Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.02, 2020/02

ISSN 2178-6925

ESTUDO DA VIABILIDADE DE CONTENÇÃO DE TALUDES COM PNEUS INSERVÍVEIS

STUDY ON THE FEASIBILITY OF SLOPE CONTAINMENT WITH INSERVABLE TIRES

Pedro Emilio Amador Salomão

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

pedroemilioamador@yahoo.com.br

Chaylane Thayara Silva Laure

Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni

chaylane-laure@hotmail.com

Recebido: 20/11/2020 – Aceito: 27/11/2020

Resumo

Este trabalho tem como incentivo duas problemáticas históricas, porém atuais. O alto índice de desastres decorrentes dos movimentos de massa de taludes, principalmente em áreas urbanas onde há uma grande concentração de construções nessas áreas, e o acúmulo de pneus descartados incorretamente em aterros e lixões, de forma que além de se acumularem devido à resistência do material, também liberam toxinas no meio ambiente ao longo do tempo, além de servirem como criadouros para vetores de doenças, como o mosquito Aedes Aegipty. Posto isto, essa pesquisa objetiva estudar a viabilidade do uso de pneus inservíveis em obras de estabilização de taludes, de maneira a solucionar ambos os problemas. Após levantamento bibliográfico sobre os fatores que envolvem ambos os problemas, e análise teórica de alguns estudos de caso, foi possível constatar a eficácia do muro de pneus na contenção de taludes, bem como as vantagens que envolvem a utilização deste método, sendo algumas delas o baixo custo, a acessibilidade ao material, no caso pneus e solo, e a eficácia do método diante da resistência e flexibilidade do material.

Palavras-chave: Pneu inservível; Talude; Obras de contenção; Muro de pneus.

Abstract

This work has as an incentive two historical but current problems. The high rate of disasters due to the mass movements of slopes, especially in urban areas where there is a great concentration of buildings in these areas, and the accumulation of tires discarded incorrectly in landfills and dumps, so that besides accumulating due to the

resistance of the material, also release toxins into the environment over time, and serve as breeding sites for disease vectors, such as the Aedes Aegipty gnat. Therefore, this research aims to study the feasibility of the use of waste tires in slope stabilization works, in order to solve both problems. After a bibliographical survey on the factors involving both problems, and theoretical analysis of some case studies, it was possible to verify the effectiveness of the tire wall in the containment of slopes, as well as the advantages that involve the use of this method, some of them being the Low cost, accessibility to the material, in the case of tires and soil, and the effectiveness of the method in view of the strength and flexibility of the material.

Keywords: Unserviceable tire; Slope; Containment works; Tire wall.

1 Introdução

A problemática que envolve o descarte incorreto dos pneus não é só uma questão governamental, mas também das empresas e da sociedade, que devem buscar uma solução para o problema do descarte incorreto de resíduos sólidos no meio ambiente.

Os pneus chamados inservíveis, quando descartados de forma incorreta, não comprometem apenas o meio ambiente, mas a saúde pública, visto que criam um ambiente propício para a proliferação do mosquito Aedes Aegypti, vetor de vírus como os da dengue, da febre Chikungunya e da Zika, endemias que têm sido um grave problema para o país.

Em diversas situações na construção civil, não se dispõe de espaço suficiente para fazer uma mudança gradual entre os níveis do terreno. Dessa maneira, os taludes são uma solução para este impasse, mas em alguns casos, estes podem ser inclinados ou altos o bastante a ponto de comprometer a estabilidade em longo prazo.

De modo geral, o uso de pneus inservíveis na construção civil compreende um conjunto de soluções criativas para problemáticas financeiras e ambientais que envolvem a área. No entanto, ainda não há uma tecnologia ou prática dita padrão, por vários fatores que influenciam nesse processo, o incentivo financeiro e o investimento na prática, são só alguns deles.

Diante do exposto, esse projeto visa abordar a reutilização de pneus na contenção de talude, contribuindo assim para a preservação ambiental e abordando uma medida preventiva para reduzir graves problemas causados por construções irregulares em locais impróprios, construídas sem a mínima exigência legal, sem consultoria de um responsável habilitado e conhecimento dos órgãos competentes, comumente enfrentados pela população brasileira.

ISSN 2178-6925

Sendo assim, este projeto, de caráter exploratório bibliográfico, está dividido em três capítulos dispostos da seguinte forma: no primeiro capítulo sobre taludes, será exposto o que são os taludes, os seus tipos de movimento e, os fatores que geram instabilidade e/ou estabilidade no mesmo. O segundo capítulo refere-se à estabilização de taludes, os tipos de obras disponíveis na engenharia para estabilizar este tipo de terreno, a viabilidade de execução dessas obras e, os fatores que influenciam o engenheiro na escolha do método. O terceiro capítulo é voltado aos pneus, sua origem, uso, descarte, modos de reúso e, o reúso em contenção de taludes.

2 Objetivo

2.1 Objetivo geral

Explorar a viabilidade de utilização de pneus inservíveis na contenção de taludes, a fim de levantar a discussão sobre a utilização deste método para solucionar os problemas do descarte inadequado de pneus e, das movimentações indesejadas dos taludes.

2.2 Objetivo Específico

- Apresentar as vantagens na execução de uma contenção de taludes utilizando pneus descartados.
- Discutir e promover o reúso dos pneus na construção civil, com base no fácil acesso à matéria e à aplicabilidade.
- Fomentar nas empresas e no consumidor a consciência da importância em descartar corretamente os pneus inservíveis.

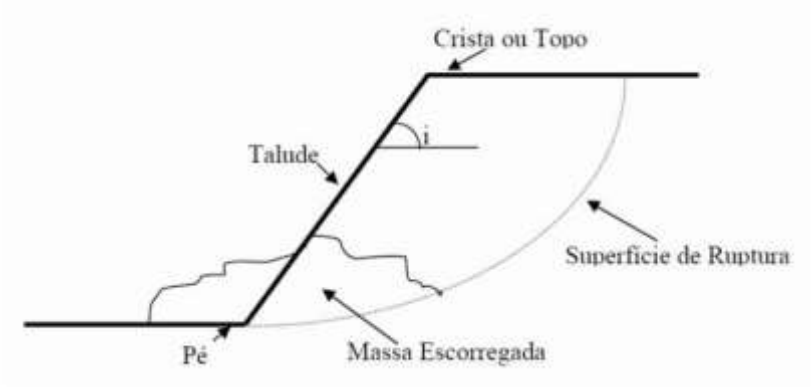
3 Referencial teórico

3.1 Taludes

Taludes são quaisquer superfícies inclinadas que limitam um maciço de terra, de rocha ou de terra e rocha. (CAPUTO, 1988).

O talude é composto por: crista ou topo, talude, inclinação, superfície de ruptura e pé, conforme mostra a figura 1.

FIGURA 1 – Composição de um talude

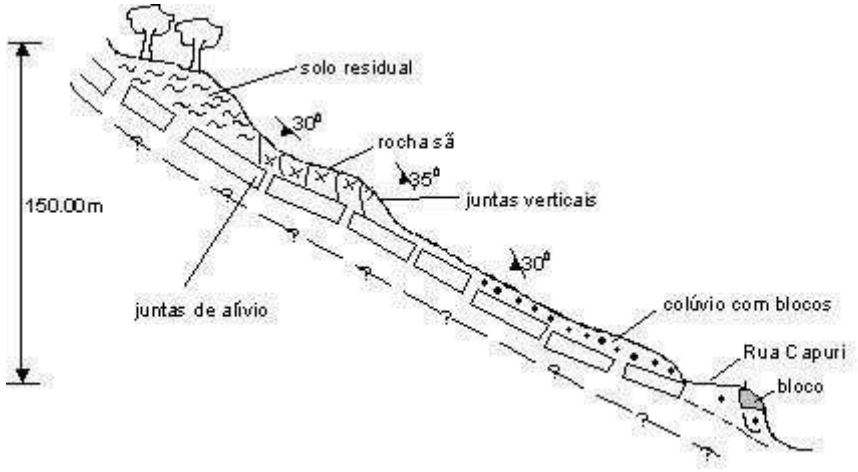


Fonte: Londe e Bitar (2011)

Taludes naturais são mais suscetíveis a instabilidades por estarem sujeitos a ações da gravidade. (GERSCOVICH, 2012; MASSAD, 2010).

