Iquitos - Nauta (cuja extensão aproximada é 97 Km), que constituía o trecho IV entre Nauta e Ponte Itaya.

O grande problema para a finalização do projeto era a falta de material granular. No local do projeto, no meio da Amazônia peruana, não existiam pedreiras apropriadas ou vias de comunicação que permitissem o livre acesso do material de empréstimo de locais próximos.

Para esta obra, o material granular para a base e o asfalto deveria ser transportado 1 dia em balsas desde a cidade de Yurimaguas até Nauta (mais de 300,00 km) e posteriormente carregado em caminhões para ser levado até o ponto da obra. Com isto, o custo de transporte incrementava-se em aproximadamente 5 vezes.

Nesse contexto, sugeriu-se o uso das geogrelhas bidirecionais rígidas para reduzir ao máximo as espessuras da base e do asfalto que conformavam a estrutura do pavimento; em outras palavras, a ideia foi substituir parte da camada de material granular requerida no projeto inicial pelo reforço geossintético.

Além de reduzir as camadas do pavimento, usaram-se geogrelhas bidirecionais rígidas para reduzir a quantidade de material de melhoramento na estabilização dos solos moles argilosos, próprios da zona de selva. Isto evitou a destruição da área verde local, visto que seriam utilizados troncos de árvores para fazer a estabilização do subleito.

#### **Descrição da solução com geossintéticos:**

O governo regional de Loreto, visando assegurar o êxito na construção da rodovia e considerando os principais requisitos técnicos do projeto, optou pela utilização da geogrelha bidirecional tipo TENSAR BX1100 (Tipo 1) incluindo-a nos trechos pontuais de solos moles ao nível do subleito. O melhoramento de subleitos baseia-se totalmente no conceito da distribuição de cargas em uma área maior; contribuindo desta maneira para minimizar a pressão sobre os solos moles. Finalmente, para o cálculo da estrutura de pavimento, foi estabelecido um CBR mínimo de 3,3% ( $M_r=5.000,00\text{psi}$ ) para o subleito.

As camadas seguintes estavam conformadas por: uma sub-base de 15cm de areia limpa de rio como anticontaminante e 15cm de areia siltosa proveniente de uma pedreira próxima; uma base granular de pedra britada de pedreiras próximas à cidade de Yurimaguas, reforçada por uma geogrelha biaxial do tipo TENSAR BX1200 (Tipo 2) ao longo de todo o pavimento novo. Esta geogrelha conta com reportes conclusivos em diversas investigações desenvolvidas por entidades independentes dos EUA como o Corpo de Engenheiros Militares, universidades e outros pesquisadores de prestígio. A vantagem da geogrelha como elemento de reforço da base granular em uma estrutura de pavimento geralmente se quantifica-se em termos do incremento da vida útil medida pelo número de repetições de carga (fator de eficiência "E" segundo IGS Brasil) e/ou em termos da redução da espessura da camada de base para um pavimento submetido a um determinado tráfego. O reforço de base é gerado mediante um jogo de mecanismos complexos que incluem o confinamento que faz a geogrelha no material granular de base, a través das suas aberturas.

Finalmente, se aplicou uma camada de rolamento de asfalto quente com 5cm de espessura.

### **Vantagens técnicas obtidas:**

Em relação a geogrelha usada como melhoramento de subleitos, a rapidez no processo construtivo e a possibilidade de compactar materiais sobre subleitos moles, fez esta solução tecnicamente mais atrativa que a solução de escavação e troca de materiais, e mais ainda que a solução de estabilização com troncos de árvores.

Durante o desenvolvimento da obra observou-se o previsível ao nível do subleito: solos com uma umidade natural acima da ótima, com perdas das suas características mecânicas e umidade próxima ao limite de liquidez, que não permitiam o acesso aos equipamentos de construção na zona de trabalho; nestes casos, o problema foi facilmente solucionado colocando uma geogrelha bidirecional rígida para montar uma plataforma de acesso.

Em relação a geogrelha que foi colocada como reforço de base, realizaram-se ensaios de seguimento usando a Viga Benkelman no ano 2007 (2 anos após sua construção), e a partir dos resultados das deflexões calcularam-se os valores de C.B.R. (aplicando o modelo de Hogg) e dos Módulos Resilientes (seguindo AASHTO 1993), comparando-os com os resultados dos ensaios obtidos no ano 2005 ao termino da obra.

