
FABIANO NASCIMENTO DE SOUZA

TERRAPLANAGEM:
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E PROCEDIMENTOS

Guarulhos
2019

FABIANO NASCIMENTO DE SOUZA

TERRAPLANAGEM:
PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E PROCEDIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Anhanguera, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil.

Orientador: Rafael Marochi

FABIANO NASCIMENTO DE SOUZA

TERRAPLANAGEM:

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E PROCEDIMENTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Anhanguera, como requisito parcial para a obtenção do título de graduado em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof. André Alburquerque

Prof(a). Daniela Brasil Silva

Prof. Ricardo Modesto Zuppo

Guarulhos, 11 dezembro de 2019.

SOUZA, Fabiano Nascimento. **Terraplanagem: Principais Características e Procedimentos**, 2019. 35 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera, Guarulhos, 2019.

RESUMO

Diante da grande importância desse processo na construção civil, o presente estudo teve como objetivo analisar as práticas de execução em uma obra de terraplanagem, pois é fato que a construção civil exerceu e exerce um fundamental papel na concepção do modelo de sociedade como a conhecemos. Há que se pensar que desde a exploração do espaço geográfico, nossa fixação segura no mesmo, a interação e troca de recursos materiais e intelectuais, além de outros aspectos do desenvolvimento humano, só foram possíveis através da evolução da mesma. Das caminhadas e carroças aos trens-bala. E assim nos deparamos com a ideia de que a construção civil seria uma das bases do desenvolvimento humano. E dentro dela, como seu fulcro e ponto de partida, estariam as obras de terraplanagem. Assim, o entendimento de sua importância exige que a conheçamos de forma cada vez mais profunda, para que a executemos sempre em busca da excelência. E excelência é domínio, principalmente na área do conhecimento. E domínio é controle. Por esta percepção, este trabalho trata o aspecto fundamental do Controle Tecnológico em Obras de Terraplanagem, abordando testes, ensaios, boas práticas operacionais e outros procedimentos, que permitem que a executemos de forma segura e econômica, dentro de padrões de qualidade cada vez mais exigentes.

Palavras-chave: Procedimentos, Terraplanagem, Compactação.

SOUZA, Fabiano Nascimento. **Earthmoving: Main Features and Procedures**. 2019. 35 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Anhanguera, Guarulhos, 2019.

ABSTRACT

Given the great importance of this process in civil construction, this study aimed to analyze the execution practices in an earthmoving work, since it is a fact that civil construction played and plays a fundamental role in the conception of the society model as we know it. It has to be thought that since the exploration of geographical space, our secure fixation on it, the interaction and exchange of material and intellectual resources, as well as other aspects of human development, have only been possible through its evolution. From walks and wagons to bullet trains. And so we come across the idea that construction would be one of the foundations of human development. And within it, as its fulcrum and starting point, would be the earthworks. Thus, the understanding of its importance requires that we know it more and more deeply, so that we always perform it in search of excellence. And excellence is mastery, especially in the area of knowledge. And domain is control. From this insight, this paper addresses the fundamental aspect of Technological Control in Earthworks, addressing testing, testing, good operating practices and other procedures that enable us to perform it safely and economically within increasingly stringent quality standards.

Key-words: Procedures, Earthmoving, Compaction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo de Terraplanagem.....	25
---	-----------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores residuais adotados pelo SINCTRAN.....	30
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
GPS	Global Positioning System
NBR	Norma Brasileira
SINCTRAN	Sistema Nacional de Custos de Transportes

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. PROCEDIMENTOS DA TERRAPLANAGEM.....	15
3. TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS DA TERRAPLANAGEM.....	20
4. ESCAVAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS.....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

A terraplenagem ou movimento de terras são as operações que têm por objetivo remover o excesso de terra de um local e levar para outro que esteja em falta, ou seja, limpar o terreno em que será feita a obra, removendo taludes ou aterrando conforme a necessidade. A terraplanagem começa com a limpeza do terreno e remoção de taludes, árvores, galhos, tocos, raízes, arbustos, capim, entre outros materiais impróprios para a construção. Na execução de uma obra de terraplenagem, além dos serviços básicos (cortes e aterros), tornam-se necessárias outras operações: serviços preliminares, caminhos de serviços, empréstimos e bota-foras.

Todas as obras de construção além de uma análise do solo para conhecimentos das características físicas do terreno, também são necessários a movimentação de terra. Há obras que são necessários a mecanização, com equipamentos tecnológicos, dispensando a mão de obra, gerando mais economia. Em outras, são utilizados maquinários, tais como: grade de disco, escavadeira, pá carregadeira, retroescavadeira, bulldozer, motoniveladora, caminhão basculante, rolo liso, entre outros. A construção de uma estrada de rodagem ou de qualquer outro tipo de construção, exige a execução de serviços de terraplenagem prévios, regularizando o terreno natural, em acordo com projeto que se deseja implantar. Tornando-se indispensável um grande conhecimento sobre as aplicações das metodologias desse serviço pelo profissional, para que assim a viabilidade da obra sejam mantidos.

Há também a necessidade de se fazer um planejamento para execução, analisando o tempo, pois há o afastamento que é a distância entre os furos de detonação, capacidade que o caminhão suporta, combustível, distância média do transporte, verificar a espessura/altura do aterro, assim como os custos de mão de obra, análise do solo, maquinários, entre outros.

A realização de uma edificação ou qualquer outro tipo de construção, há a necessidade de se limpar o terreno, removendo a terra ou aterrando o espaço a ser utilizado, conforme sua necessidade. Mediante a isso, quais os procedimentos necessários para se fazer a terraplanagem?

