

CONTROLE TECNOLÓGICO DE COMPACTAÇÃO NA EXECUÇÃO DA TERRAPLANAGEM DE ÁREAS ATERRADAS

Carlos Augusto da Silva Júnior¹

Leonardo Salume Thomé¹

Rita de Cássia Teixeira Assis²

João Paulo Silva de Souza³

leosthome@gmail.com

RESUMO:

Durabilidade, qualidade e segurança são requisitos tão básicos quanto imprescindíveis numa edificação. Nesse contexto, o controle tecnológico assume função essencial, devendo ser aplicado desde a escolha e o recebimento dos materiais, passando pelo acompanhamento dos serviços e processos na obra, até a gestão dos ensaios em laboratórios. Sendo a compactação em áreas terraplanadas de aterros essencialmente necessária, o seguinte trabalho dará enfoque ao mesmo, apresentando o panorama atual, as patologias associadas à ausência do controle tecnológico e algumas boas práticas nesse âmbito. Por fim, os resultados obtidos demonstraram que conforme o método de compactação empregado, o comportamento resiliente apresenta-se diferenciado, segundo o teor de umidade, o nível de tensões aplicado e o tipo de solo da amostra ensaiada.

PALAVRAS-CHAVE: aterro; compactação; controle tecnológico.

1. INTRODUÇÃO

Devido as dimensões continentais do Brasil, no qual há uma carência pela ampliação infraestrutural do transporte, onde também é possível encontrar várias áreas remotas para explorar minério e grande capacidade agroindustrial e hidroenergética, se faz necessário um real ajustamento geográfico.

Desta maneira o estudo das movimentações de terras (terraplanagem) se faz muito relevante, pois esta etapa da construção prepara o terreno para a realização do projeto de engenharia proposto ao local, seja uma residência, prédios, obra de arte, rodovias, ferrovias, dentre outras. Hoje o Brasil é um dos líderes mundiais neste setor, conjoinando para que seja indispensável o extenso conhecimento e a realização dos métodos e controle de execução dos serviços de terraplanagem, garantindo assim, a segurança e a viabilidade técnica e econômica dos projetos. (FORTES, 2004)

1 Acadêmicos do 8º período do curso de Engenharia Civil da Univértix.

2 Graduada em Engenharia Civil; Pós-graduada em Docência; Professora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – TR

3 Graduado em Física. Pós-graduado em Docência e Gestão de ensino superior. Professor da Faculdade Vértix TR – UNIVÉRTIX.

Temos 3 (três) documentos referenciais, que colaboram diretamente para que se realize um projeto exato e que se torne o mais seguro quanto as necessidades do terreno, são eles:

1. Levantamento topográfico da área;
2. Investigação geotécnica do terreno;
3. Projeto arquitetônico de implantação do empreendimento.

Um bom projeto de terraplanagem segundo Deldegan (2017) é composto pela conjunção de fatores variados que proporcionam uma execução segura e econômica da obra, dentre eles deve se destacar as representações gráficas, especificações técnicas e controle tecnológico. Neste trabalho, apresentaremos uma etapa muito importante para a execução correta da terraplanagem, que é a compactação do solo movimentado para aterros, uma parte do controle tecnológico, ligada diretamente a resistência final do solo. Compactar significa em reduzir os espaços vazios, deixando o solo mais denso e coesivo, obtendo assim, uma redução da variação dos teores de umidade, da compressibilidade e da permeabilidade e um aumento da resistência ao cisalhamento e à erosão. (BASTOS, 2015)

A ausência ou a má execução da compactação do solo, pode gerar patologias diversas, tais como: recalques, deslizamento de taludes, redução das erosões devido à incidência de águas pluviais. Assim se faz de suma importância o acompanhamento técnico de obras de fundações e terraplanagem com o auxílio de laboratório de campo e engenheiro especializado, hoje o Brasil, sofre com a escassez de trabalhos científicos que descrevam como um determinado solo se comporta relacionado a uma variação do teor de umidade, logo este estudo se ateve a proporcionar um entendimento de maneira fácil e clara de como se deve manter o controle tecnológico da compactação de aterros terraplanados.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Principiando do que foi publicado e estabelecido, Nichols (2010) afirma que “a terraplanagem (movimentação de terra) se entende como o grupo das ações necessárias para remover a terra de localidade onde é encontrada com abundância para aqueles em que há escassez, levando sempre em consideração o projeto que será implantado.”