As deflexões "media" e "característica" obtidas a partir das medições efetuadas em março de 2007 foram 26.9 e 14.6% menores que as determinadas ao término de obra (Junho de 2005). Os raios de curvatura foram maiores, 212 % acima da media e 18.6 % acima do valor critico.

Os resultados comprovaram que a presença da geogrelha incrementou a rigidez da base graças ao confinamento lateral do agregado. O esforço cortante foi transmitido à geogrelha pelo agregado, gerando nesta um estado de tensão; a rigidez da geogrelha, assegurada pela estabilidade das suas aberturas, retardou a deformação por tensão do material adjacente. A menor deformação lateral traduz-se em uma menor deflexão da superfície e em um aumento do raio de curvatura, acrescentando a resistência à fadiga da camada de asfalto quente e à vida útil.

Com o objetivo de estimar o valor do módulo da camada de base, efetuou-se um retro-análise mediante um software especializado para pavimentos, empregando como “valores fixos de entrada” as espessuras e módulos resilientes do subleito, sub-base, camada asfáltica e a espessura da Base, e como valor variável o módulo da Base, o qual foi ajustado até obter “valores de saída” próximos à deflexão característica e raio de curvatura crítico obtidos a partir das deflexões medidas, tendo como resultado um módulo da base granular de 45,000 psi, para a deflexão de  $94 \times 10^{-2}$  mm e um raio de curvatura de 95 m medidos no

campo. Com este retro-análise demonstrou-se um incremento do módulo da base granular reforçada com geogrelhas de aproximadamente 33,00%.

### Vantagens econômicas obtidas:

Considerando que as fontes de agregado pétreo encontravam-se muito longe, foi crucial a redução das espessuras do pavimento com aplicação da geogrelha. Por um lado os tempos de construção foram reduzidos e por outro a economia em agregado foi importante. Essas reduções de base e camada de asfalto tem gerado economias calculadas conservadoramente em quase R\$ 2.500.000,00. Além disso, as deflexões medidas são menores e os raios de curvatura maiores aos esperados ao finalizar a obra, o qual reflete consideravelmente em incremento na vida útil do pavimento (menores custos de manutenção).

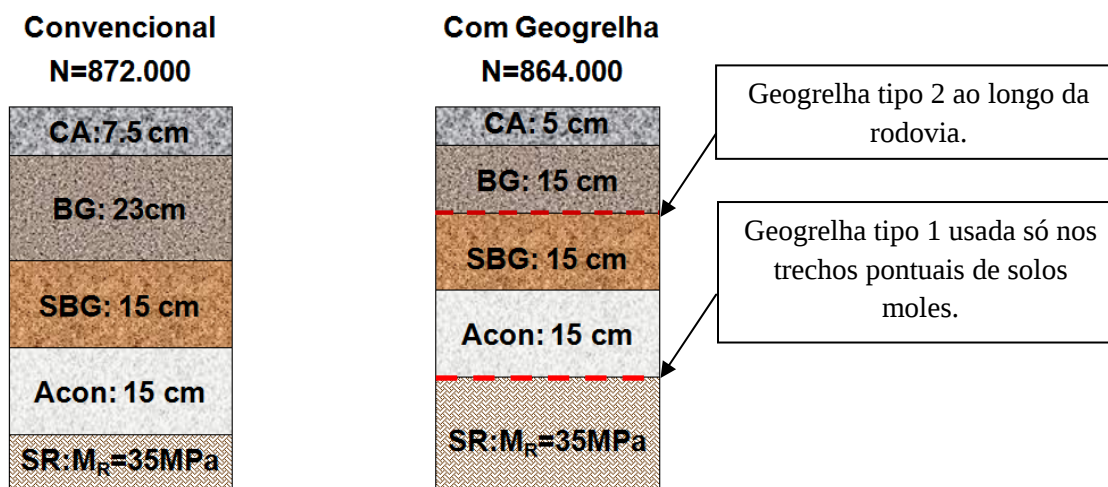
**TABELA 1:** Comparativo econômico entre a solução sem e com geogrelhas