Ela pode ser realizada em vários tipos de construção, assim como barragens, terrenos para construção de edificações, estradas ou projetos específicos. É necessários que haja o acompanhamento de engenheiros, operadores de máquina, técnicos e topógrafos. A determinação dos custos é de extrema importância, seja para estudos de viabilidade, orçamento ou proposta de concorrência. Os valores a serem indicados na proposta para a tomada de preços ou concorrência pública exigem um cálculo detalhado de cada custo incidente.

A pesquisa realizada neste trabalho, foi uma revisão literária nos últimos 20 anos, no qual foi feito uma pesquisa qualitativa, estudando e relatando os tipos de solos, a importância da terraplanagem com suas principais características e procedimentos na construção civil, no intuito de promover uma reflexão sobre o tema. Logo depois de analisar vários tipos de equipamentos e maquinários, notou-se que a constituição de um solo é que estabelece o método ideal para realização da limpeza do terreno, para se obter um melhor resultado já que, cada solo tem sua classificação e comportamento.

2. PROCEDIMENTOS DA TERRAPLANAGEM

Terraplenagem é a técnica de engenharia de escavação e movimentação de solos e rochas. Tem como objetivo a conformação do relevo terrestre para implantação de obras de engenharia, tais como açudes, canais de navegação, canais de irrigação, rodovias, ferrovias, aeroportos, pátios industriais, edificações, barragens, plataformas diversas entre outras (CASTRO, 2003).

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (BERNUCCI, 2006).

Sabe-se também que a realização de obras de terra em grande escala não é uma prática nova. Existem registros de que há muitos séculos elas vêm sendo executadas pelo homem. Há registros históricos e pré-históricos desta atividade. Na antiguidade os egípcios e os babilônicos realizavam grandes obras de terra, como, por exemplo, canais de irrigação às margens dos rios Nilo e Eufrates (RICARDO; CATALANI, 2007).

A compactação de um solo é a sua densificação por meio de equipamento mecânico, geralmente um rolo compactador, embora, em alguns casos, como pequenas valetas até soquetes manuais podem ser empregados. Um solo, quando transportado e depositado para a construção de um aterro, fica num estado relativamente fofo e heterogêneo e, portanto, além de pouco resistente e muito deformável, apresenta comportamento diferente de local para local (LIMA, 2013).

Para aplicação na engenharia civil, o solo pode ser considerado qualquer acumulação formada por partículas minerais e vazios preenchidos por água ou ar, cuja organização depende dos processos envolvidos durante a sua formação e está diretamente associada ao intemperismo da rocha (SANTOS, 2013).

Os solos podem por sua vez, dão origem a rochas sedimentares, quando sujeitos a pressões e temperatura que provocam a cimentação entre partículas, diagênese. Ou a rochas metamórficas, quando as pressões e temperaturas atingem valores extremos, metamorfismo. Essas rochas podem por sua vez ser uma fonte de novos solos (NEVES, 2006).

Para Pinto (2006), os solos, ainda, se classificam quanto à sua origem, que é um complemento importante para o conhecimento das ocorrências e para a transmissão de conhecimentos acumulados. Algumas vezes, a indicação da origem do solo é tão ou mais útil do que a classificação sob o ponto de vista da constituição física. Para o autor, os solos se subdividem em dois grupos: os residuais e os transportados.

Ele pode ser pouco resistente, muito compressível ou apresentar características que deixam a desejar do ponto de vista econômico. Uma das possibilidades é tentar melhorar as propriedades de engenharia do solo local. A compactação é um método de estabilização e melhoria do solo através de processo manual ou mecânico, visando reduzir o número de vazios do solo (LIMA, 2013).

Para Santos (2013), assim, o processo de origem do solo depende do clima, relevo, tempo e o tipo de rocha de origem. Estes fatores definem as principais características do solo, como a mineralogia, cor, textura, plasticidade e estrutura das partículas, e determinam sua relevância para as diversas aplicações, seja na engenharia civil ou na agricultura.

Lozano (2012) afirma que há muitos casos de aterros sendo feitos de forma inadequada, sob as mais variadas justificativas. Porém, sem tecnologia correta, cria-se um mito que não condiz com a verdade. Seja qual for o volume de aterro, qual seja o solo do local e das possibilidades de áreas de empréstimo, há um procedimento executivo de engenharia civil geotécnica adequado, que proporcionará economia e segurança.

Fundações executadas sobre terrenos aterrados podem apresentar problemas, e essas características nem sempre são analisadas pelos profissionais, e por isso necessita-se que o trabalho de terraplenagem seja executado da melhor forma possível, evitando assim futuras patologias (SOUZA, 2012).

Sem a devida aplicação dos conhecimentos geotécnicos na execução destes aterros, muitos problemas poderão ocorrer, em pequenas e grandes obras de engenharia, como exemplificados a seguir (LOZANO, 2012): Recalques e afundamentos de piso, ruas, vias e fundações; vazamentos de redes hidráulicas e sanitárias; deslizamentos de taludes, contenções e muros de arrimo; vazamentos de lagoas de tratamento de resíduos e líquidos; erosões internas em diques e barragens; não enchimento de lagoas, diques e barragem por perda de água.

A descarga e o espalhamento constituem a execução do aterro propriamente dito. Quando as especificações determinam a obtenção de certo grau de compactação, haverá ainda a operação final de adensamento do solo até os índices mínimos estabelecidos (RICARDO; CATALANI, 2007).

De acordo com Lozano (2012), sem a devida aplicação dos conhecimentos geotécnicos na execução destes aterros, muitos problemas poderão ocorrer, em pequenas e grandes obras de engenharia, cuja precisão depende apenas do rigor do aparelho e da graduação da escala das miras e obviamente, distância entre os pontos.