Maragon (2006) exemplifica os fatores que atuam no processo de formação de um talude natural (Figura 2), e que consequentemente, moldam as características de estrutura do maciço.

FIGURA 2 – Talude natural



Fonte: Gerscovich (2009)

Os taludes construídos, ou artificiais, (Figura 3) são resultantes de cortes em encostas, de escavações ou de lançamentos de aterros. Quando se tratam de cortes, deve-se tomar o cuidado para que sejam executados de maneira a garantir altura e inclinação adequada para manter a estabilidade do mesmo. Já os taludes

constituídos de aterros, apresentam menor instabilidade, pois são conhecidas as características do solo utilizado para tal, geralmente possuindo alta resistência (GERSCOVICH, 2012).

De modo geral, os taludes artificiais tendem a ser mais estáveis que os naturais, de modo que se ajustam melhor às teorias existentes de análise de estabilidade.

FIGURA 3 – Talude artificial em corte



Fonte**:** Maragon (2006)

3.1.1 Movimentos de Taludes

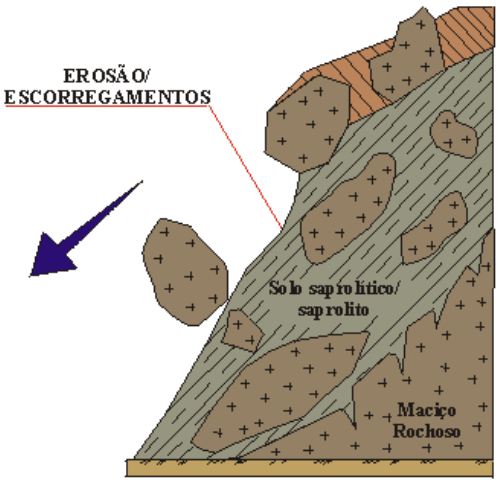
A diferença de níveis do terreno expõe o talude a maior ação gravitacional, o que, somado à características do solo do terreno, como a permeabilidade, pode afetar a estabilidade do talude. Quando as ações das forças estabilizantes sobrepõem a resistência do solo é possível que haja movimentação, ou deslocamento, de parte do solo.

Os tipos de movimentos de massa apresentados a seguir seguem a classificação adotada por Caputo (1998). Segundo o autor, os principais tipos de movimento de taludes são classificados, em três grandes grupos, de acordo com a velocidade do movimento, sendo eles, desmoronamento, escorregamento e rastejo.

a) Desmoronamento

Ruptura de porção do maciço terroso ou de fragmentos de rocha do resto da massa, caindo livre e rapidamente, por ação gravitacional e, acumulando-se onde estaciona. Os desmoronamentos classificam-se em queda e rolamento conforme ilustrado na (Figura 4).

FIGURA 4 – Desmoronamento por rolamento de blocos



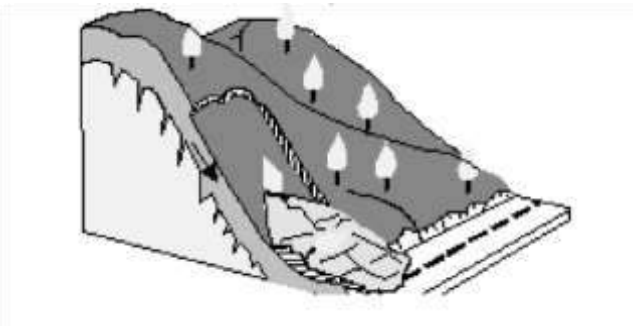
Fonte: UNESP (modificada de Infanti Jr & Fornasari Filho, 1998)

O solo referido na Figura 4, saprolítico, corresponde a uma classe de solo característico de áreas tropicais, e consiste num solo que guarda características da rocha que o originou, possuindo basicamente a mesma composição mineral, porém a sua resistência se encontra reduzida e, pode ser caracterizado por envolver grandes pedaços de rocha altamente alterados em seus horizontes.

b) Escorregamento

Ocorre quando há um deslocamento, rápido ou lento, de uma massa de solo ou de rocha que, rompeu-se do maciço, desliza para baixo e para o lado, ao longo de uma superfície de deslizamento. O escorregamento devido à inclinação (Figura 5), ocorre sempre que a inclinação do talude supera a que é imposta pela resistência ao cisalhamento do maciço, e em presença de água.

FIGURA 5 – Escorregamento por inclinação

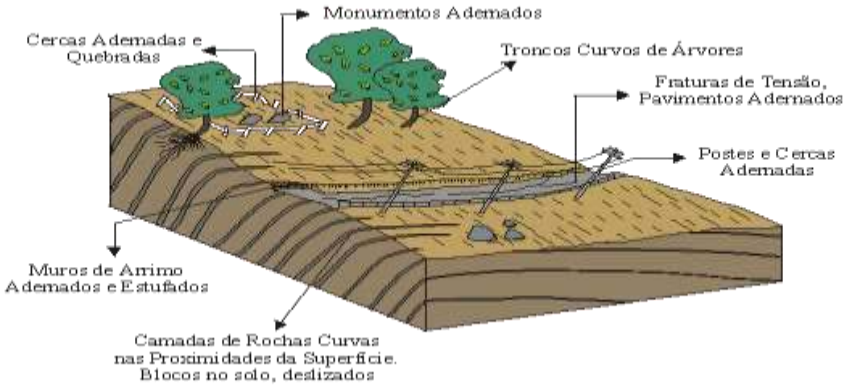


Fonte: Gerscovich (2009)

c) Rastejo

Esse processo ocorre quando há deslocamento lento e contínuo de camadas superficiais sobre camadas mais profundas com ou sem limite definido entre a massa de terreno que se desloca e a que permanece estacionária (Figura 6).

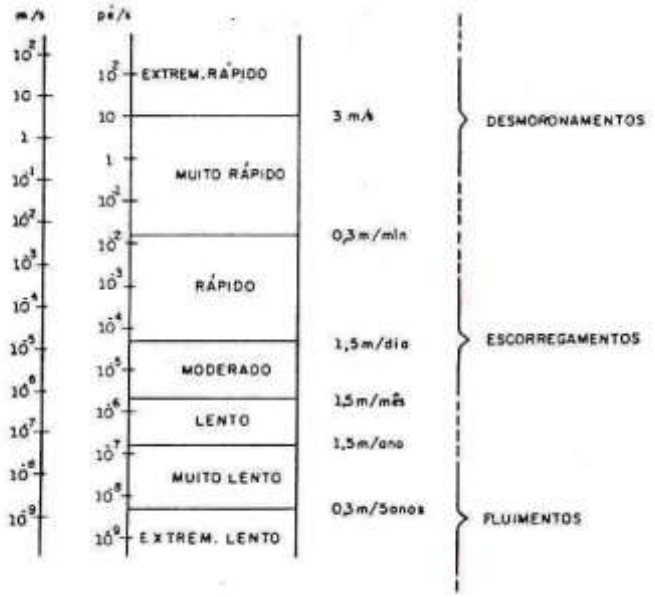
FIGURA 6 – Movimento de rastejo



Fonte: UNESP

Varnes (1958), citado por Maragon (2006), também estabeleceu uma classificação destes movimentos de talude com base na velocidade de ocorrência. Porém, em 1978, Varnes reformula sua escala considerando, além da velocidade, a natureza do material que compõe o maciço de terra, como está descrito na Figura 7.

