



TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP

TECHNIQUES FOR EARTHMOVING: STUDY IN A RESIDENTIAL SUBDIVISION IN THE CITY OF PAULÍNIA – SP

TÉCNICAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS: ESTUDIO EN UNA URBANIZACIÓN DE LA CIUDAD DE PAULÍNIA – SP

José Carlos Guilherme de Jesus¹, Gerson de Marco², Fabiana Florian², José Eduardo Quaresma²

e3102042

<https://doi.org/10.47820/recima21.v3i10.2042>

PUBLICADO: 10/2022

RESUMO

A terraplenagem é um processo complexo, sua execução depende de fatores como tamanho da área, tipo de solo, resistência dele em relação à capacidade de suportar os esforços necessários, e da necessidade da limpeza da área, podendo estender o prazo de término da execução. O objetivo deste estudo é demonstrar a execução de terraplenagem de um loteamento residencial na cidade de Paulínia – SP, Brasil. Buscou-se descrever como se deu o processo de limpeza e como está ocorrendo a implantação da terraplenagem na área. A metodologia é de revisão bibliográfica, como método apresentação, o estudo de caso. A execução da terraplenagem encontra-se em andamento, mas já é possível descrever as características do terreno e necessidades para o nivelamento da área trabalhada, fato que facilitou a terraplenagem, não requerendo maiores etapas como drenagem, demolição ou de equipamento básicos para a execução dessas operações.

PALAVRAS-CHAVE: Terraplenagem. Nivelamento. Desmatamento.

ABSTRACT

Earthmoving is a complex process, and its execution depends on factors such as the size of the area, type of soil, its resistance in relation to its ability to withstand the necessary efforts, and the need for cleaning the area, which may extend the deadline for completion. The objective of this study is to demonstrate the earthmoving of a residential subdivision in the city of Paulínia - SP, Brazil. We sought to describe how the cleaning process took place and how the earthmoving is being implemented in the area. The methodology is a bibliographic review, and as a presentation method, the case study. The earthmoving is in progress, but it is already possible to describe the characteristics of the terrain and the needs for leveling the worked area, a fact that facilitated the earthmoving, not requiring major steps such as drainage, demolition or basic equipment for the execution of these operations.

KEYWORDS: Earthworks. Leveling. Logging.

RESUMEN

El movimiento de tierras es un proceso complejo, su ejecución depende de factores como el tamaño de la zona, el tipo de suelo, su resistencia en relación con su capacidad para soportar los esfuerzos necesarios, y la necesidad de limpieza de la zona, que puede alargar el plazo de finalización de la ejecución. El objetivo de este estudio es demostrar el movimiento de tierras de un fraccionamiento residencial en la ciudad de Paulínia - SP, Brasil. El objetivo era describir cómo se llevó a cabo el proceso de limpieza y cómo se está llevando a cabo el movimiento de tierras en la zona. La metodología es de revisión bibliográfica, como método de presentación, el estudio de casos. La ejecución del movimiento de tierras está en curso, pero ya es posible describir las características del terreno y las necesidades de nivelación del área trabajada, hecho que facilitó el movimiento de tierras,

¹ Universidade de Araraquara- UNIARA

² Docente Curso de Engenharia Civil da Universidade de Araraquara- UNIARA



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

no requiriendo grandes pasos como el drenaje, la demolición o el equipo básico para la ejecución de estas operaciones.

PALABRAS CLAVE: *Movimiento de tierras. Nivelación. La deforestación.*

INTRODUÇÃO

A técnica de terraplenagem ou técnica para movimentação de terra, como é executada desde a antiguidade pelos egípcios e babilônicos, empregada nos canais de irrigação às margens dos rios Nilo e Eufrates. Os romanos também utilizaram esta técnica e realizaram diversos serviços de terra para construção de estradas e aquedutos. Mas foi com o surgimento das máquinas a vapor que se deu início ao uso do equipamento para terraplenagem. Foi a partir de 1938 que o primeiro *motoscraper*, isto é, o *scraper* autopropeleido (*tournapull*), foi utilizado no desenvolvimento dos equipamentos de terraplenagem, com máquinas mais eficientes sob o aspecto mecânico, resultando no aumento da produtividade (INOVAR, 2014).