Os serviços de terraplanagem prévio tem sua execução exigida em todos os tipos e magnitudes de obras, corrigindo o terreno natural, obedecendo o projeto que será implantado. Devido a esse motivo a terraplanagem teve grande desenvolvimento no último século. (NICHOLS, 2010)

Segundo Ribeiro (2008) para se conseguir obter a performance e uma estrutura segura que é esperada no projeto da edificação, se faz indispensável a realização de métodos para monitorar todas as etapas da construção. Esse grupamento de ações é alcunhado de forma genérica por controle tecnológico da construção.

LOZANO (2014) estabelece que há diversos casos de aterros que são executados de maneira errada, sob vários argumentos. Não importa o volume aterrado, qual tipo de solo da localidade e das possíveis áreas de empréstimo (jazidas onde o solo é removido), sempre haverá uma maneira para a realização do projeto executivo geotécnico apropriado, proporcionando maior economia e segurança.

Os Solos das jazidas devem ser conhecidos ao projetarmos o aterro, para assim conhecer as propriedades de engenharia dos solos que serão empregados. Os testes de laboratório nas amostras colhidas da área de empréstimo determinarão as propriedades de resistência, compressibilidade e permeabilidades. Essas propriedades, terão influência direta para a escolha do equipamento e da maneira que será compactado ao que será empregada ao local. (LOZANO, 2014)

A compactação chega a ser considerada uma tarefa complexa, devendo ser apropriadamente planejada com o cálculo de volumes de escavação e aterro, e distribuição de terras. Assim, de acordo com Ribeiro (2008, pg 33) a compactação é entendida como:

“O processo pelo qual uma massa de solo constituída por partículas sólidas, água e ar vem diminuir o seu índice de vazios por redução do volume da sua fase gasosa conseguida à custa da aplicação repetida de cargas. O teor em água, razão do peso da água sobre o peso das partículas sólidas, é normalmente o mesmo para uma massa de solo solta e descompactada e a mesma massa num estado mais denso conferido pela compactação. A compactação permite um aumento da resistência ao corte, e uma redução da deformabilidade e permeabilidade do solo.”

As pesquisas geotécnicas de compactação iniciaram através da teoria criada por Ralph Proctor (1933) teve divulgado a sua metodologia para controle, onde afirma que a densidade com que um solo é compactado, sob uma certa energia de compactação, depende do teor de umidade do solo. Geralmente a compactação dos solos é representada por um gráfico da variação do peso específico aparente seco

(γ_d) em relação ao teor de umidade (w) correspondente durante o processo de compactação.

Em 1964, Mitchell iniciou estudos comprovando que a compactação é um dos vários métodos para melhorar as condições de um solo. O intuito é conseguir reduções do vazio e da umidade para que o solo seja o mais adequado para a finalidade em que ele foi pensado.

Atualmente, a compactação do solo pode ser feita manualmente ou por meio de equipamentos de pressão, impacto e/ou vibração. Embora os dois meios sejam eficientes, o uso de equipamentos reduz consideravelmente o tempo de trabalho. (SILVA, 2008)

2.2 REFERENCIAL TEÓRICO

Atualmente, o ensaio de compactação, é chamado como Ensaio normal de Proctor. Sendo normatizada aqui no Brasil pela norma ABNT NBR 7182/1986 - Ensaio de Compactação.