Segundo Senço (2007), não é uma tarefa fácil classificar determinado tipo de solo, pois para cada tipo há conceitos próprios de cada pesquisador que podem ser empregados, gerando diferentes pontos de vista, e conseqüentemente uma variação nos conceitos.

Uma definição que, de certa forma, atenderia a todas as aplicações seria: Solo é uma deformação natural, de estrutura solta e removível e de espessura variável, resultante da transformação de uma rocha mãe pela influência de diversos processos físicos, físico-químicos e biológicos (SENÇO, 2007).

Para Lozano (2016), é importante conhecer a estrutura do solo, seus índices físicos e propriedades como resistência, compressibilidade, permeabilidade, entre outras, pois nos projetos são necessárias essas propriedades para o dimensionamento adequado para seus fins estruturais, bem como no aterro.

O tipo de obra e de solo disponível vai ditar o processo de compactação a ser empregada, a umidade em que o solo deve se encontrar na ocasião e a densidade a ser atingida, tendo como objetivos reduzir futuros recalques, aumentar a rigidez e a resistência do solo, reduzir a permeabilidade (PINTO, 2006).

Para Pinto (2006), a compactação de um solo é a densificação por meio de equipamento mecânico, geralmente um rolo compactador, embora, em alguns casos, como em pequenas valetas, até soquetes manuais podem ser empregados. Ainda segundo Pinto, o adensamento é um fenômeno pelo qual os recalques ocorrem com a expulsão da água do interior dos vazios do solo. As argilas possuem baixa permeabilidade, e por isso é preciso acelerar o processo de saída da água dos vazios, que normalmente acontece de forma lenta.

De acordo com Pinto (2006), a teoria de adensamento Unidimensional de Terzaghi baseia-se nas seguintes hipóteses: 1) O solo é totalmente saturado; 2) A compressão é unidimensional; 3) O fluxo d'água é unidimensional; 4) O solo é homogêneo; 4) As partículas sólidas e a água são praticamente incompressíveis perante a compressibilidade do solo; 5) O solo pode ser estudado como elementos infinitesimais, apesar de ser constituídos de partículas e vazios; 6) O fluxo é governado pela Lei de Darcy; 7) As propriedades do solo não variam no processo de adensamento e; 8) O índice de vazios varia linearmente com o aumento da tensão efetiva durante o processo de adensamento.

De acordo com o autor, as três primeiras hipóteses indicam que a teoria se restringe ao caso de compressão edométrica, com fluxo unidimensional, e a solos saturados. As hipóteses de (4) a (7), são perfeitamente aceitáveis. A hipótese (8), a rigor, não se verifica, pois, a medida que o solo adensa, muitas propriedades variam. A permeabilidade, por exemplo, diminui conforme o índice de vazios, também diminui. A hipótese (9) foi introduzida para permitir a solução matemática do problema que, sem ela, é muito complexa. Esta hipótese permite associação do aumento da tensão efetiva e a dissipação de pressão neutra, ao desenvolvimento dos recalques de maneira simples, por um parâmetro fundamental no desenvolvimento da teoria, que é o grau de adensamento.

Utilizando a definição da Norma DNIT 160/2012 “Ensaio de expansibilidade de solo é o ensaio por meio do qual se determina o aumento do volume que certos solos apresentam, quando em contato com a água ou quando reduzida a pressão sobre eles.”

As atividades humanas provocam alterações nos meio físico, biótico e antrópico, as quais podem ser benéficas ou adversas. Tais alterações são denominadas impactos ambientais (MOTA, 2010).

Tais impactos podem ser diretos, quando se relacionam a uma determinada ação inicial, ou indireto, quando decorre de uma consequência de primeira ordem, sendo que uma ação pode desencadear uma cadeia de impactos, uns decorrentes dos outros (MOTA, 2010).

No diagnóstico ambiental devem ser caracterizadas duas áreas de influência que devem estar presentes no Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). As mesmas devem ser caracterizadas

quanto aos meios físico, biótico e socioeconômico (antrópico) (BANDEIRA; FLORIANO, 2004).

A construção dos aterros é a fase em que maiores cuidados devem ser tomados no emprego correto das técnicas e procedimentos recomendados, pois a execução errada desse serviço tem consequências desagradáveis e de alto custo para o construtor e para o usuário das obras (RICARDO; CATALANI, 2007).

Para Pinto (2006), o solo ao ser levado e dispersado para a construção de um aterro, se encontrará fofo e heterogêneo, não sendo ainda compactado, porém o mesmo não terá resistência, podendo ocorrer deformações e ter seu comportamento modificado, de acordo com o local. Mas, a compactação do solo vem para tornar maior a área de contato entre os grãos, tornando-os mais resistentes, assim, o aterro ficará mais homogêneo.

As rochas, sejam elas de origem ígnea, sedimentar ou metamórfica, estão sujeitas a processos físicos e químicos, resultantes do meteorismo. As rochas em processo de meteorização sofrem a ação do vento, água, gelo e temperatura, resultando na remoção de material adjacente e sobrejacente, transporte, diminuição das partículas e sedimentação, dando assim origem a uma camada de solo (NEVES, 2006).

3. TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS DA TERRAPLANAGEM

A instalação do canteiro de obras é a primeira medida a ser tomada pelo executor dos trabalhos. Depende da dimensão da obra, da distância em relação aos centros urbanos, do tempo de execução, da disponibilidade de energia elétrica e água potável, dentre outras. O canteiro terá suas características de acordo com as instalações que forem exigidas, como alojamento, escritórios, almoxarifados e oficinas (RICARDO; CATALANI, 2007).