FIGURA 7 – Escala de velocidades de movimentos (Varnes, 1958)



Fonte: Maragon (2006)

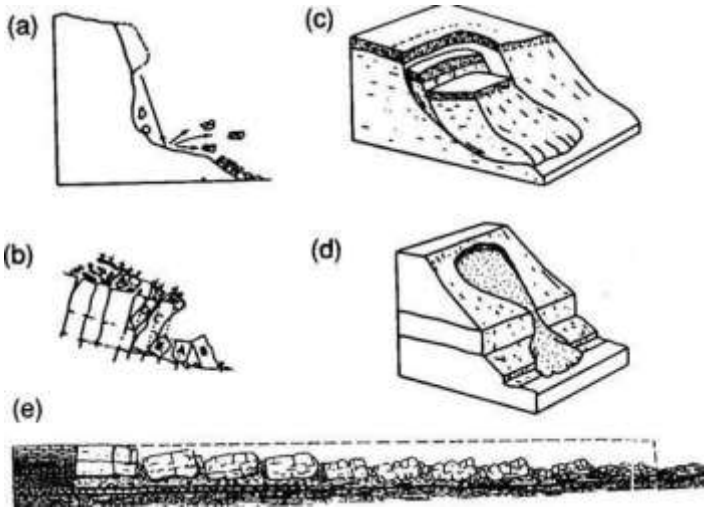
Quanto à velocidade os movimentos de massa podem ser classificados como (Figura 8), segundo Varnes (1958) (Tabela 1):

TABELA 1 – Classificação dos movimentos de massa por velocidade

Nomenclatura	**Velocidade**
Extremamente rápido	> 3m/s
Muito rápido	0,3m/s a 3m/s
Rápido	1,6m/dia a 0,3m/s
Moderado	1,6m/mês a 1,6m/dia
Lento	1,6m/ano a 1,6m/mês
Muito lento	0,06m/ano a 1,6m/ano
Extremamente lento	< 0,06m/ano

Fonte: Maragon (2006)

FIGURA 8 – Tipos de movimentos de massa. (a) Queda (b) Tombamento (c) Escorregamento (d) Escoamento (e) Expansões laterais



Fonte: Santana (2006)

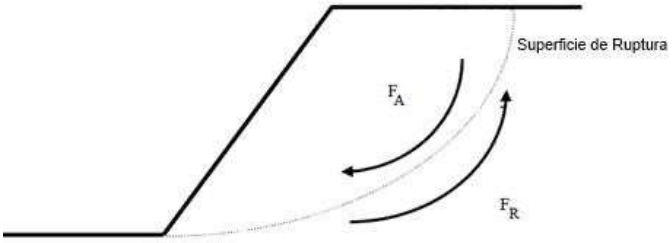
3.1.2 Instabilidade de talude

De acordo com o Dicionário Michaelis da Língua Portuguesa (2017), diz-se que algo é ou está instável quando este “não está firme, é volúvel, que pode variar ou mudar a qualquer momento”. Dessa maneira, entende-se que um talude instável é aquele que não está com suas forças atuantes em equilíbrio, podendo, portanto, variar de forma a qualquer momento, como meio para alcançar tal equilíbrio, de modo a tornar-se firme novamente.

A instabilidade do talude ocorre quando as tensões cisalhantes mobilizadas se igualam à resistência do cisalhamento. Isto ocorre quando as tensões cisalhantes mobilizadas aumentam, como em casos da remoção de massa (lateral ou de base) do talude ou pela redução da resistência, que ocorre quando há mudanças ou fatores, tais como intemperismo.

Diversas são as forças ativas atuantes sobre um talude (Figura 9), a mais frequente, porém, é a força gravitacional, que vai além da gravidade em si, inclui o peso dos elementos formadores do talude, bem como o de outros elementos que estejam inseridos nele, como construções, rochas, entre outros.

FIGURA 9 – Forças atuantes em um talude



Fonte: Fonseca (2010)

Legenda:
FA – Forças Ativas
FR – Forças de Resistência

Vários são os fatores que influenciam no equilíbrio e na interação entre as forças ativas e de resistência de um talude. Esses fatores variam desde os naturais, como clima, relevo, composição geológica, índice pluviométrico e etc. até os fatores resultantes de ações antrópicas, como construção de residências na crista do talude, ou mesmo no próprio talude, como é o caso da maioria das residências irregulares das áreas de risco.

Além da composição geológica, fatores como a inclinação e o clima influem diretamente no processo de instabilidade de um talude. Quanto mais inclinado, maior a probabilidade de instabilidade, já que, uma inclinação acentuada propicia, de modo inversamente proporcional, o aumento das forças ativas em relação à diminuição das forças de resistência. O clima, apesar de ser um fator externo ao sistema do talude em si, determina o conjunto de agentes erosivos atuantes no talude.

O produto da equação resultante da relação entre todas as variáveis influentes nas forças atuantes do talude é que determina o grau de instabilidade e o nível de risco que o talude em questão oferece, a este produto denomina-se Fator de Segurança.

3.1.3 Estabilidade de talude

Diz-se que um maciço estável é aquele capaz de manter, por conta própria, sua conformação original e suas forças em equilíbrio.

As áreas envolvidas em estudos geológicos e da construção civil têm buscado aumentar o seu conhecimento em relação aos fenômenos naturais de instabilidade de taludes, a fim de realizar uma análise mais rigorosa das causas e dos mecanismos que envolvem a estabilidade/instabilidade, de modo a ampliaras possibilidades de soluções preventivas, procurando interpretar fenômenos naturais e modelar os seus comportamentos para traduzi-los em formulações numérica que melhor os simulem.

A respeito do estudo da estabilidade do talude Gerscovich (2009) diz que, “deve-se avaliar a capacidade do solo de resistir à determinada variação em seu estado de tensões”. Sendo assim, ao elaborar o projeto, o engenheiro deve considerar a situação menos favorável, baseado na razão entre as forças ativas e as de resistência, objetivando atuar sobre os fatores estabilizadores, de modo a amenizar, ou mesmo anular, sua atuação sobre o terreno.

3.1.4 Análise de estabilidade

Gerscovich (2009) postula em suas análises que, “o objetivo da análise de estabilidade é avaliar a possibilidade de ocorrência de escorregamento de massa de solo presente em talude natural ou construído. Em geral, as análises são realizadas comparando-se as tensões cisalhantes mobilizadas com resistência ao cisalhamento”. Com base nos estudos de Gerscovich (2009), entende-se que as análises de estabilidade objetivam, no caso de encostas naturais, cortes ou escavações, investigar a necessidade de aplicação de medidas estabilizadoras; para barragens e aterros, as análises de estabilidade devem analisar as diferentes seções visando estipular a configuração mais viável economicamente; para retro análise, o estudo da estabilidade tem função de repensar os parâmetros mediante a verificação de taludes já rompidos.

Dyminski (2011) também aborda os objetivos da análise de estabilidade, e diz que as obras geotécnicas deve avaliar a estabilidade dos taludes sob diferentes condições ao elaborar projetos, deve analisar a influência dos fatores ambientais na compreensão dos mecanismos de ruptura e, ao avaliar taludes, sejam eles

naturais ou não, deve-se usar a análise de sensibilidade, a fim de verificar a influência de certos parâmetros.

Neste sentido, suas afirmações concordam e corroboram as de Gerscovich (2009), ambos os autores ressaltam a importância da boa análise de estabilidade para garantir a qualidade e a durabilidade da obra de estabilidade. Este conceito se configura no cálculo do fator de segurança (*FS*), que consiste no menor valor da relação entre a tensão cisalhante resistente (τ_f) do solo e a tensão cisalhante mobilizada (τ_{mob}), dada por:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_{mob}} = 1 \qquad (1)$$

Onde:

FS >1,0 a obra é estável

FS =1,0 ocorre a ruptura por escorregamento

FS <1,0 não tem significado físico

De acordo com Maragon (2006), o fator de segurança é o valor numérico da "relação estabelecida entre a resistência ao cisalhamento disponível do solo para garantir o equilíbrio do corpo deslizante (s= c' + (σ - u) tgφ') e a tensão de cisalhamento mobilizada (s_m), sob o efeito dos esforços atuantes". De modo que,

$$s_m = \frac{1}{FS}[c' + (\sigma - u)tg\phi'] \qquad (2)$$

Onde: s_m ❼ tensão de cisalhamento mobilizada FS ❼ fator de segurança c' ❼ coesão efetiva σ ❼ tensão total normal u ❼ pressão neutra ou pressão de água tgϕ' ❼ tangente do ângulo de atrito efetivo

A fim de sinalizar o fator de segurança apropriado para a análise de estabilidade a NBR11682 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (2009) recomenda os seguintes valores, conforme a Tabela 2:

TABELA 2 – Fatores de segurança mínimos recomendados pela NBR 11682

ISSN 2178-6925

Nível de segurança contradanos materiais e ambientais	**Nível de segurança contra danos a vidas humanas**		
	Alto	Médio	Baixo
Alto	1,5	1,5	1,4
Médio	1,5	1,4	1,3
Baixo	1,4	1,3	1,2

Fonte: ABNT, 2006 p.18

Ainda de acordo com a ABNT (2006), em relação aos danos a vidas humanas, os níveis de segurança estão definidos da seguinte forma:

- Alto: Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas; ferrovias e rodovias de tráfego intenso;
- Médio: Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas; ferrovias e rodovias de tráfego moderado;
- Baixo: Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas; ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Tratando-se os danos materiais e ambientais, a ABNT (2006) tem como parâmetros:

- Alto: Danos materiais: locais próximos a propriedades de alto valor histórico, social ou patrimonial, obras de grande porte e áreas que afetem serviços essenciais.