|                                      |                 |                        |                          |                         |
|--------------------------------------|-----------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| <b>DADOS:</b>                        |                 | <b>ESTRUTURAS</b>      |                          |                         |
| Comprimento =                        | 13.800,00 m     | <b>CONVENCIONAL</b>    | <b>GEOGRELHA</b>         |                         |
| Largura =                            | 9,00 m          | CA (cm)                | 7,5                      | 5,00                    |
| Area =                               | 124.200,00 m2   | BG (cm)                | 25,00                    | 15,00                   |
|                                      |                 | SBG (cm)               | 15,00                    | 15,00                   |
|                                      |                 | ACON (cm)              | 15,00                    | 15,00                   |
|                                      |                 | GEOGRELHA              | 0,00                     | 1,00                    |
|                                      |                 | N (ESAL)               | 872.000,00               | 864.000,00              |
| <b>PARAMETROS DE CALCULO:</b>        |                 | <b>CUSTOS R\$</b>      |                          |                         |
| n =                                  | 10 anos         | CA (cm)                | 27,34                    | 18,23                   |
| N =                                  | 835.000,00 ESAL | BG (cm)                | 47,06                    | 30,69                   |
| MR =                                 | 107 Mpa         | SBG (cm)               | 5,11                     | 5,11                    |
| a1 =                                 | 0,44            | ACON (cm)              | 5,82                     | 5,82                    |
| a2 =                                 | 0,14            | GEOGRELHA              | 0,00                     | 6,02                    |
| a3 =                                 | 0,09            | <b>TOTAL/m2</b>        | <b>85,33</b>             | <b>65,87</b>            |
| m =                                  | 1,10            | <b>ECONOMIA/m2</b>     |                          | <b>19,46</b>            |
| R =                                  | 95%             | %                      |                          | <b>23%</b>              |
| So =                                 | 0,45            | <b>TOTAIS</b>          | <b>R\$ 10.597.986,00</b> | <b>R\$ 8.181.054,00</b> |
| Pi =                                 | 4,0             | <b>ECONOMIA TOTAL:</b> |                          | <b>R\$ 2.416.932,00</b> |
| Pf =                                 | 2,0             |                        |                          |                         |
| <b>CUSTOS DE MATERIAL INSTALADO:</b> |                 |                        |                          |                         |
| AC =                                 | 364,46 R\$ /m3  |                        |                          |                         |
| BG =                                 | 204,59 R\$ /m3  |                        |                          |                         |
| SBG =                                | 34,08 R\$ /m3   |                        |                          |                         |
| ACON =                               | 38,79 R\$ /m3   |                        |                          |                         |
| GEOGRELHA =                          | 6.02 R\$ /m2    |                        |                          |                         |

É importante mencionar que sem o uso dos geossintéticos neste projeto, esta rodovia simplesmente não poderia ter sido construída e a população agora não poderia desfrutar de:

- Desenvolvimento socio-econômico da região e melhoramento da qualidade de vida;
- Possibilidade de desenvolvimento através do turismo;
- Acesso de veículos de carga e passageiros assim como a redução a 2 horas de um percurso que antes era feito em 8 horas e por rio, além de gerar competitividade entre os produtores locais mediante a redução dos grandes custos de fretes.

### Seção tipo com sequencia de geossintéticos:



### NOTA:

CA: Camada de Asfalto,  
BG: Base Granular,  
SBG: Sub-Base Granular,  
ACon: Areia Anticontaminante,  
SR: Subleito  
MR: Modulo Resiliente  
N: Numero de passadas por eixo (requerido pelo projeto: N=835.000).

### Fotos das principais etapas da execução da obra:



**FOTO 1:** Subleito mole conformado por argila saturada.



**FOTO 2:** Instalação da geogrelha bidirecional rígida tipo 1.



**FOTO 3:** Instalação da geogrelha tipo 1 e a camada de areia de rio.



**FOTO 4:** Instalação da sub-base conformada por areia siltosa



**FOTO 5:** Instalação da base granular sobre a geogrelha tipo 2.



**FOTO 6:** Aplicação da camada de asfalto quente (maio de 2005).



**FOTO 7:** Ensaio de seguimento usando a Viga Benkelman no ano 2007

### **Contribuição dos geossintéticos para a proteção do meio ambiente:**

As principais vantagens associadas ao uso de geossintéticos foram:

- Eliminação de corte de árvores da zona, como uma alternativa de solução à estabilização de solos moles.
- Redução significativa da espessura das camadas de base granular e asfalto quente, o que se traduz em uma menor retirada de material das pedreiras e consequentemente menores prejuízos ao meio ambiente.
- Minoração de uso de equipamentos de transporte, conformação, nivelção e de compactação de material, reduzindo assim a quantidade de gases tóxicos, como dióxido de carbono, emitido ao meio ambiente.