A preparação do terreno é composta por algumas etapas genéricas que, obviamente, podem ser desnecessárias conforme as características específicas do terreno encontrado. Estas etapas são as seguintes (ABRAM; ROCHA, 2009): Desmatamento (retirada da vegetação de grande porte) - pode ser feita com motosserra ou, eventualmente, com processos mecânicos, no caso de existência de poucas árvores (como dozer, pá carregadora, etc.); Destocamento – retirada de tocos e raízes; Limpeza – retirada da vegetação rasteira; Remoção de camada vegetal – a camada de solo que pode ser considerada um banco genético, deve ser retirada particularmente pois não pode ser utilizada em aterros, ou seja, possuem baixa resistência, alta compressibilidade e permeabilidade.

Realizar um planejamento voltado para a escolha adequada do equipamento de terraplanagem é de extrema relevância para um bom desenvolvimento da obra, além de reduzir o tempo de conclusão da obra, gera uma redução de custos significativa e por consequência um lucro maior para os investidores (LIMA, 2013).

Lima (2013), afirma ainda que além de reduzir custos desnecessários, a análise e opção pelo equipamento mais adequado possível vêm contribuir significativamente com a melhoria das operações da obra, melhoria essa, possibilitada pela perfeita adequação das especificações do equipamento com as atividades em que serão utilizados.

Há vários aspectos que podem influenciar direta e indiretamente a produtividade e confirmamos tal ideia quando Abram e Rocha (2009) ressaltam que a produtividade de um equipamento varia muito devido a vários fatores: experiência do operador, natureza do material, altitude do local, condições locais, umidade do solo, e outras.

Segundo Pinto (2006), a topografia, através de levantamentos, tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície da terra, sem levar em consideração a sua curvatura. Trata-se de uma ciência aplicada, baseada na Geometria e na Trigonometria, de âmbito restrito e se incumbe da representação, por meio de uma projeção ortogonal dos detalhes da configuração do terreno, sejam eles naturais ou artificiais.

Segundo Loch (2000), a topografia consiste no conhecimento dos instrumentos e métodos que têm por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da sua esfericidade.

No campo da engenharia, a planta topográfica é a primeira e insubstituível peça de estudo. Nenhum projeto de construção de obras civis ou militares pode dispensar o prévio levantamento topográfico. Aliás, esta é uma exigência não apenas de caráter técnico, mas também ecológico e ambiental. É sobre as plantas topográficas que se estudam os terrenos e sobre estas que se elaboram os projetos (LOCH, 2000).

A limpeza do terreno é uma etapa em que as estimativas de produção são bastante precárias, já que as condições e métodos utilizados variam muito de uma região para outra (RICARDO; CATALANI, 2007).

Borges (2010) destaca o levantamento topográfico como representante, no papel, a configurar um terreno com as suas características e benfeitorias que estão em sua superfície, permitindo a representação, em planta, dos limites da propriedade, dos detalhes que estão em seu interior.

Testoni (2010) ressalta a incumbência em um levantamento de proceder a todas as operações necessárias para alcançar os objetivos da topografia, como, a medição de ângulos e distâncias e a execução dos cálculos e desenhos indispensáveis para representar, fielmente em planta, os elementos colhidos no terreno.

A execução dos aterros deve estar subordinada aos elementos técnicos fornecidos, elaborada de conformidade com o projeto, sendo a fase em que maiores cuidados devem ser tomados no emprego correto das técnicas e procedimentos recomendados, pois a execução errada desse serviço tem consequências

desagradáveis e de alto custo para o construtor e para o usuário das obras (RICARDO; CATALANI, 2007).

Segundo Comastri e Tuler (2010), o estudo do relevo de um aterro, planimetricamente conhecido, consiste na determinação das alturas de seus pontos característicos e definidores da altimetria, relacionados com a superfície de nível que se toma como elemento de comparação.

Para Coelho (2003), dá-se o nome de levantamento altimétrico ou nivelamento a determinação das cotas de um terreno, obtendo-se por meio de processos específicos, as altitudes as cotas ou as diferenças de altitudes ou de cotas, dos diversos pontos desse terreno.

Ainda para o autor nos levantamentos de precisão define-se altitude ou cota ortométrica de um ponto como sendo a distância vertical desse ponto ao nível do mar e, cota de um ponto, a distância vertical entre esse ponto e uma distância equipotencial, diferente da superfície de nível zero, tomada como referência.

As técnicas de aquisição de dados altimétricos mais utilizados na topografia tradicional são os nivelamentos topográficos através dos métodos geométrico e trigonométrico (DIAS, 2010).

Os levantamentos com finalidade de implantar ou estender o controle altimétrico através de técnicas convencionais dividem-se basicamente em: Nivelamento Trigonométrico; Nivelamento Geométrico e nivelamento diferencial com GPS (COELHO, 2003).

Segundo Silva (2009), o sistema de posicionamento global (GPS) foi criado pelo governo dos Estados Unidos com o objetivo principal de localizar suas tropas em qualquer lugar da terra. É constituído de 24 satélites, dos quais 21 são de uso corrente e três em "stand-by". Eles orbitam a uma altura de 20.200 km em seis órbitas distintas, igualmente espaçadas de 60 graus, com quatro satélites por órbita.

Segundo Corseuil e Robaina (2003), o sistema de posicionamento global vem sendo muito utilizado nos levantamentos geodésicos para fins topográficos, pois oferece uma série de vantagens em 26 relação aos métodos convencionais usados em topografia. Estas vantagens estão relacionadas a eficiência na coleta e automação dos dados, à dispensa de intervisibilidade entre vértices (pontos), ao transporte simultâneos de coordenadas tridimensionais (x, y, z), em qualquer hora do dia e sob qualquer condição atmosférica.