Danos ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais graves, tais como nas proximidades de oleodutos, barragens de rejeito e fábricas de produtos tóxicos;

- Médio: Danos materiais: locais próximos a propriedades de valor moderado. Danos ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais moderados;
- Baixo: Danos materiais: locais próximos a propriedades de valor reduzido. Danos ambientais: locais sujeitos a acidentes ambientais reduzidos.

Segundo Gerscovich (2009), existem duas abordagens para determinação do FS: teoria do equilíbrio limite e análise de tensões. Maragon (2006) afirma que as análises de estabilidade foram desenvolvidas a partir do equilíbrio limite, sendo este um recurso da teoria da plasticidade para análise do equilíbrio dos corpos.

A análise por equilíbrio limite traduz-se na definição do equilíbrio de uma massa ativa de solo, determinando o grau de estabilidade a partir dos seguintes princípios:

- atribui-se uma superfície de ruptura, podendo esta ser plana ou circular e etc., e todo solo, rocha, ou sedimento acima dessa superfície é considerado corpo livre;
- o equilíbrio das forças é calculado dividindo-se a massa de solo em partes e analisando o equilíbrio de cada parte.

As análises de estabilidade a partir das análises de tensões são realizadas com o apoio de softwares de computadores, tendo como base os métodos dos elementos finitos ou das diferenças finitas (GERSCOVICH, 2009). As tensões cisalhantes e de resistência são determinadas numericamente e comparadas, de forma que a região de ruptura se dá nos pontos onde $\tau \geq \tau_{resistência}$. Ademais, os resultados obtidos a partir das análises de tensões ainda possibilitam precisar áreas rompidas, mesmo sem superfície de ruptura; determinar níveis de tensão; e, compreender a magnitude das deformações, que podem contribuir de forma mais relevante ao projeto do que o próprio fator de segurança.

3.2 Contenção de Taludes

A contenção de taludes pode ter caráter preventivo, ao utilizar métodos de estabilidade a fim de aumentar o fator de segurança do talude em questão, ou possuir caráter corretivo.

De acordo com Gerscovich (2009), antes de elaborar o projeto de contenção, o engenheiro deve estar atento a variáveis que devem ser consideradas, como o grau de estabilidade necessário, por quanto tempo o talude deverá se manter estável, qual a relevância do custo do projeto, ou seja, qual o capital disponível para a execução do projeto, bem como quais as técnicas de contenção são aplicáveis no caso em questão.

Tendo analisado as variáveis, o engenheiro deve ter conhecimento das técnicas de contenção existentes, para que, após diagnóstico, possa fazer a escolha mais adequada para a situação a ser solucionada.

3.2.1 Técnicas de estabilização de taludes

Dada à historicidade de eventos envolvendo a instabilidade de taludes, a humanidade desenvolveu métodos, a princípio artesanais, para tentar controlar, ou até mesmo prevenir a ocorrência de tais eventos.

Atualmente, a engenharia civil dispõe de diversas alternativas de obras de estabilização de taludes. A adoção de uma delas como solução à uma situação problema deve ser embasada em diagnósticos cuidadosos, por esse motivo, é imprescindível que haja um estudo do problema a ser resolvido, da viabilidade de execução e da viabilidade financeira, para que possa optar com segurança pelo método mais adequado.

Em virtude da variabilidade de propriedades e características que configuram cada talude como único e particular, o número e tipologia das medidas de estabilização existentes são tão variados quanto, de acordo com o potencial de adequação de uma dada tecnologia ao talude em questão (FONSECA, 2010). A seguir estão apresentadas algumas das mais frequentemente aplicadas tecnologias de estabilização de taludes.

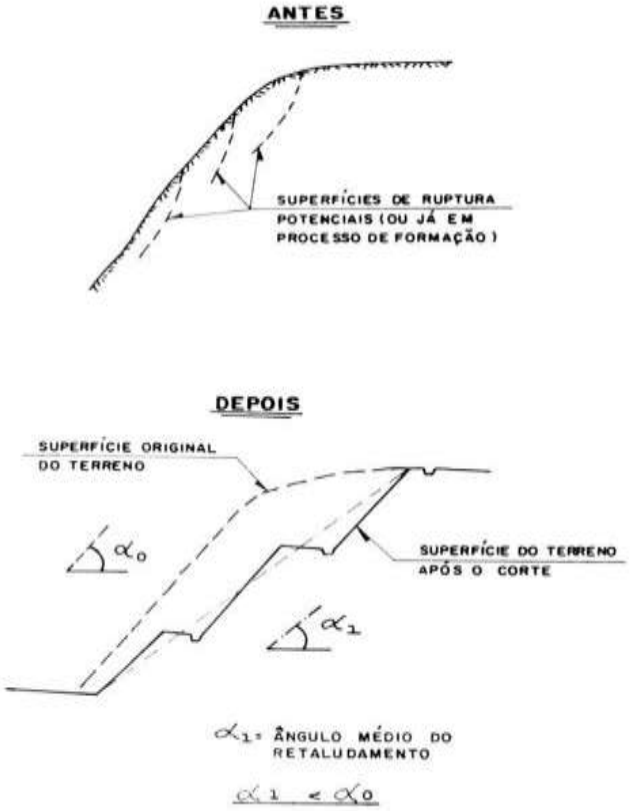
3.2.1.1 Retaludamento

Como o próprio nome sugere, a técnica consiste na reconstrução total do talude. Segundo Carvalho (1991), alguns cuidados devem ser tomados para que a reconstrução do talude tenha uma boa aplicabilidade.

A NBR 11682 (2006) define re-taludamento como: “Obra de mudança da inclinação e/ou da altura de um talude, objetivando melhorar suas condições de estabilidade” (Figura10). Segundo Fonseca (2010), o re-taludamento consiste na reconstrução total ou parcial do talude, de forma a tornar suas propriedades estruturais mais estáveis.

De modo geral a técnica é realizada através de procedimentos de corte e/ou enchimento do talude (ALEJANO, PONS et al. 2007). Fonseca (2010) ressalta que essa técnica geralmente não é realizada de modo exclusivo, sendo acompanhado sempre de outras medidas interventivas de tratamento superficial, como o revestimento superficial por vegetação, por exemplo.

FIGURA 10 – Retaludamento



Fonte: IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

3.2.1.2 Obras de Contenção

De acordo com a NBR 11682 (2006), obras de contenção são elementos que objetivam resistir aos esforços estáticos oriundos do terreno e de possíveis sobrecargas acidentais e/ou permanentes. Todas as estruturas de contenção devem ser projetadas para suportar, além dos esforços provenientes do solo, uma sobrecarga acidental mínima de 20 KPa, uniformemente distribuída sobre a superfície do terreno arrimado.

Entende-se por obra de contenção toda estrutura que, uma vez implantada em um talude, oferece resistência à movimentação deste ou à sua ruptura, ou ainda que reforcem uma parte do maciço, de modo que esta parte possa resistir aos esforços tendentes à estabilização do mesmo.

Muros de arrimo (Figura 11) são citados pela NBR 11682 (2006), como estruturas de contenção e subdividem-se em muros de gravidade e muros de

flexão. Por muros entende-se estruturas corridas, apoiadas em uma base, rasa ou profunda, a depender da necessidade que atenda à situação problema.