O ensaio Proctor que é muito importante para o estudo e controle da qualidade de aterros de solo compactado, torna possível a obtenção da máxima densidade do maciço terroso, otimizando a execução com relação ao custo e ao comportamento estrutural e hidráulico. Na sua realização, compactamos uma amostra dentro de um corpo de prova cilíndrico, com aproximadamente 1.000cm^3 , em 3 sequentes camadas, aplicando 25 golpes em cada camada, com um soquete que pesa 2,5 kg, caindo de 30,5 cm de altura.

Repetimos o ensaio para distintos teores de umidades e para cada um, determinamos o peso específico aparente. Após a obtenção dos valores, os utilizamos para traçar a curva $V_s \times$ teor de umidade, atingindo o ponto correspondente a umidade ótima (w_{opt}) e a densidade máxima aparente seca (V_{smax}). Traçamos no mínimo 5 pontos na curva para que dois deles sejam encontrados no ramo ascendente (zona seca), um próximo à umidade ótima e os outros dois no ramo descendente da curva (zona úmida).

Atualmente, devido ao elevado peso e eficiência dos equipamentos de compactação, tem-se de extrema necessidade alterar as condições do ensaio para manter a essencial correlação com a força de compactação obtida no campo. Assim surgiu os esforços Intermediários e Modificados de Proctor, com força de compactação de 12,8 e 27,1 $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$, respectivamente.

O método para ensaio mais utilizado no Brasil é DNER ME-129/94 Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Esse ensaio, utiliza o Equipamento AASHTO, podendo ser realizado nas três energias de compactação, compactando cada camada com: 12 golpes (Força Normal), 26 golpes (Força Intermediária) ou 55 golpes (Força Modificada). Ao fazermos uso desse método, não podemos reaproveitar o colo compactado, tendo que, cada corpo de prova seja compactado com amostra não utilizada.

Obviamente, ao elevarmos a força de compactação, obtemos valores distintos para a umidade ótima (w_{ot}) e para a densidade máxima aparente seca (V_{smax}). Assim, verificamos pela figura seguinte, ao aumentar o esforço de compactação a densidade máxima aparente seca aumenta e a umidade ótima decresce rapidamente.

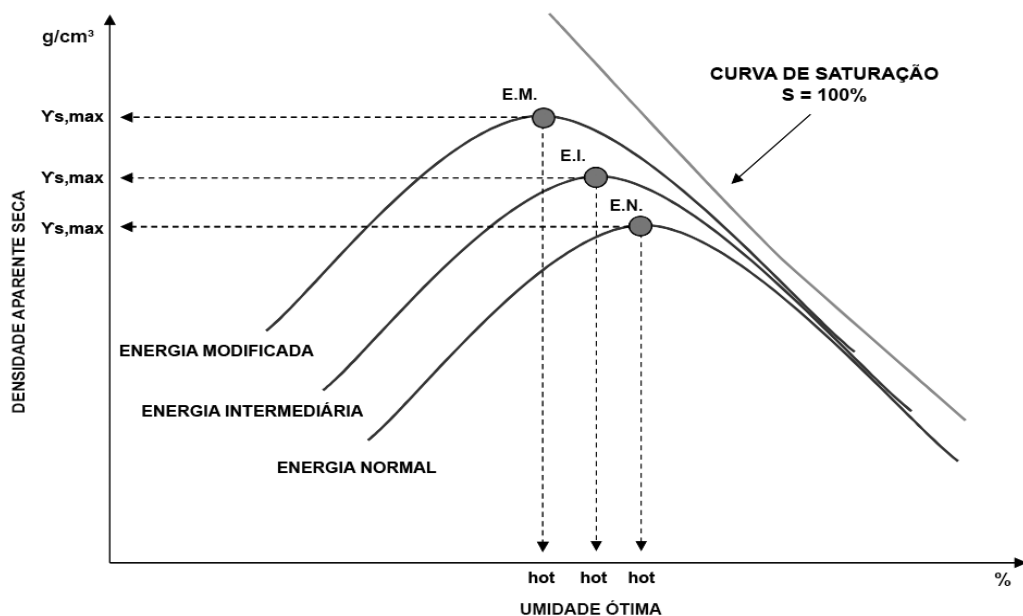


Figura 1: Curva de saturação.
Fonte: Escola Engenharia (2019).