Segundo Rodrigues (2003), os fundamentos básicos do GPS baseiam-se na determinação da distância entre um ponto, o receptor, a outros de referência, os satélites. Sabendo a distância que nos separa de três pontos podemos determinar a nossa posição relativa a esses mesmos três pontos através da interseção de três circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites.

De acordo com Braga (2010), os equipamentos de GPS de navegação podem ter uma precisão de 5 a 15 metros, enquanto que os equipamentos receptores do GPS geodésico podem alcançar precisões bem melhores em relação ao anterior. Por esse motivo o GPS geodésico é o mais recomendado para levantamentos topográficos.

De acordo Comastri e Tuler (2010), no nivelamento geométrico ou também denominado direto, as diferenças de nível são determinadas com o emprego de instrumentos que nos dão retas no plano horizontal. A interseção deste plano com a mira, colocada sucessivamente nos pontos topográficos em estudo, permite determinar as alturas de leituras, nos respectivos pontos, e por diferença entre os valores encontrados, é possível encontrar as diferenças de nível procuradas.

De acordo com Coelho (2003), o uso do nivelamento geométrico embora seja o mais preciso, tem como fatores limitantes para seu uso, o tempo de trabalho e seu custo, sendo portanto em grandes áreas, utilizado o método de levantamento trigonométrico pela sua facilidade de execução e agilidade na execução.

De acordo com Comastri e Tuler (2010), levantamento trigonométrico, é aquele nivelamento que trabalha com visadas inclinadas, sendo as DN's (diferenças de nível) determinadas pela resolução de triângulos retângulos, conhecendo-se a base e o ângulo (inclinação/zenital).

Segundo Comastri e Tuler (2010), o nivelamento trigonométrico substitui o nivelamento geométrico quando for se levantar áreas extensas e onde existam grandes desníveis ou ainda quando é necessário nivelar diversas linhas de visada em diferentes direções para estudo de vales, por exemplo. Aplica-se para a determinação de alturas de morros, torres, prédios, entre outros.

Para França (2000), o estudo geológico e geotécnico inicia-se na fase de estudo prévio, com o objectivo de fixar o traçado, e prolonga-se na fase de projeto de execução para definir com mais precisão a sequência de trabalhos para a solução adaptada. Na altura da elaboração dos perfis transversais, o Estudo

Geológico Geotécnico deverá ter sido adiantado pelo menos a ponto de permitir conhecer as inclinações dos taludes de escavação e de aterro.

Sem a devida aplicação dos conhecimentos geotécnicos na execução destes aterros, muitos problemas poderão ocorrer, em pequenas e grandes obras de engenharia, como exemplificados a seguir (LOZANO, 2012): Recalques e afundamentos de piso, ruas, vias e fundações; Vazamentos de redes hidráulicas e sanitárias; Deslizamentos de taludes, contenções e muros de arrimo; Vazamentos de lagoas de tratamento de resíduos e líquidos; Erosões internas em diques e barragens; Não enchimento de lagoas, diques e barragem por perda de água.

É sempre aconselhável que, na execução de um aterro, seja lançada uma primeira camada de material granular permeável, de espessura indicada no projeto, a qual funcionará como dreno e evitando a ascensão de água capilar advinda do terreno de fundação (DNIT 108/2009-ES).

Nos casos de aterros assentes sobre encostas com forte inclinação transversal, de acordo com o projeto, devem ser tomadas medidas destinadas a solidarizar o maciço ao terreno natural. Pode ser empregada a escarificação para a produção de ranhuras acompanhando as curvas de nível ou, preferencialmente, a execução de degraus no terreno. O material resultante da escavação dos degraus deve, sempre que possível, ser empregado na composição do corpo do aterro (DNIT 108/2009-ES).

O lançamento do material para a construção dos aterros deve ser feito em camadas sucessivas em toda a largura da seção transversal e em extensões tais que permitam seu umedecimento ou aeração e compactação. Para o corpo dos aterros, a espessura da camada compactada não deve ultrapassar de 0,30 m. Para camadas finais essa espessura não deve ultrapassar de 0,20 m (DNIT 108/2009-ES).

Para o corpo dos aterros, na umidade ótima, mais ou menos 3%, até se obter a massa específica aparente seca correspondente a 95% da massa específica aparente máxima seca, do ensaio (DNIT 108/2009-ES). Para as camadas finais aquela massa específica aparente seca deve corresponder a 100% da massa específica aparente máxima seca do referido ensaio (DNIT 108/2009-ES).

4. ESCAVAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

Segundo Ricardo e Catalani (2007) pode-se distinguir quatro operações básicas que podem ocorrer em sequência ou até simultaneamente: escavação, carga do material escavado, transporte e descarga e espalhamento. Existem equipamentos que podem executar diversas dessas operações, como, as máquinas escavo carregadoras que fazem as duas primeiras operações em sequência.

Figura 1: Ciclo de Terraplanagem



Fonte: Souza, 2018.

Escavação é o processo empregado para romper a compacidade do solo em seu estado natural, através do emprego de ferramentas cortantes, como a faca da lâmina ou os dentes da caçamba de uma carregadeira, desagregando-o e tornando possível o seu manuseio (RICARDO; CATALANI, 2007).

Os autores ainda afirmam que a escavação é o processo empregado para romper a compacidade do solo em seu estado natural, através do emprego de ferramentas cortantes, como a faca da lâmina ou os dentes da caçamba de uma carregadeira, desagregando-o e tornando possível o seu manuseio.