Com o passar do tempo, a técnica de terraplenagem foi aperfeiçoada e o processo de pavimentação passou a ser mais ágil, resultado da atualização dos equipamentos, o que vem possibilitando construção de grandes empreendimentos com prazos mais curtos e favorecendo para a locomoção da população em geral (GALEGO; MARCO, 2021).

Ha, Yen e Balaguer (2019) descreveram o uso de Sistemas Autônomos Robóticos (RAS), trazendo um novo horizonte nos processos de terraplenagem para construção. Wu *et al.*, (2021) apresentaram o uso de escavadeira de terraplenagem, considerado um equipamento essencial na construção, tendo em vista seu monitoramento proporcionar medição, análise e melhoria da eficiência operacional e do desempenho dos equipamentos.

Segundo Kim *et al.*, (2012), as operações de terraplenagem são identificadas como um dos principais contribuintes para os custos dos projetos de infraestrutura de transporte e para os impactos ambientais, principalmente devido a várias incertezas associadas a essas atividades. Neste sentido, Gwak, Seo e Lee (2018) afirmam quem a melhoria dessas atividades poderia trazer grandes benefícios para os projetos de terraplenagem.

Jassim *et al.*, (2020) alertam sobre a necessidade de melhor planejamento de operações e balanceamento de demandas concorrentes ligadas a preocupações ambientais, custos e duração, mas o que ocorre é que as abordagens existentes (teóricas e práticas) não atendem as demandas e geralmente limitam-se a partes do processo, como métodos de alocação de terra ou métodos de alocação de equipamentos baseados na experiência ou objetivos anteriores dos profissionais.

A terraplenagem é composta por duas etapas: o corte (retirada da terra excedente) e aterro (colocação da terra onde há sua escassez) (GALEGO; MARCO, 2021). Para satisfazer o aterro, é possível o uso de terra de locais próximos, ocupando o espaço escasso, proporcionando o nivelamento do local a ser pavimentado, requerendo, para essa movimentação de cálculos para que a escavações e volumes de terra retirados sejam aproveitados ao máximo, “evitando o bota fora,” ou seja, remanejamento de terra do local onde vai ser executada a terraplenagem para um lote de apoio



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

(GALEGO; MARCO, 2021). Porém, antes que o processo de terraplenagem ocorra é preciso que haja um planejamento, isto porque a terra exposta pode sofrer ação do tempo e efeitos de águas da chuva, ocasionando erosões e contaminações, além de outros efeitos ambientais.

Segundo Gwak, Seo e Lee (2018), são duas as abordagens para planejamento e execução de uma terraplenagem considerada ótima: 1) métodos de alocação de massa de terra (EAP) e 2) métodos de alocação de equipamentos de terraplenagem (EFP), sendo que os estudos relacionados a essas abordagens concentram-se em medir, avaliar e reduzir as emissões das operações de terraplenagem ou dos equipamentos nelas utilizados.

Este trabalho tem como objetivo demonstrar a execução de terraplenagem de um loteamento residencial na cidade de Paulínia – SP, Brasil.

Como objetivos específicos, busca-se caracterizar as etapas do processo de terraplenagem; verificar possíveis contratempos neste processo.

Na execução de uma obra é possível afirmar que sempre ocorre a movimentação de terra, tendo em vista os terrenos naturais sempre apresentarem algum desnível ou vegetação que deve ser removida para seguir um cronograma sem que haja prejuízos. Neste contexto, é preciso que haja a classificação do solo para somente então ter início uma obra. Para esta classificação deve-se observar o tipo de carga ou esforço a que o solo será exposto, evitando danos a estrutura a ser erguida. Portanto, o planejamento é fundamental para a realização de qualquer obra e a classificação do solo é necessária para escolha do método a ser adotado, o que direcionará em mais assertividade para custos e ou equipamentos adequados.

Foi realizada pesquisa bibliográfica que teve como natureza a abordagem qualitativa, e como método a apresentação de estudo de caso.