FIGURA 11 – Tipos de muros de contenção



Fonte: https://blogdopetcivil.com/tag/muro-de-gravidade/

3.2.1.2.1 Muros de gravidade

Comumente vistos em encostas à beira de rodovias, os muros do tipo gravidade são muros constituídos por pedras empilhadas, podendo estas ser argamassadas/cimentadas ou não, sua resistência está intimamente ligada à união dessas pedras. Este muro tem como principal objetivo dar suporte adicional ao talude, para que este possa suportar as cargas e forças a que está sujeito.

3.2.1.2.2 Muros de gabiões

O muro de gabião é constituído por gaiolas de material aramado preenchido com material rochoso, que são sobrepostas e costuradas entre si com arame. Geralmente usados para contenção de superficial de encostas e riachos, amplamente utilizados em encostas de maneira provisória por seu baixo custo e simplicidade construtiva. Suas principais características são a flexibilidade, que permite que a estrutura se acomode a recalques diferenciais e a permeabilidade.

FIGURA 12 – Muro Gabião



Fonte: Gerscovich (2009)

3.2.1.2.3 Muros de Pneus

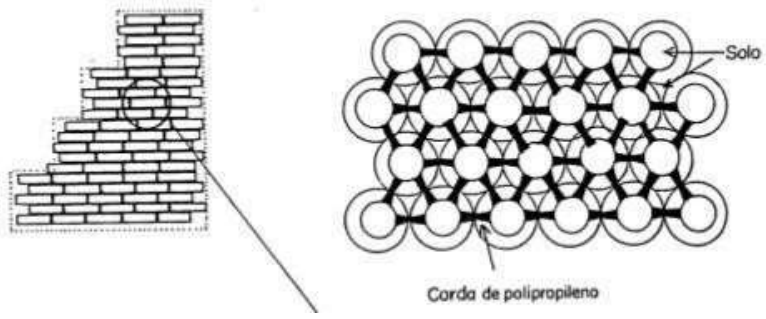
De acordo com Gerscovich (2009), os muros de pneus são construídos a partir do lançamento de camadas horizontais de pneus, amarrados entre si com corda ou arame e preenchidos com solo compactado. Funcionam como muros de gravidade e apresentam como vantagem o reúso de pneus descartados e a flexibilidade. Em comparação aos demais materiais, Gerscovich (2009) diz que a utilização de pneus apresenta a interessante combinação entre baixo custo e alta resistência mecânica do material.

Por tratar-se de um muro de peso, o muro de pneus deve limitar-se a alturas inferiores a 5m. Seu uso também não é recomendado para contenção de terrenos que sirvam de sustentação para construções pouco deformáveis, visto que o muro de pneus é uma estrutura com alta flexibilidade, as deformações às quais está suscetível são superiores em comparação a outros modelos de muros de peso (GERSCOVICH, 2009).

Recomenda-se que a sua base tenha, em média, 40 a 60% da altura do muro em largura, as camadas horizontais dos pneus devem estar dispostas alternadamente, de maneira que os espaços vazios entre os pneus sejam mínimos. Medeiros et al. (1997) determinou o peso específico do material, pneu preenchido com solo, utilizado a partir de ensaios de densidade no campo, a partir destas observações os valores variam entre 15,5 kN/m^3, para solos com pneus inteiros, a 16,5 kN/m^3, para solos com pneus cortados.

A fachada do muro de pneus deve ser revestida a fim de evitar o carreamento do solo de preenchimento dos pneus, indica-se o uso de vegetação para este revestimento por sua eficácia na conservação do solo, baixo custo e sustentabilidade.

FIGURA 13 – Detalhe do Muro de Pneus



Fonte: Gerscovich, 2009

3.2.1.2.4 Muros de flexão

Muros de flexão são estruturas esguias de concreto armado com seção transversal em forma de “L” (Figura14), esta seção faz com que a estrutura resista aos empuxos por flexão, usando parte do peso do próprio maciço para manter-se equilibrado, a laje da base possui largura cerca de 50 a 70% da altura do muro.

FIGURA 14 – Muro de Flexão



Fonte: IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

3.2.1.3 Sistema de drenagem

É um dos procedimentos mais eficazes e mais amplamente utilizados na estabilização de taludes de todos os tipos, seja como recurso único ou em conjunto com outros procedimentos.

Gerscovich (2009) afirma que para que uma estrutura de contenção tenha resultado satisfatório é imprescindível o emprego de um sistema de drenagem eficiente e adequado para a estrutura em questão. Dito isto, classifica-se os sistemas de drenagem em superficiais e profundos.

3.2.1.3.1 Sistema de drenagem superficial

Consiste, basicamente, em sistemas de captação das águas que escoam superficialmente pelos taludes causando erosão superficial dos taludes. Este sistema tem como principal objetivo reduzir a infiltração de água nos maciços a fim de minimizar os efeitos danosos da saturação do solo sobre a resistência do mesmo.

Quanto à natureza das drenagens superficiais, estas se dividem entre proteção com vegetação (Figura 15) e proteção com impermeabilização (Figura 16), não há na literatura uma regra que determine quando cada uma das opções deva ser considerada em cada projeto, entretanto alguns autores, aqui representados pela citação de Gerscovich (2009), concordam que a prioridade sempre deve ser dada à utilização da vegetação, principalmente em casos de taludes artificiais.

FIGURA 15 – Proteção com vegetação



Fonte: GeoRio (2000)

FIGURA 16 – Proteção com Impermeabilização



Fonte: GeoRio (2000)

Deve-se observar, portanto, as características particulares de cada maciço, atentando principalmente para maciços localizados em áreas urbanas, onde as alterações nas condições de instabilidade do talude não se dão apenas pelas mudanças climáticas, mas também por infiltrações causadas por rompimento de tubulações de água e esgoto.

- Canaletas, que se subdividem em:

- Longitudinais de berma: são canais construídos no sentido longitudinal dos patamares dos taludes e que coleta, mas águas pluviais que escoam nas superfícies.
- Transversais de berma (Figura 17): são canais construídos no sentido transversal dos níveis de equilíbrio dos taludes e que fazem com que as águas pluviais que atingem o meio fio escoem pela canaleta longitudinal, e não pela superfície.
- Canaletas de crista: São canais construídos próximos a crista do talude, para interceptar o fluxo de água oriundo do terreno acima, de forma a evitar que esse fluxo atinja a superfície do talude de corte.
- Canaletas de base: são canais construídos na base dos taludes a fim de coletar as águas superficiais provenientes da superfície desses taludes para evitar que ocorram processos erosivos junto ao pé dos taludes.
- Canaletas de pista: são canais construídos lateralmente à pista, acompanhando a declividade, com o objetivo de captação das águas superficiais provenientes da pista ou plataforma lateral.

FIGURA 17 – Canaleta Transversal



Fonte: GeoRio (2000)

- Saídas de água, que se dividem em:

- Saídas laterais: são canais construídos junto e transversalmente às canaletas de pista, para reter as águas das canaletas e dirigi-las para as drenagens naturais ou para bueiros próximos.
- Escadas d´água (Figura18): são canais construídos em forma de degraus que têm por objetivo coletar e conduzir as águas superficiais retidas pelas canaletas, a fim de não permitir que atinjam velocidades de escoamento elevadas devido à dissipação de energia.

FIGURA 18 – Escada d´água



Fonte: GeoRio (2000)

- Caixas dissipadoras de água:

- Caixas de dissipação (Figura 19): consistem em caixas, em geral de concreto, construídas nas extremidades das escadas d´água e canaletas de drenagem para dissipação da energia hidráulica das águas coletadas, evitando, assim, velocidades elevadas de escoamento.

- Caixas de transição: consistem em caixas construídas nas canaletas e escadas d´água, nas mudanças bruscas de direção de escoamento e na união de canaletas de seções transversais distintas, para direcionar melhor o escoamento das águas e possibilitar a dissipação de energia hidráulica.