A carga do material escavado caracteriza-se pelo enchimento da caçamba com o material que já foi escavado. O transporte consiste na movimentação da terra

da área que foi escavada até o local de armazenamento (RICARDO; CATALANI, 2007).

A operação de descarga e espalhamento se caracteriza, segundo Ricardo e Catalani (2007), como a aplicação do aterro propriamente dito, porém, quando as especificações atingirem um certo grau de compactação no aterro, ocorrerá também o procedimento final de adensamento do solo até alcançar os índices mínimos estabelecidos.

Até o aparecimento dos equipamentos mecanizados e mesmo depois, a movimentação das terras era feita pelo homem, utilizando ferramentas tradicionais: pá e picareta para o corte, carroças ou vagonetas com tração animal para o transporte (RICARDO; CATALANI, 2007).

Todavia, a terraplenagem manual não significava excessiva lentidão dos trabalhos. Desde que a mão-de-obra fosse numerosa, os prazos de execução da movimentação de terras em grandes volumes eram razoáveis, se comparados com os atuais (RICARDO; CATALANI, 2007).

Os maquinários permitem uma movimentação de grandes volumes de terra em prazos mais curtos devido à eficiência da operação, porém, mesmo com o elevado custo dos equipamentos, a velocidade dos trabalhos de transporte contribuem para o aumento da produtividade e, conseqüentemente, baixa nos custos unitários (RICARDO; CATALANI, 2007).

Não obstante, Ricardo e Catalani (2007) destacam que com o desenvolvimento tecnológico, a terraplenagem mecanizada surgia em virtude de sua alta produtividade, causada pela elevada eficiência mecânica dos equipamentos e baixos preços de mão de obra, e também em consequência da escassez e encarecimento da mão de obras causados pela industrialização.

Ricardo e Catalani (2007) fazem uma análise da fórmula básica da produção de um equipamento e verificam três parâmetros que influem na produção dos equipamentos: capacidade da caçamba que interfere no transporte de maior carga útil por viagem, tempo de ciclo mínimo que influi diretamente no somatório do tempo gasto nas paradas e nos movimentos elementares da execução da tarefa e no coeficiente de rendimento que interfere diretamente na produção por tratar da relação entre o número de horas efetivamente trabalhadas e o número de horas que o equipamento fica à disposição da obra para a execução de uma tarefa.

Existe uma grande preocupação no envio dos equipamentos ao local da obra. As máquinas de grandes dimensões devem ser transportadas por carretas especiais. As unidades de pneus podem ser transportadas com a liberação dos órgãos rodoviários, podem transitar nas vias, depois de ter sido tomado cuidados especiais, como sinalização para serem evitados acidentes (RICARDO; CATALANI, 2007).

Tratores de tração: A unidade de tração é autônoma e é considerada uma máquina essencial para a terraplanagem. É a máquina básica de terraplenagem, pois é uma unidade que pode receber diversos implementos que empregam em diversas tarefas. Essa unidade recebe denominações conforme é montada sobre esteira e rodas pneumáticas, trator de esteira e trator de rodas, respectivamente (RICARDO; CATALANI, 2007).

A unidade de tração é considerada a máquina matriz da terraplenagem, pois é através de modificações e adaptações realizadas nesta que surgem novos equipamentos. Chama-se de trator, “a unidade autônoma que executa a tração ou empurra outras máquinas e pode receber diversos implementos destinados a diferentes tarefas.” (RICARDO; CATALANI, 2007, p.43). O autor ainda ressaltam que existem dois tipos de tratores, que se diferenciam entre si pelo método de montagem, são os tratores de esteira, montados sobre esteiras, e os tratores pneumáticos, que são montados em pneus.

Além disso, devido as baixas pressões entre a superfície da esteira e o terreno, eles podem deslocar-se sobre solos com menor capacidade de suporte, o que confirma uma maior flutuação na área de atuação. Porém, sobre esteiras há a desvantagem quanto a velocidade com que se executa a determinada tarefa, já que atingem no máximo 10 km por hora, enquanto sobre rodas alcança até 70 km por hora (RICARDO; CATALANI, 2007).

Rolo compactador: é um equipamento fundamental para a compactação do solo, principalmente na construção de aterros, barragens e estradas. Tem por objetivo uma compactação mais profunda (SANTOS, 2008). O autor ainda resalta que os rolos compactadores, ou “cilindros vibradores”, têm tido grande desenvolvimento nos últimos anos. Atualmente é possível dispor de rolos compactadores com possibilidade de ajuste de frequência e da amplitude de

vibração, maximizando o rendimento do equipamento numa gama muita diversificada de tipos de solos.

Para Ricardo e Catalani (2007), estas unidades destinam-se a efetuar a operação denominada compactação, isto é, o processo mecânico de adensamento dos solos, resultando num volume de vazios menores.

É um equipamento utilizado para a compactação dos solos para assegurar uma melhor estabilidade do terreno que será pavimentado. É empregado, normalmente, em solos arenosos, pedregulhos e pedra britada, lançados com camadas inferiores a 15 centímetros. Esta máquina se caracteriza por carregar um cilindro de aço oco liso e possui pneus com ranhuras na parte traseira. (ABRAM; ROCHA, 2009).

Rolo liso: Estes podem ser classificados como dois tipos, os estáticos e os vibratórios. Os rolos lisos vibratórios são utilizados em solos não coesivos, ou seja, com baixa percentagem de argila (arenosos) (ABRAM; ROCHA, 2009).

