

## O Reuso de Pneus Inservíveis como Estruturas de Suporte de Terras

JADSON DA SILVA CARVALHO

Estudante Bacharel em Engenharia Civil da  
Laureate International Universities/UNINORTE (Brasil)

EDSON ANDRADE FERREIRA

Engenheiro Civil da Laureate International Universities  
UNINORTE (Brasil)

GLAUBER DO VALE DE MEDEIROS

Engenheiro Civil

### Abstract

*As is known in a slope to cuts and embankments, from earthmoving services or containment services to stabilize certain types of slopes. Especially when found in urban centers, where many buildings and houses buildings, bordering topographical slopes, increasing the physical and physical risks of residents and people who use these roads near the unevenness arising from the existing topography of the terrain. And by means of gravity walls, a practical and inexpensive solution of material discarded in the environment and that solves the problem of erosions caused by the drainage and the surface runoff of bad pavement sized by prefectures that do not place the professional adequate for to solve the erosive problem.*

**Key Words:** Slope, tires, wall, sizing.

### 1.INTRODUÇÃO

O processo de reciclagem ou a reuso de matéria prima no Brasil é um processo em que determinados tipos de materiais são reconhecidos como, resíduos, rejeitos ou mesmo lixo, que

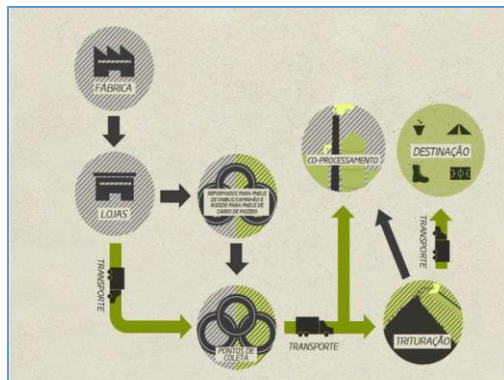
geralmente são recolhidos de ruas, aterros controlados, indústrias de transformação, como também coletado das indústrias de reciclagem ou cooperativas, onde passam por processos de segregação.

Medeiros 2018, afirma que é de fundamental importância que este processo nos dias de hoje, transformando aquilo que iria ou já se encontra no lixo, em novos produtos, reduzindo assim resíduos que seriam lançados na natureza e ao mesmo tempo, diminuir o consumo de fontes não renováveis de matérias-primas. Temos que observar para que se toda e qualquer transformação de produtos, se faz necessário a utilização de matérias primas, principalmente oriundas do petróleo, no caso os produtos que tem em sua estrutura principal o plástico.

A Reciclagem de Pneus é a maneira mais fácil e direta para quem busca Economia e Sustentabilidade nos dias atuais, uma vez que os Impactos causados no Meio Ambiente pelo descarte incorreto deste resíduo.

As empresas fabricantes dispõem diariamente milhões de pneus para um mercado consumidor mundial, daí a importância da reciclagem de pneus, onde direciona a usá-los corretamente, minimizando os impactos causados ao meio ambiente é fator primordial na cadeia. Dentre o período de decomposição dos pneus, estima-se que este período ocorra em torno de 600 anos.

Pneus usados e descartados de forma incorreta podem causar a vedação do canal de rios e redes de esgotos, que causa inundações, concentração de insetos transmissores de doenças, onde o preocupante também é a área e espaço que se faz necessário para o seu descarte nos aterros sanitários. Já se os mesmos forem incinerados de forma errada, tornam-se agentes da poluição atmosférica.



**Figura 01 - Ciclo do pneu- Fonte: Texaco.com**

Define-se talude como sendo como um terreno inclinado, dependendo das características do solo e suas camadas distribuídas pela uniformidade da estrutura concebida pelos agentes climáticos, e sua mutações dando origem a seu estado físico e químico.

Os solos sofrem mudanças e diferenciações, tornando-se alguns problemas para geotécnica de instabilização sofrendo a influência de pressões em seu fluxo filtrante ou pela sua capacidade de filtra entre seus vazios todo fluido da precipitação. Para conter uma estrutura maciça que venha desabar ou entra em colapso pela influência da água e pelo mau dimensionamento do pavimento, ou pelos drenos. Aliviando a pressão sobre a estrutura montada para conter o talude.

Sabendo-se que a chuva e um fator determinante para muitas causas de movimentação de solos, principalmente quando intensas em lugares urbanos à beira de encostas, como nas capitais. Sendo assim um parâmetro de condição para qualquer dimensionamento de muros de gravidade, o fator hidrológico, elevando mais o risco de ruptura do muro se não for considerado estes parâmetros.