FIGURA 19 – Caixa de dissipação



Fonte: GeoRio (2000)

3.2.1.3.2 Sistema de drenagem profunda

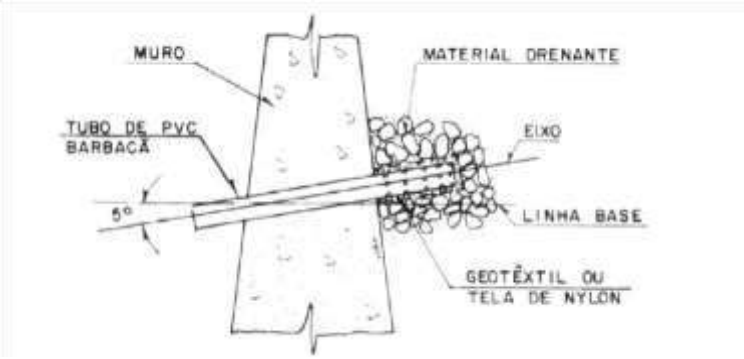
São sistemas que resultam na retirada de água da percolação interna dos maciços por meio do fluxo entre as fendas e fissuras de maciços terrosos ou rochosos, de maneira a reduzir o escoamento de água após a saturação do solo, diminuindo as pressões intersticiais do solo.

A drenagem profunda dos maciços é feita por meio de sistemas de drenos subhorizontais, poços de alívio, ponteiras, trincheiras drenantes ou galerias. Sendo assim, temos:

- Drenos sub-horizontais: são tubos de drenagem, geralmente de PVC, instalados em perfurações sub-horizontais e têm por finalidade a captação de parte da água de percolação interna de aterros ou cortes saturados.
- Trincheiras drenantes: consistem em drenos enterrados, utilizado tanto para captar a água que perco-a pelo maciço de solo como para conduzir esta água até pontos de captação e/ou lançamento a superfície.

- Barbacãs: consiste em tubos sub-horizontais curtos instalados em muros de concreto ou de pedra rejuntada, para coletar águas subterrâneas dos maciços situados a montante dos muros.

FIGURA 20 – Detalhe do Barbacã



Fonte: IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica

3.3 Utilização de Pneus

A utilização da borracha vem sendo de grande importância desde os indígenas americanos, os primeiros a descobrir os atributos deste material, até a contemporaneidade. (COSTA et al. 2003). Em 1839, Charles Goodyear, casualmente descobriu a vulcanização, método que expandiu a utilização da borracha e proporcionou o invento do pneu.

Robert W. Thomson, em 1845, criou o primeiro pneu de borracha. Segundo o inventor o pneumático consistia na aplicação de um suporte elástico ao redor das rodas com o propósito de reduzir a energia necessária para puxar carruagens, proporcionando facilidade no movimento e diminuindo o barulho das rodas.

O escocês John Boyd Dunlop recriou e elaborou o pneu inventado por Robert Thomson, que rapidamente foi aceito comercialmente. Os pneus de madeira e metal que eram utilizados foram rapidamente substituídos e a bicicleta se popularizou. Entretanto os automóveis a vapor ainda eram muito pesados para adotarem esse tipo de pneu.

No início do século XX o alemão Fritz Hofmann instaurou os primeiros resultados da borracha sintética, abandonados pelo alto custo do processo. Apenas em 1916 a Alemanha começou a confeccionar borracha sintética em grande escala dando início ao pneu conhecido atualmente (FUNDAÇÃO IBGE, 1971).

Hoje: “a maior parte dos pneus é constituído, em peso, por aproximadamente 10% de borracha natural, 30% de borracha sintética e 60% de aço e tecidos, que servem para fortalecer a estrutura do pneu” (RAMOS FILHO, 2005).

3.3.1 Descarte de pneus inservíveis no Brasil

No fim do século XX os automóveis já haviam deixado o status de bens de luxo tornando o crescimento do mesmo nas cidades inevitável. Após a guerra fria a evolução da tecnologia era perceptível, principalmente nas diversas categorias de automóveis. Entretanto os órgãos governamentais e os setores privados não tinham conhecimento da quantidade de pneus que eram abandonados no meio ambiente.

Segundo Fiori, 1998; Sato, 1999 apud Bertollo et al. (2000), “estimativas indicavam que são gerados 35 milhões de carcaças de pneus anualmente; e que existem mais de 100 milhões de pneus abandonados em todo o país”. Foi então que foi explicita a necessidade de estratégias de destinação deste material.

A Resolução CONAMA n.º 258/99 conferiu aos fabricantes e importadores de pneus novos o dever de coletar e destinar a um fim ambientalmente apropriado parte desses pneus, sendo que, os objetivos de coleta têm como princípio o volume dos pneus fabricados e importados no mercado doméstico conforme a tabela 3.

TABELA 3 – Destinação final de pneus inservíveis imputados a produtores e importadores

Prazo a partir de	**Pneus novos (nacionais ou importados)**	**Pneus inservíveis**
Janeiro/2002	4 unidades	1 unidade
Janeiro/2003	2 unidades	1 unidade
Janeiro/2004	1 unidade	1 unidade
Janeiro/2005	4 unidades	5 unidades
Prazo a partir de	Pneus reformados/importados	Pneus inservíveis

Janeiro/2004	4 unidades	5 unidades
Janeiro/2005	3 unidades	4 unidades

Fonte: (CONAMA 258/99)

A Resolução citada proíbe a acomodação final dos mesmos em áreas ao ar livre, terrenos passiveis de alagamento, mares, rios, lagos e sua queima ao ar livre. As empresas, a partir de 1° de janeiro de 2002, deveriam comprovar a destinação adequada dos pneus ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

A Resolução CONAMA n.º 416, de 30 de setembro de 2009, revoga as Resoluções n.º 258/99 e n.º 301/2002. De acordo com a Resolução para cada pneu comercializado, fabricantes e importadores deverão dar um destino ambientalmente correto para um pneu inservível. Esta mesma Resolução define que fabricantes, importadores, reformadores e destinadores precisarão se inscrever Cadastro Técnico Federal e quais são as informações que devem ser prestadas junto ao IBAMA.

Esta Resolução tem como medida colocar, dentro do prazo de um ano, pelo menos um ponto de coleta e armazenamento de pneus em municípios com mais de cem mil habitantes.

Entretanto atualmente no Brasil grande parte dos pneus são destinados a aterros sanitários (Figura 21). Esses pneus permanecem expostos a precipitação e insolação exercendo criadouro de mosquito como o *Aedes Aegipty*. Possuem um grande poder calorífero e são de fácil combustão, quando queimados liberam toxinas cancerígenas no ar e sucos tóxicos podendo contaminar o solo e lençóis freáticos (CIMINO, 2005) (Tabela 4).

TABELA 4 – Poder calorífico de alguns materiais

Material	**Poder calorífico (kcal/kg)***
Polietileno (PE)	10382
Óleo combustível	10000
Poliestireno (PS)	9122
Plásticos diversos	7833
Carvão betuminoso	7778

Pneus	**7667**
Carvão antracito	7500
Folhas (10% de umidade)	4436
Jornal	4417
Papel corrugado	3913
Papel	3778
Revistas	2917
Turfa	2000
Folhas (50% de umidade)	1964
Resíduos de alimentos	1317
Madeira verde	1167
Gás natural	620

*Não especificado pela fonte se o poder calorífico é superior ou inferior. Fonte: Adaptado de LAGARINHOS; TENÓRIO, 2008

FIGURA 21 – Terreno do Jardim do Líbano vira lixão a céu aberto



Fonte: http://gcn.net.br/imprimir/noticia/285067

3.3.2 Reutilização de pneus inservíveis

Os pneus que não tem mais utilidades em automóveis podem ser reutilizados de diversas maneiras ao invés de serem descartados.

A Resolução CONAMA n.º 264, de 26 de agosto de 1999 aborda dos critérios e procedimentos específicos do licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a produção de cimento. Devido as características caloríferas e de fácil combustão dos pneus, os mesmos seriam de grande utilidade como combustível alternativo colaborando com a redução do uso

de combustíveis fosseis. Entretanto segundo institui a Resolução, as fabricas de cimento já existentes só poderão solicitar uma licença para o co-processamento se as mesmas estiverem licenciadas e dentro das normas ambientais (Sierra, 1998).