Os rolos lisos estáticos possuem pouca aplicabilidade em serviços de terraplenagem. Sendo o efeito de compactação dado de cima para baixo, provocando, em certos casos, o aparecimento de uma camada superficial compactada, porém deixando a parte mais profunda parcialmente solta (DNIT, 2010).

Escavo empurradoras: Conforme Ricardo e Catalani (2007) são as unidades básicas da terraplenagem, sobre pneus ou esteiras, que recebem dotações diferenciadas de implementos que capacitam as máquinas para escavar e empurrar a terra.

O emprego dessa máquina é normalmente em trabalhos que requerem esforços elevados, por exemplo, em rampas e terrenos de topografia acidentada. É utilizado também em serviços de preparo de cortes e aterros, espalhamento de terra em ponta de aterro, desmatamento, destocamento, limpeza, escarificação e escavação de material devido a grande potência do equipamento. O transporte dessa máquina deve ser feito sobre prancha baixa com cavalo mecânico, evitando o deslocamento desse equipamento em operações não normais do serviço a ser executado (ABRAM; ROCHA, 2009).

Escavo transportadora: São as unidades em que os equipamentos fazem a escavação, o carregamento e o transporte dos materiais, representado por dois tipos

básicos, o “scraper” rebocado e a “motoscraper”(MS) (RICARDO; CATALANI, 2007). O mais utilizado é este último, também chamado de moto transportador (MT) (ABRAM; ROCHA, 2009).

É um equipamento que deve ser utilizado em pequenas distâncias, por volta de 50 a 750 metros, e em terrenos de consistência média, para que seja economicamente viável seu emprego. Essa máquina necessita de um trator de esteiras para auxiliar no seu carregamento de materiais em um curto espaço de tempo (ABRAM; ROCHA, 2009).

Para Abram e Rocha (2009), o uso dos caminhões basculantes possui maior eficiência quando se tem distâncias de transporte grandes, superiores a 1.000m. Estas básculas possuem capacidade de volume variando entre 4,5 m³ a 6,0 m³ e têm um sistema de funcionamento bem simples, baseado no acionamento de pistões hidráulicos, que eleva a parte dianteira da caçamba, permitindo por gravidade, a descarga do material através de uma abertura na parte traseira.

Segundo os autores, são unidades de transporte constituídas por uma caçamba metálica, também conhecida como báscula, que é adaptada e montada sobre um caminhão convencional. São equipamentos destinados ao transporte de solos e pedras, sendo que, no caso do transporte de pedras, a caçamba deve ser reforçada por chapas de aço.

Escavo aplainadoras: São as unidades empregadas para as operações de acabamento da terraplenagem e se caracterizam pelos equipamento apresentarem grande mobilidade da lâmina de corte e precisão de movimentos (RICARDO; CATALANI, 2007).

É uma máquina que se caracteriza por possuir um sistema de tração pneumático, equipado com uma lâmina e um escarificador, capaz de realizar diversos serviços, principalmente, trabalhos de acabamento da terraplenagem (ABRAM; ROCHA, 2009).

Escavo carregadoras: São as unidades que escavam e carregam o material sobre uma outra máquina, a qual transporta até o local determinado para a descarga, de modo que conclui o ciclo da terraplenagem com apenas dois equipamentos diferentes (RICARDO; CATALANI, 2007).

São equipamentos destinados a realizar o carregamento de materiais nos diversos trabalhos. São máquinas sobre rodas ou sobre esteiras, visto que a escolha

do equipamento será conforme o terreno ou o local que executará o serviço (ABRAM; ROCHA, 2009).

O valor residual, demonstrado na Tabela 1, pode ser definido como sendo o valor que o equipamento poderá ser vendido após o fim da sua vida útil. Este valor é estimado por uma porcentagem sobre o valor de aquisição do equipamento (RICARDO; CATALANI, 2007).

Tabela 1: Valores residuais adotados pelo SINCTRAN.

Tipo de Equipamento	Valor Residual (%)
Caminhão Basculante	20,0
Carregadeira de Pneus	20,0
Escavadeira hidráulica sobre esteiras	20,0
Minicarregadeira de pneus com vassouras	20,0
Motoscraper	15,0

Fonte: Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT Volume 1 – Metodologia e Conceitos (2008).

O que vem acontecendo frequentemente em obras de terraplenagem, é a existência de perdas financeiras relativamente altas, perdas ocasionadas principalmente devido a problemas com o uso inadequado de equipamentos bem como a aquisição desnecessária de máquinas, cita-se como exemplo, a escolha indevida de equipamento de pequeno porte para transporte de grande volume de material, causando custos excessivos e desnecessários, que teriam sido evitados caso o transporte do material, neste caso, fosse realizado por equipamento de grande porte (LIMA, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou demonstrar a importância de se desenvolver uma etapa fundamental às obras de construção civil e os serviços preliminares, que é a fase de terraplenagem, obedecendo a conhecidos preceitos, boas práticas e as normas vigentes, onde nenhuma etapa deve ser menosprezada ou realizada de maneira irregular, pois o não cumprimento de alguma etapa pode acarretar danos difíceis de serem reparados, sendo este o caminho para se garantir a qualidade das obras, com a identificação de possíveis problemas ou patologias, da forma mais prematura possível e permitindo as devidas correções. Os possíveis danos de rompimento de taludes e aterros, por exemplo, podem gerar consequências graves.