Neste artigo abordarei de forma descomplicada os tópicos segundo aspectos de segurança, ruptura e estabilidade, através de cálculos e solução viavelmente econômica pela

carência do município de implantação da estruturação de muros de arrimo com pneus inservíveis.

Evidenciam-se soluções mais viáveis para a construção do muro de arrimo, estruturado por pneus inservíveis que seriam descartados possivelmente ao meio ambiente, onde foram identificados os fatores de estabilidade, segurança e rompimento do solo pelas suas capacidades de suporta as pressões que existiram no muro. Evidenciamos os cálculos de empuxos para verificações de estabilidade global, norteadas pelas normas NBR 9781, 11682, 5629, 6484.

## **2.0 Sistema com pneus**

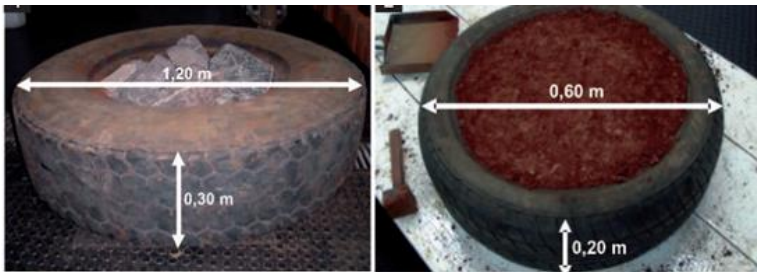
Os muros de arrimo de pneus são realizados a partir da aplicação de camadas horizontais de pneus, no caso inservíveis, fixados entre si com arame e o material de preenchimento, deve-se ser com solo compactado ou rochas.

A utilização de pneus inservíveis em muros de arrimo e apresentado com principal vantagem para o reuso de pneus que provavelmente seriam descartados ao meu ambiente. A reuso de pneus inservíveis em obras geotécnicas combina com uma solução de fácil acessibilidade em relevância consonância com técnica e a elevada resistência mecânica do material, comparativamente aos materiais convencionais.

Os muros de arrimo estão limitados a alturas inferiores a 5m como também à necessidade do uso de espaço para a construção de uma base com dimensão da ordem de 40 a 60% da altura do muro. Os muros de arrimo construídos de solo-pneus são uma estrutura flexível, portanto as deformações horizontais e verticais podem ser superiores às comumente conhecidas em muros de peso de alvenaria ou concreto. Portanto se faz necessário orientar que não se execução muros de arrimo com pneus para contenção de áreas que sirvam de suporte a obras civis, tais como estruturas de fundações ou ferrovias.

Para a realização de amarração entre os pneus, recomendo a utilização de cordas de polipropileno a partir de 6

mm de diâmetro. A área externa do muro de arrimo de pneus inservíveis deve ser revestida, para evitar não só o carreamento ou erosão do solo de enchimento dos pneus, como também ações antrópicas que resultem na possibilidade de incêndios.



**Figura 02 – Pneus inservíveis de veículo de passeio preenchido com pedras e o segundo com solo – Fonte - Google**

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 Parâmetros de distribuição

Para se conseguir o peso específico, deve ser realizados estudos dos diferentes grupos, estes compostos por materiais de preenchimento nos pneus a serem usados no dimensionamento das estruturas de contenção de terras arrimadas. Notamos abaixo as variáveis apresentadas na Tabela 1.

VARIÁVEIS	NÍVEIS UTILIZADOS
Tipos de pneus	Veículos comerciais e de passeio ou pequeno porte
Tipo de material de enchimento	Solo, PM-Pedra de mão e Resíduo de construção e demolição - RDC
Altura do muro (metros)	2, 3, 4, 5, 6, e 7
Nível da água	0 h, 1/2 h e h
Ângulo de atrito	25, 30 e 35°

**Tabela 1- Variáveis Elencadas – Fonte O Próprio Autor**

Utilizou-se os pneus inservíveis do tipo veículos de passeio e de veículos comercial: veículos de passeio, onde o volume apresentado é de 0,032 m<sup>3</sup>, e veículos comerciais, possuía o volume de 0,191m<sup>3</sup>. Os pneus inservíveis receberam o preenchimento com o solo de resíduo de PM e como também RCD. A verificação de estruturas de contenção se deu com o uso da expressão:

### Equação 01

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Onde:

$\gamma$  = Peso específico.

$P$  = Peso do conjunto material de enchimento/pneu.