O reuso desses pneus também tem como proposta a recauchutação dos mesmos, assim aumentando o período de vida dos mesmos antes de serem identificados como inservíveis. Porém em 25 de setembro de 2000 a Portaria n.º 8 da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) deixa de conceder licença para a importação de pneus recauchutados e usados.

A reciclagem da borracha utilizada na fabricação dos mesmos para a criação de novos utensílios também vem sendo abordada como uma forma de fim para os pneus inservíveis. A reutilização dos pneus também pode ocorrer de forma doméstica. Os pneus podem ser utilizados como brinquedos em parques ou praças, cochos para animais, caixas d'agua, recifes artificiais, dentre outras coisas. O emprego dos pneus inservíveis na construção civil também está sendo estudado e trabalhado como uma forma de diminuir o impacto do acumulo desses pneus não utilizados.

3.3.3 O uso de pneus na construção civil

A construção civil é uma das áreas de maior importância social. O desenvolvimento das cidades está intimamente ligado a construção civil. Entretanto a escassez dos recursos naturais é uma situação preocupante, pois afetaria diretamente os seres humanos. Muitos estudos estão sendo feitos procurando alternativas de reuso de materiais inservíveis principalmente na construção civil, como por exemplo,

os pneus.

No Brasil, a PUC-RJ com a participação da Fundação Geo-Rio (Prefeitura do Rio de Janeiro) e da Universidade de Otawa, com apoio do IDRC (International Development Research Centre do Canadá) foi percursora de um estudo, iniciado em 1995, focado na construção de um muro experimental instrumentado. Esse muro de pneus foi realizado pela firma Geomecânica S.A, na Rua Ati, Jacarepaguá. Ele contém uma área de aproximadamente 4.000m², com 4m de altura e 60m de comprimento.

Ao redor do mundo vários estudos vêm sendo feitos procurando alternativas de reaproveitamento dos pneus na área de construção. Em 1998 a American Society for Testing and Material (ASTM) aprovou o uso de pneus inservíveis inteiros ou triturados para a construção de rodovias, como um método de substituição dos materiais convencionais.

Os Earthships são alternativos para o uso dos pneus na construção. Segundo o autor Murugkar (2009) algumas características dos Earthships são: Eles são projetados para se unir a terra ao invés de resistir a mesma. Os pneus enterrados vão durar para sempre, eles também são resistentes, uma parede construída de pneus pode vibrar e se mover sem falhas. Permite que se usem outros materiais inservíveis em sua construção como garrafas de vidro, latas e garrafas de plástico. Com esse método, fossas sépticas também podem ser construídas com pneus.

Kamimura (2002) afirma também que este método de construção, com o uso de pneus inservíveis, evita a contaminação do meio ambiente, não afeta a saúde pública, tem baixa liberação de carbono, elevada massa térmica e além de ter um baixo custo é forte e flexível.

Em 1999, em Chautauqua County, NY, foi construído um aterro de pneus inservíveis para a construção de uma rodovia. Esse método é de baixo custo se comparado com os métodos convencionais e proporcionam isolamento térmico, uma melhor drenagem, recalques menores e aumento do FS à ruptura. Esse procedimento também pode ser utilizado para aterrar locais para parques de estacionamento. Os pneus também são usados em outras construções como isolamento de forros, em barreiras contra ruídos, barragens, dentre outros.

4 Metodologia e procedimentos técnicos da pesquisa

4.1 Classificação da pesquisa

Quanto aos fins da pesquisa, o trabalho proposto tem a pretensão de descrever a reutilização de pneus na contenção de taludes. A pesquisa de natureza básica com caráter exploratório, pois visa gerar conhecimentos úteis dentro do tema proposto sem experimentação básica, será realizada conforme o assunto

proposto na contenção de taludes por meio de pneus inservíveis. Através de pesquisas bibliográficas realizadas em livros, monografias, artigos e sites científicos.

Ao analisar a forma da pesquisa, pode-se concluir que a mesma pode ser considerada como quantitativa, pois pretende verificar o problema e trazer a ele a proposta para solução, através dos resultados obtidos no levantamento bibliográfico (PRODANOV, 2013).

Neste sentido, Gil (2008, p. 175) diz que:

> A análise dos dados nas pesquisas experimentais e nos levantamentos é essencialmente quantitativa. O mesmo não ocorre, no entanto, com as pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisaação ou pesquisa participante. Nestas, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa. E, ao contrário do que ocorre nas pesquisas experimentais e levantamentos em que os procedimentos analíticos podem ser definidos previamente, não há fórmulas ou receitas predefinidas para orientar os pesquisadores. Assim, a análise dos dados na pesquisa qualitativa passa a depender muito da capacidade e do estilo do pesquisador.

O presente trabalho tem como função abordar o tema do uso de pneus na contenção de taludes usando de pesquisa e verificação de estudos de caso, livros e simulações já realizadas. Será utilizado o método dedutivo, pois a pesquisa partirá das hipóteses válidas, nulas e inválidas relatadas na pesquisa, com isso, o trabalho baseia-se em uma pesquisa bibliográfica e com o decorrer do desenvolvimento as hipóteses serão classificadas como verdadeiras ou falsas. Tem o intuito de explanar e abrir discursão sobre a viabilidade da reutilização desses pneus, expondo as vantagens da utilização do mesmo como fonte de estudo e informação de trabalhos e realizações futuras do projeto.

5 Resultado e discussão

Ao analisar e comparar estudos de caso, presentes na literatura, sobre a execução de muros de pneus com a finalidade de estabilizar taludes, é possível comparar e discutir alguns dados obtidos nesses estudos.

Sieira (1998) construiu um muro experimental de pneus e solo, totalmente instrumentado, de 4m de altura e 60m de comprimento, com o objetivo de demonstrar a amplitude dos parâmetros de deformabilidade da estrutura de solopneus e, considerando a inviabilidade da realização de experimentos prévios em laboratório com este material, os parâmetros e simulações numéricas foram

feitos por um programa de elementos finitos, desenvolvido na PUC-Rio, os valores previstos foram confrontados com os observados em campo.

Ao final da construção, foi acrescentado um sobrepeso de solo se 2m de altura, enquanto os deslocamentos foram monitorados por inclinômetros, horizontais, e extensômetros magnéticos, verticais. Sieira (1998) concluiu, ao analisar seus resultados, que a simulação numérica é uma ferramenta útil para estabelecer parâmetros e dimensões compatíveis para projetos de engenharia civil. Quanto à estrutura, a autora conclui que o muro de solo-pneus é uma alternativa segura para projetos de estabilização de taludes.

Medeiros (2000) também realizou a construção de um muro experimental com o objetivo de descrever aspectos construtivos do muro em questão, expondo os resultados referentes ao comportamento do material utilizado, no caso solo-pneus e a aplicabilidade desta na engenharia civil.

O muro possui dimensões de 60m de comprimento e 4m de altura, com pneus de dimensões semelhantes, equivalentes aos usados em veículos de passeio, amarrados entre si, horizontalmente, com arame de gabiões. Por se tratar de um muro de peso, não houve necessidade de amarrações verticais, foram utilizados cerca de 15 mil pneus (MEDEIROS, 2000).

FIGURA 22 – Estágio inicial da construção do muro: posicionamento da 1a camada de pneus



Fonte: Medeiros(2000)

FIGURA 23 – Final da construção do muro



Fonte: Medeiros(2000)

Após a análise dos resultados obtidos na avaliação dos comportamentos de tensão, deformação e resistência, do pneu como elemento de reforço, Medeiros (2000) conclui que o uso de pneus na construção de muros de arrimo é favorável do ponto de vista mecânico da contenção, de forma que a estrutura possui flexibilidade suficiente para manter as deformações em nível compatível com obras civis. O autor enfatiza o uso de pneus cortados como facilitador da compactação e redutor da deformabilidade do muro.

Quanto ao custo, Souza (2002) corrobora com os autores supracitados ao afirmar que o custo depende, basicamente, da quantidade de pneus utilizados, mas como este pode ser encontrado em sucateiros ou depósitos de lixo, é fácil adquirir por baixo custo. Infelizmente, ainda não há uma tecnologia ou mesmo uma aplicação padrão para o uso de pneus em muros de contensão, mesmo considerando seu baixo custo. Baroni (2012) diz que para o “desenvolvimento e avanço das tecnologias voltadas para a reutilização e reciclagem de pneus, é necessário um esforço conjunto de empresas, governo e sociedade”, já que a evolução deste método depende grandemente de fatores como disponibilidade de pneus, consumidores, mercado, investimentos, entre outros.