As atividades de movimentação de terra são exigidas praticamente em qualquer obra de construção, deste modo, a construção de um edifício, de uma estrada, de um aeroporto, de um caminho de ferro ou de qualquer outra obra de Engenharia Civil, seja ela de grande ou pequeno porte, exige a execução prévia de um conjunto de operações que envolvem a escavação, o aterro e o transporte de terras, independente do porte da obra de Engenharia Civil, a realização de trabalhos prévios de movimentação de terras se faz necessário. Deve-se trabalhar para que os profissionais envolvidos estejam bem preparados e tenham o correto entendimento da importância fundamental do controle tecnológico, nos diferentes níveis hierárquicos envolvidos.

A organização dos trabalhos de movimento de terras possui quatro operações fundamentais, sendo elas a execução da escavação, o carregamento do material escavado, o transporte e o descarregamento e espalhamento. Para isso, muitos métodos foram já utilizados desde a antiguidade, tal como às máquinas e equipamentos de terraplenagem. A escavação torna-se necessária quando se trata de trazer até ao plano onde se fará a construção, o nível de um terreno mais alto, enquanto que, tratando-se de um terreno cujo plano se encontra mais baixo do que o nível em que se deseja edificar, torna-se necessário fazer um aterro.

Sendo assim concluímos que terraplanagem é o movimento de terra necessário para que o terreno natural se molde para que assim fique adequado a receber a posterior obra, sendo este um conjunto de operações sendo elas: escavação e transporte, disposição e compactação, resultando assim nos cortes e

aterros do projeto. Também é interessante buscar estudos que indiquem o gasto médio das construtoras com o advento do controle tecnológico e os gastos com retrabalhos em locais em que o mesmo não se faz presente ou é insuficiente.

REFERÊNCIAS

- ABRAM, I. e ROCHA, A. **Manual Prático de Terraplenagem**, 1ª ed., Salvador/BA, 2009.
- BANDEIRA, C.; FLORIANO, E. P. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias**. Caderno Didático nº. 8, 1ª ed. ANORGS: Associação de Pesquisa, Educação e Proteção Ambiental do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Santa Rosa: 2004.
- BERNUCCI L. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. 504 f. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Asfaltos – ABEDA. Petróleo Brasileiro S. A. – PETROBRAS. Rio de Janeiro, 2006.
- BRAGA, J. O. F. **Avaliação de receptores GPS em levantamento topográfico planimétrico**. 2010. 49 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Federal do Pará, Altamira, 2010.
- BORGES, A. C. **Topografia aplicada à engenharia civil**. 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2010.
- CASTRO, B. A. C. de., **Notas de Aula - “Construção de Estradas e Vias Urbanas”**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais—UFMG, 2003.
- COELHO, A. C. S. **Avaliação do desempenho de receptores GPS em levantamentos altimétricos, para fim de sistematização de terras**. 2003. 128 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia: altimetria**. 3. ed. Viçosa, UFV, 2010. 200p.
- CORSEUIL, C. W.; ROBAINA, A. D. **Determinação altimétrica através do sistema de posicionamento global**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 673-678, 2003.
- DIAS, A. L.; **Utilização de estação total para a execução de levantamentos altimétricos compatíveis com a classe IIN da NBR 13133**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 3. 2010. Anais... Recife, p.1-6
- FRANÇA, A. **Sedenta de Vias de Comunicação II**. FEUP, 2000.

LIMA, A. P. - **OBRAS DE TERRA – Unid. 02 – Compactação dos solos** – Universidade Veiga de Almeida – 2013. Disponível em: Acesso em agosto de 2016.

LOCH, C. **Topografia contemporânea: planimetria**. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 2000.

LOZANO, M. H. - **Revista Fundações & Obras Geotécnicas**, Pág. 28-29, Ano 6, Nº 70. Editora Rudder, julho de 2016.

LOZANO, M., Artigo **Aterro de Alta Performance - (AP) – 2 – Obras de Pavimentação**. Artigo apresentado no XII GEOTEC, Jundiaí, 2012.

MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 4ª Edição. Rio de Janeiro. ABES: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2010.

NEVES, E. M. das, **Mecânica dos solos e das rochas**. Lisboa: Secção de Folhas, Instituto Superior Técnico, 2006.

NORMA DNIT. **Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria-Geral, Rio de Janeiro, 2008.

NORMA DNIT. **Manual de Implantação Básica de Rodovia**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2010.

NORMA DNIT. 160/2012 – ME. **Solos – Determinação da expansibilidade – Método de ensaio**. Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 03/04/2012.

NORMA DNIT. 108/2009 – ES – **Terraplenagem – Aterros – Especificação de Serviços**.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. Oficina de Textos. São Paulo, 2006.

RICARDO, H. D. S. e CATALANI, G. **Manual Prático de Escavação: terraplenagem e escavação de rocha**. 3ª ed. São Paulo: Pini Ltda., 2007. p. 24 653p.

RODRIGUES, D. A. **Evolução dos equipamentos topográficos aliados a qualidade na construção civil**. 2003. 66 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil com Ênfase Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003a.

Santos, J. A. (2008). **“Obras geotécnicas. Compactação”**, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Mestrado em Engenharia Civil, Lisboa.

SANTOS, H. G. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2013a. 353 p.

SENÇO, W. de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 2007.

SILVA JR, C. A. **Análise da precisão de receptores GPS de navegação em planimetria territorial**. Agrarian, v. 2, n. 5, p. 21-31, 2009.

SOUZA, F. B. **Importância do Controle Tecnológico em Obras de Terraplenagem Estudo de Caso da Via Expressa Trasolímpica**. Projeto de Graduação apresentado a Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2012.

SOUZA, R. S. **Terraplanagem: execução de cortes e aterros**. Notas de Aula. Disciplina Construção de Estradas. UFBA PUC Goiás. 2018.

TESTONI, A. J. **A importância da topografia na recuperação de áreas degradadas**. Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 2010.