$V$  = Volume do pneu.

### 3.2 Análises estatísticas

Diante dos dados obtidos com a análise, foi realizada a avaliação estatística e determinado um padrão para a variável base (B = base da estrutura de arrimo). Às variáveis adotadas, no modelo de regressão é a conforme a seguir: NA = nível de água;  $\gamma$  = peso específico dos conjuntos materiais de enchimento/pneus;  $\phi$  = ângulo de atrito interno do solo e h = altura do muro.

Utilizou-se o método de análise de variância.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Massa específica dos agregados/pneus

Conforme é apresentado os pesos específicos obtidos no ensaio é notório que o conjunto solo e pneu apresentem um maior valor, por seguinte pelo conjunto PM e pneu, RCD e pneu. Esses valores, tanto para veículos comerciais, quando para veículos de passeio, sendo o diferencial para os veículos de passeio apresentam um maior peso específico ( $\gamma$ ), devido sua borda.

MATERIAIS DE ENCHIMENTO	PNEUS	PESO ESPECÍFICO (kn/Nm <sup>3</sup> )
Solo	Veículos comerciais	14.95
	Veículos de passeios	16.63
PM	Veículos comerciais	13.32
	Veículos de passeios	15.76
RDC	Veículos comerciais	10.96
	Veículos de passeios	13.00

**Tabela 2- Peso Específico Dos Produtos – Fonte Adaptado Pelo Próprio Autor**

## 4.2 Determinação e verificação das estruturas

No intuito de determinar os empuxos que o tipo terreno exerce sobre o muro de arrimo, se faz possível utilizar as teorias comumente fundamentadas no equilíbrio-limite. Utilizando o atrito entre o muro e o terreno como equivalente ao ângulo de atrito interno do solo no estado crítico.

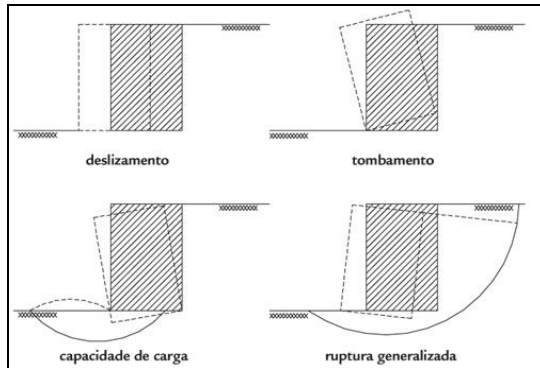


Figura 3 – Análise Da Estabilidade. Fonte Adaptado Pelo Autor

A medição efetuada com as combinações das variáveis aplicadas, conforme a Tabela 1, sendo no total 376 diferentes condições de projeto. A metodologia de cálculos utilizada foi baseada na teoria de Rankine (1857), descrita a conforme seguir:

### Equação 02

$$K_a = \operatorname{tg}^2(45 - \phi/2)$$

onde:  $K_a$  = Coeficiente de empuxo ativo

$\phi$  = Ângulo de atrito

### Equação 03

$$E_a = \frac{K_a \cdot h^2 \cdot \gamma}{2}$$

onde:  $E_a$  = Empuxo ativo

$h$  = Altura

$\gamma$  = Peso específico

### Equação 04

$$FS_t = \frac{R_v \cdot d_{Rv}}{E_a \cdot d_{Ea}}$$

$FS_t$  = Fator de segurança ao tombamento.

$R_v$  = Reação vertical.

$D_{Rv}$  = Distância do ponto de aplicação da reação vertical até o centro de giro.

$d_{Ea}$  = Distância do ponto de aplicação do empuxo ativo até o centro de giro.

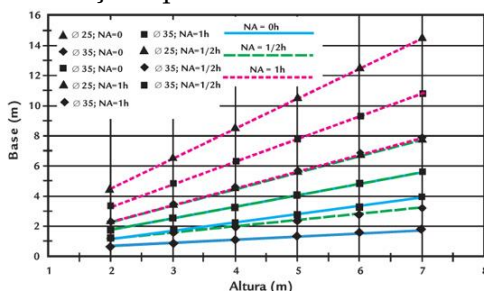
### Equação 05

$$FS_d = \frac{R_v \cdot \text{tg } \phi}{E_a}$$

$FS_d$  = Fator de segurança ao deslizamento.

A figura abaixo indica as relações-base *em comparação à altura* da estrutura de contenção mista por pneus de veículos de passeio. Recomenda-se a medida das estruturas, disponível em Baroni 2007.