Explicamos esse fenômeno pelo fato de que quanto maior for a energia de compactação forçamos os grãos dos solos a ficarem mais próximos uns dos outros. Todavia, com umidades baixas aparecerá atrito grão-a-grão dificultando a força de compactação, impedindo a sua união completa, de maneira a atingir elevadas densidades.

Isso ocorre no ramo esquerdo das curvas de compactação. Quando a umidade do solo é muito alta, esse estará quase saturado, não oferecendo resistência à

compactação, no entanto, as densidades serão tanto menores quanto mais elevados forem os teores de umidade, pois os filmes d'água em torno dos grãos aumentaram sua espessura à medida que as umidades se elevam. Mostrando assim ocorre no ramo direito das curvas, no ponto correspondente à umidade ótima, a espessura do filme d'água é próxima e de grande necessidade para saturar os vazios correspondentes à máxima densidade possível de ser obtida com a força de compactação empregada. (FARIAS e GOMES, 2004)

Executamos a compactação no campo através do espalhamento do solo em camadas entre 15 e 20 cm. Compactamos cada camada, devido ao equipamento escolhido, acrescentando água (irrigação) ou secando (aeração), de maneira a atingir a umidade ótima.

Controlamos a compactação através do grau de compactação (GC), que tem relação entre a densidade atingida em campo com a densidade atingida no laboratório. Na maioria das vezes o grau de compactação tem valor aproximado a 95%. (FAURE e MATA, 1994)

3. METODOLOGIA

Com a intenção de se chegar a um melhor embasamento para desenvolver o tema proposto, foi adotado a pesquisa de diferentes referências bibliográficas com temas relacionados ao proposto neste trabalho, sempre pensando em explicar de maneira clara e concisa um assunto que tem uma grande importância para o setor da construção civil. A revisão bibliográfica tem como finalidade viabilizar um maior entendimento com o problema, de modo a deixá-lo mais explicado ou a produzir hipóteses. (GERHARDT e SILVEIRA, 2009)

Assim, com base nas informações técnicas obtidas através da NBR 7182/1986, foi possível observar a forma correta de execução da compactação por meio do seu controle tecnológico, a fim de detectar anomalias e discutir sobre as boas práticas utilizadas nesse tipo de serviço.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Pinto (2006) no decorrer do procedimento para compactar o solo, durante o processo de compactação dos solos, a proporção de água no solo mantém-se praticamente constante, essa particularidade constante é aludida como a diferença

fundamental entre a compactação e a consolidação de solos. Construir um aterro parece um trabalho fácil. Mas a maioria dos problemas e desastres nas edificações são causados devido a essa ideia de que aterros são coisas simples de se fazer.

Ao empregarmos uma terra em um aterro, a mesma precisa ser compactada pois se não for, ao longo do tempo, sofrerá adensamento lento e com ele, tudo o que tiver por cima do aterro sofrerá recalque, ou seja, afundar. Não se pode compactar camadas muito espessas de aterro devido a compactação atingir somente uma fina camada de material. (BASTOS, 2015).

Foi verificado que para umidades menores, o solo não atinge uma maior compactação, enquanto que, quando aumenta a umidade, ocorre uma lubrificação entre as partículas facilitando a adequação delas entre si.

Aumentando a umidade além de um determinado valor, notamos que a compactação se torna ineficaz e o solo fica de uma maneira a ser reconhecido como “borrachudo”, quando, ao se passar o rolo compactador, a camada comprime e volta ao seu estado inicial. Isso se sucede devido as bolhas de ar permanecerem oclusas pela água por causa do elevado teor de umidade. (WINTER, HÓLMGEIRSDÓTTIR & SUHARDI, 1998)

Assim, chegamos a conclusão da existência de uma certa energia aplicada, uma umidade ótima e uma densidade seca máxima. Valores estes que são determinados em ensaios de laboratório.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, procuramos constatar a importância de se criar uma fase essencial próprio de obras de construção civil, que é a etapa da terraplanagem, que obedece a conceitos considerados, boas práticas e as normas vigentes. Dessa maneira, sugerimos que se realize pesquisas mais profundas dos assuntos abordados neste artigo, considerando as técnicas novas para controle tecnológico no setor. Poderia ser de interesse a busca de trabalhos que apontem a média de gastos das construtoras com implantação do controle tecnológico.