Neste sentido, o estudo de Santana (2006) revelou que apesar da viabilidade econômica, a população não se sente segura apenas com pneus, solo e gramíneas estabilizando os taludes de suas casas, mesmo este método sendo mais estável que o muro de pedras. Não basta apenas que o método escolhido pelo engenheiro seja econômico, é necessário que seja adequado à localidade e aceito pelos beneficiários. Quanto à adequabilidade, os muros de pneus se mostraram estáveis nos estudos, de modo que são aconselháveis para taludes baixos, de até 5 metros, principalmente em áreas de solo argiloso.

Outro ponto positivo para o uso dos pneus em contenção de taludes é a estética. Este material preenchido com solo do próprio talude, pode ser revestido com vegetação rasteira, de preferência gramíneas, sendo assim, além de assegurarem a segurança do talude, os pneus não ficam expostos, de modo que a cobertura vegetal é mais agradável à vista. A vantagem na utilização dos pneus continua na rapidez da execução do projeto, quando comparado a outros métodos. Baroni (2012) relata que seu muro experimental, com dimensões de 2,60 m de altura, com uma 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, foi executado num período de três dias, com um mestre de obras e três serventes como mão de obra, numa jornada de 8h diárias de trabalho.

Dessa maneira, é percebível que, apesar de apresentar uma solução ambiental para os pneus inservíveis descartados incorretamente, de ser viável economicamente, ser eficiente na contenção de taludes com padrões de base compatíveis com a altura do muro a ser construído, ainda são necessários maiores estudos e ensaios nesta temática, de modo a viabilizar a obtenção de melhores dados que podem vir a serem usados na conscientização da população quanto à segurança do método, bem como na responsabilização das empresas, comércios e governo quanto à necessidade do recolhimento adequado e disponibilização deste material a baixo ou nenhum custo para ser usado com esta finalidade.

Considerações finais

O elevado índice de tragédias e incidentes envolvendo movimento de taludes, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a construção irregular em maciços de terra instáveis é muito comum, torna cada vez mais explícita a necessidade dos estudos que envolvem o desenvolvimento de métodos para estabilizar estes maciços, a fim de atenuar consideravelmente os índices que envolvem perdas materiais, ambientais e de vidas humanas.

Isto posto, conclui-se que a avaliação da estabilidade de um talude não pode ser concretizada sem o profundo conhecimento dos fenômenos que podem induzir

situações críticas e que, além disso, é necessário quantificar as condicionantes quanto á estabilidade, o que nem sempre é fácil ou possível.

Neste sentido, o muro de arrimo com pneus vem sendo uma alternativa recentemente explorada, mas com resultados satisfatórios até o momento. Pneus são constituídos de borracha e são fortemente reforçados com fibras e metais, resultando num material com elevada resistência a tensões radiais. As propriedades mecânicas dos pneus permanecem disponíveis mesmo após encerrada a vida útil como elemento de rodagem. A escolha dos pneus a serem utilizados deve considerar a facilidade de obtenção dos mesmos nas proximidades do local da obra.

Entretanto, o muro de pneus não é a única alternativa disponível no ramo da engenharia, que dispõe de diversos métodos para estabilizar taludes, mesmo que este venha se mostrando como econômico, eficaz e sustentável, cabe ao engenheiro escolher com critério as soluções que se apresentam satisfatórias e mesmo prever o desempenho destas alternativas mediante análise criteriosa de cada maciço em particular.

Referências

ALEJANO, L. R., B. PONS, F. G. BASTANTE, E. ALONSO and H. W. STOCKHAUSEN. *Slope geometry design as a means for controlling rockfalls in quarries.* International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 44(6): 903921. 2007.

AMARAL, J.E.M. *Análise das Dificuldades Associadas ao uso de Pneus Inservíveis na Construção de Habitações: O Estudo de Caso de Goiatuba – GO.* Dissertação de Mestrado, Centro Universitário de Araraquara, 132p. 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Estabilidade de encostas – NBR 11682.* Rio de Janeiro, 2006.

BARONI, M.; SPECHT, L. P.; PINHEIRO, R. J. B. *Construção de estruturas de contenção utilizando pneus inservíveis: análise numérica e caso de obra.* REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 65, n. 4, p. 449-457. 2012.

BERTOLLO, S. A. M.; FERNANDES JÚNIOR, J. L.; VILLAVERDE, R. B.; MIGOTTO FILHO, D. *Pavimentação asfáltica: uma alternativa para a reutilização de pneus usados.* Revista Limpeza Pública, nº 54, p. 23-30, ABLP, Associação Brasileira de Limpeza Pública, São Paulo/SP. 2000.

ISSN 2178-6925

CAPUTO, H. P. *Mecânica dos solos e suas aplicações*, Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1998.

CARVALHO, P.A.S *Taludes de Rodovias: Orientação para Diagnóstico e Soluções de seus Problemas*, São Paulo, Brasil, 1991.

CIMINO, M. A.; ZANTA, V. M*. Gerenciamento de pneumáticos inservíveis (GPI): análise crítica de ações institucionais e tecnologias para minimização.* Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro v. 10, n. 4, p. 299-306. 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA no. 258*, de 26 de agosto de 1999.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA no. 301*, de 21 de março de 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n.º 416,* de 30 de setembro de 2009.
DODGER ENTERPRISE LTD. *Tyre Recycling.* Estados Unidos. 2000.

DUARTE, M. P. *Estabilidade e muro de arrimo.* Monografia apresentada ao curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, 2013.

DYMINSKI, S. A*. Noções de Estabilidade de Taludes e Contenções*, Notas de Aula da disciplina Estabilidade de Taludes, UFPR, 2011.

ENCORE'S BALER LTD. *Tyre Recycling.* Estados Unidos. 2000.

FINNISH TYRE RECYCLING LTD. *Tyre Recycling.*Finlandia. 2000.

FONSECA, J. *Riscos Associados à Instabilidade de Taludes: Proposta de Metodologia de Abordagem a Partir da Análise Comparada de Diversos PDMs.* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014.

FONTES, A.E.B*. Ensaios de Campo e Laboratório no Retro aterro do Muro Experimental de Pn*eus*.* Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio, Brasil,1997.

FUNDAÇÃO IBGE. *O mercado da borracha.* Boletim Geográfico, ano 30, n. 222, p.

1-104. 1971. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/boletimgeografico/Boletim%20Geografico%201971%20v30%20n222.pdf#page=66> . Acesso em 21 outubro de 2016.

GEO-RIO – Fundação Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro, 2000, *Manual Técnico de Encostas: Análise de Investigação*. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação Geo-Rio.
GERSCOVICH, D.M.S. *Estabilidade de Taludes*. Rio de Janeiro: Oficina de textos, 2009.

GIL, A.C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.* 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

INFANTI JUNIOR, N. & FORNASARI FILHO, N. *Processos de Dinâmica Superficial.*
In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), 1998. cap. 9, p.131-152. KAMIMURA, E*. Potencial de utilização dos resíduos de borracha de pneus pela indústria da construção civil.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Santa Catarina, 128 p. Florianópolis, 2002.

KELLER, E. A. *Introduction to Environmental Geology*, Pearson Education, Inc.2012.

CATULÉ, Pablo Fernandes et al. Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso de água da chuva no município de Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 11, p. e6711438-e6711438, 2018.

GOMES, Jarbas Herinson Dias et al. Análise Comparativa Do Sistema Construtivo De Alvenaria Convencional E Sistema Construtivo De Alvenaria Estrutural Em Uma Casa Térrea Em Teófilo Otoni. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN**, v. 2178, p. 6925, 2018.

SIQUEIRA, Rodrigo Alves et al. Análise Comparativa Entre O Concreto Usinado E O Concreto Produzido No Canteiro De Obra. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro–Unipac ISSN**, v. 2178, p. 6925, 2018.