De modo geral é aceitável dizer que os ângulos de atrito apresentados contem influencia sobre o valor das forças horizontais, onde, quanto maior o ângulo de atrito do solo, menor será à força de empuxo ativo, logo menor será a influencia de peso da estrutura. Os ângulos de atrito que se apresentarem baixos de ( $\phi \approx 25^\circ$ ), a estrutura indica deficiência à resistência ao escorregamento, necessitando de bases maiores para a sua estabilização apresentando um maior volume.



**Figura 4 – Relação-Base em Comparação a Altura Para Veículo. Fonte - Adaptado pelo Autor**



### **4.3 Análises estatísticas**

A verificação de variância indicou que as variáveis apresentaram de maneira satisfatória na formação da variável de resposta-base (B). Porém se visto na análise de regressão múltipla, onde notamos que o modelo na Equação 6 representar a relação entre as variáveis independentes (NA,  $\gamma$ ,  $\phi$ , h) e a variável dependente (B).

#### **Equação 06**

$$B = 7,077 + 4,25. Na - 2,24. \gamma - 2,15. \phi + 1,48. h$$

$$R^2 = 0,61\% \text{ e } \epsilon_{\text{m}} = 0,176\text{m}$$

Nota que a equação 6, a variável independente que possui uma maior influência sobre a variável dependente B é o nível de água (NA), acompanhado pela massa específica do material, pelo ângulo de atrito e pela altura da estrutura.

Os valores da base do elemento é realizado segundo a Equação 6, necessitando que os valores do NA,  $\gamma$ ,  $\phi$ , h apresenta no intervalo numérico de -1 até 1.

Vemos que o Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) marca o percentual de dados que é apresentado pelo modelo de regressão, constando um sentido físico, numérico. Já no presente caso, o  $R^2 = 0,61$ . Esse valor de 61% ocorre pela necessidade de se aplicar modulações seguidas na base do muro de arrimo.

## **5. ELABORAÇÃO DE UMA ESTRUTURA POR PNEUS INSERVÍVEIS**

### **5.1 Local e Materiais**

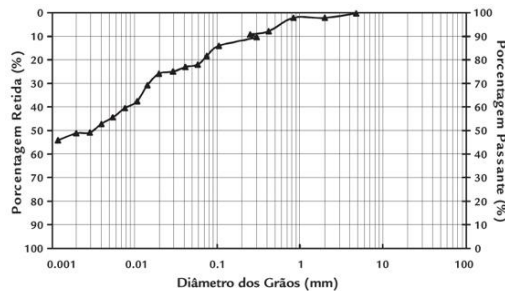
O local escolhido para aplicação proposto a este estudo fica situado na rua Regina Abreu, Cidade de Iramduba – Amazonas, com as seguintes coordenadas geográficas: 3°16' 27.78" s e 60°11' 40.41" o, com altitude de 1,12m do ponto de visão e uma elevação de 50 milímetros.



**Figura 5- Mapa de Localização – Fonte Google Maps**

Os fatores físicos médios do solo apresentam-se dispostos na Tabela 3. Os testes de cisalhamento direto feitos para se obter a coesão e do ângulo de atrito interno, com velocidade de 0,03 mm/min e tensões normais de 30, 60, 100 e 200 kPa.

A Figura 6 demonstra a ocorrência da distribuição granulométrica, conforme os índices de atividades calculados, este solo é denominado como de consistência dura e de atividade normal.



**Figura 6 – Distribuição Granulométrica do Solo – Fonte Adaptado pelo Autor**

O material para aplicação do ensaio usado para preencher os pneus é um solo compactado.

Os pneus inservíveis usados foram de veículos comerciais (volume = 0,191 m<sup>3</sup>), apresentados na Figura 1.

## **5.2 Dimensionamentos do muro de arrimo**

A medição foi realizada conforme descrito no item 3, sendo aplicado Fatores de Segurança globais (FS=2), a análise da estabilidade ao tombamento e deslizamento, utiliza-se as tensões na fundação e a estabilidade global.