6. REFERÊNCIAS

ABRAM, Isaac e ROCHA, Aroldo. **Manual Prático de Terraplenagem**, 1ªed., Salvador/BA, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Compactação**. Rio de Janeiro, 1986.

BASTOS, Ce. **Compactação dos solos**. Disponível em: <<ftp://ftp.ifes.edu.br/cursos/Transportes/CelioDavilla/Solos/Literatura%20complementar/Apostila%20FURG%20Solos/07-%20COMPACTACAO.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2019.

ENGENHARIA CONCRETA. **Projeto de terraplenagem**. Disponível em: <<https://engenhariaconcreta.com/projeto-de-terraplenagem-detallhes-e-dicas-importantes/>> Acesso em: 10 de junho de 2019.

FARIA, P. ; GOMES, C.. **Influência da Humidade de Compactação na Variação dos Parâmetros que Exprimem a Resistência dos Solos**. II Congresso Luso-brasileiro de Geotecnia, 2004, Aveiro. Pág. 397-402.

FAURE, A. G. ; MATA, J.D.V.. **Penetration Resistance Value Along compaction Curves**. Vol. 120, No. 1,1994, ASCE.

FORTES, Rita. **Controle Tecnológico e Controle de Qualidade - Um alerta sobre sua importância**. Publicação no Congresso da COBENGE2004, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2004.

GERHARDT, Tatiana; SILVEIRA, Denise. **Métodos de Pesquisa**. 1ª Ed. Porto Alegre: UFRGS,2009.

LOZANO, Mauro. **Aterro de Alta Performance - (AP) - 2 - Obras de Pavimentação**, Artigo apresentado no XII GEOTEC, Jundiaí, 2014. Disponível em: <<http://dynamisbr.com.br/2016/06/30/artigo-aterro-de-alta-performance-ap-parte-2-obras-de-pavimentacao/>> Acesso em 10 de junho de 2019.

NICHOLS, Herbert e DAVID, Day. **Moving the Earth: The workbook of excavation**, 6th .ed. - McGraw-Hill Professional, 2010.

NORMA DNER ME-129/94 Solos – **Compactação utilizando amostras não trabalhadas**.

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

PEREIRA, Caio. **Compactação de solos**. Escola Engenharia, 2013. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/compactacao-de-solos/>>. Acesso em: 27 de junho de 2019.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. 65p

PROCTOR, R. R. **Description of field and Laboratory Methods**. Engineering NewsRecord. 1933.

PROCTOR, R. R. **Fundamental Principles of Soil Compaction**. Engineering NewsRecord. 1933.

RIBEIRO, S.P. **Terraplenagem: metodologia e técnicas de compactação**. 2008. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil Especialização em Vias de Comunicação – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

ROMANO, F.V. **Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações**. 2003. 381p. Tese de Mestrado em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC: [s.n.], 2003.

ROSSETO, C. M. **Contribuição para a avaliação da qualidade de laboratórios brasileiros de ensaios para construção civil**. São Paulo. Dissertação de Mestrado, 1996.

SIMAO, P.S. **Construção Civil: mercado cresce no país e aponta grandes desafios no setor**. Disponível em: http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1157>. Acesso em: 29 de maio de 2015.

SILVA, L.R.E. **Compactação do Solo**. Itatiba. Monografia - Universidade São Francisco em dezembro de 2008.

WINTER M.G., HÓLMGEIRSDÓTTIR TH. & SUHARDI. **The Effect of Large Particles on Acceptability Determination for Earthworks Compaction**. Quarterly Journal of Engineering Geology. Vol.31, Part.3, 1998, pp. 247-268.