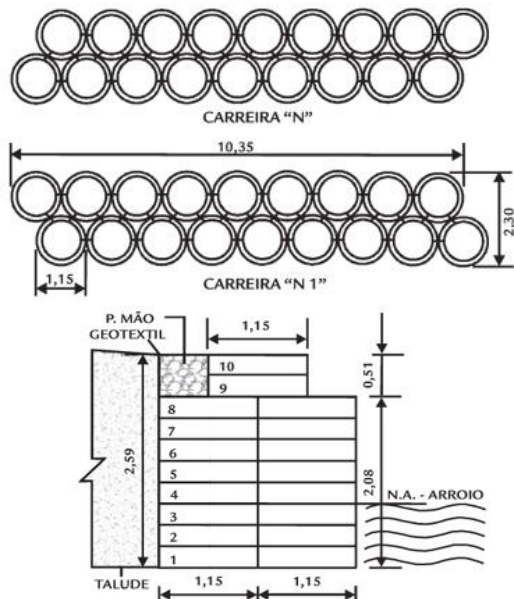
## **5.3 Realização da estrutura de arrimo**

Inicialmente, deve-se realizar a limpeza e a planicidade do terreno, sendo realizada a aberta vala nas dimensões conforme planejado. Realiza-se a marcação de piquetes cravados na face externa, delimitando a área a ser executada e em seguida se aplica uma manta geotêxtil, como elemento filtrante do possível percolamento de água pluviais.

Os pneus inservíveis devem ser organizados em duas filas de forma a banhar a largura total no projeto, sendo aplicados diretamente no substrato em camadas distintas "N" e "N1", uniformemente a distribuição. Os diâmetros centrais dos pneus entre as camadas são desalinhados de forma a garantir a melhor performance entre eles.

Os pneus devem ser fixados entre si com arame do tipo cobreado ou galvanizado com também devem ser preenchidos com rocha podendo ser do tipo rachão ou outra irregular, a fim de se evitar à possibilidade de erosão interna causada pelo constante fluxo da água em períodos de chuvas.

As Figuras 7 e 8 indicam um modelo de muro com corte em transversal com estrutura de arrimo estudada.



**Figuras 7 e 8 Planta Baixa e Corte Transversal- Fonte – Adaptado pelo autor**

Temos como base um muro com pé direito de 2,60 m, espessura de 2,30 m até os primeiros 2,08 m e 1,15 m nos 0,51 m superficiais e comprimento de 10,35 m.

## **6. ANÁLISE DOS CUSTOS PARA A CONSTRUÇÃO DO MURO DE ARRIMO**

A estrutura apresentada no estudo tem um volume de aproximadamente no total de 58,50 m<sup>3</sup>. A mão de obra utilizada para a realização dos serviços e composta basicamente por um Engenheiro civil, Um pedreiro e Um servente durante o período de quatro dias sendo a jornada diária na média de 8 horas.

## **7. CONCLUSÕES**

Os pneumáticos inservíveis de veículos se destacam com uma menor relação que os pneus de veículos comerciais. Essa situação é caracterizada devido um elevado maior peso

encontrado no grupo de produtos para o enchimento em veículos de passeio.

A utilização de pneus de carros de passeio apresenta em estruturas de menos volumosas, se comparado com outros de veículos de maior porte. resultados . Ainda apresentou a estrutura com maior peso específico ( $\gamma = 17,98 \text{ kN/m}^3$ ). Sem sobra de dúvidas este tipo de estrutura e o que possui um menor valor quase que incomparáveis com as demais técnicas apresentadas. Olhando para o lado ambiental, o mesmo agradece, pois com toda certeza, seriam retirados ou evitados que se despeja-se ao meio ambiente, milhares de unidades usadas, evitando assim parar em aterros sanitários, em terrenos baldios, ou às margens dos rios e igarapés.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9781:2013. Peças de concreto para pavimentação: especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
2. BARONI, M. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de pneus inservíveis como material de construção de estruturas de contenção arrimadas* 2007.
3. EHRLICH, M. *Análise de muros e taludes de solos reforçados*. Keynote Lecture, Proc. Ist. South American Symp. On Geosynthetics, Rio de Janeiro, p. 73-84, 1999.
4. GERSCOVICH, Denise M. S.. Estruturas de Contenção: Muros de Arrimo. UERJ, Rio de Janeiro. disponível em: <[www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf](http://www.eng.uerj.br/~denise/pdf/muros.pdf)> Acesso em 10 jan. 2019.
5. GRIPPI, S. *Lixo, reciclagem e sua história: guia para prefeituras brasileiras*. Rio de Janeiro: Interciência, 2001. 134p.

6. MEDEIROS, G. V. Avaliação Física e mecânica do resíduo de vidro triturado como agregado graúdo em concreto. Universidade do norte – UNINORTE. 2018. (Trabalho de Conclusão de Curso).
7. MONTGOMERY, D. C. *Design and analysis of experiments*. 2ed. New York: John Wiley and Sons. 1984.