Foi realizado um estudo em uma obra residencial, em loteamento com uma área de 170.000m², na cidade de Paulínia – SP, Brasil.

TERRAPLENAGEM: CONCEITO, CLASSIFICAÇÃO E ETAPAS

Um projeto estrutural, erguido sobre o solo, requer da preparação do espaço para receber a obra, é desta preparação que trata a terraplenagem.

Por movimentação de terras compreende-se um conjunto de trabalhos executados por homens, máquinas e ferramentas para preparar um terreno para implantação de pavimentos, estruturas dentre outras obras da Construção Civil. A definição do tipo de solo é importante na medida em que os preços para escavação podem variar conforme a necessidade, desta forma, a dificuldade de escavação leva a considerar três tipos de terreno: 1) Terreno de Saibro – solo corrente formado por argila, areia e terra, podendo ser escavado com auxílio de máquina escavadora de pneus ou rastros sem equipamento específico; 2) Rocha branda, terreno formado por rochas alteradas ou moderadamente alteradas, podendo ser fragmentadas que possibilitam a escavação com máquina de rastro com *ripper* de potência equivalente a um R9 (Caterpillar ou equivalente); 3) Rocha dura, rija,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

compacta ou em processo de alteração, somente desmontado com compressor, explosivos, produtos químicos expansivos ou técnica especial a ser definida em cada caso (FARIA, 2014).

A terraplenagem, dependendo do local a ser executada, e quando corretamente utilizada na construção civil, envolve algumas tarefas, tais como: Abate de árvores, desmatamento, decapagem, escavação geral – preparação de plataformas, abertura de caboucos, aterro geral sobre fundações – aterro compactado em plataformas, aterro geral para preparação de plataformas, abertura de valas, aterro compactado de valas, transporte de terras a vazadouro (FARIA, 2014). Segundo descreve (RIBEIRO, 2008. p. 5) os trabalhos envolvidos em uma obra de terraplenagem envolvem: “escarificação, carga, transporte, descarga, espalhamento, nivelamento, compactação entre outros e integram o seu projeto diversas peças escritas e desenhadas.”

Em vias de comunicação os principais trabalhos executados são: Terraplenagem geral – escavação e aterro geral; Execução de perfis transversais; Espalhamento dos materiais de base e sub-base; Abertura de valas para a realização de aquedutos de passagem de águas (drenagem transversal e longitudinal); Transporte de terras a vazadouro; Aterro de valas.

No caso de barragens, pontes, obras especiais, obras hidráulicas, infraestruturas, fundações especiais e sondagens, ou seja, diferentes de edifícios e vias de comunicação, poderão aplicar-se máquinas especiais, sendo que cada trabalho tem uma especificidade própria, justificando a utilização de técnicas e máquinas (FARIA, 2014).

Classificação dos solos

A importância de classificar o solo reside na assertividade de quais equipamentos deverão ser utilizados para a compactação, ou seja, processo que envolve a terraplenagem, proporcionando a estabilização do terreno de maneira segura para receber a estrutura. Também importante para o processo de construção / pavimentação, no qual será definido os tipos de fundações implantadas, proporcionando a absorção do impacto e as cargas instaladas nesse solo ao longo do tempo (GALEGO; MARCO, 2021).

Almeida (2005, p. 110) sugere a existência de diversos sistemas de classificação de solo, sendo cada um deles específico ou não, por exemplo, “sistemas com base na movimentação dos sedimentos, classificação pedológica, textura e aqueles que levam em consideração mais de um parâmetro do solo.”

Segundo Almeida (2005, p. 117) “os solos estão distribuídos em 6 grupos: pedregulhos (G), areias (S), siltes inorgânicos e areias finas (M), argilas inorgânicas (C), e siltes e argilas orgânicos (O). Cada grupo é então dividido em subgrupos de acordo com suas propriedades índices mais significativos,” e são classificados com base em suas propriedades e índices, servindo como nomenclatura para descreve-los, e segundo Almeida (2005), os solos não oferecem um sistema de classificação de propriedades, como resistência a esforços externos ou compressibilidade, e um sistema de classificação rígido não abrange todas as propriedades do solo requeridas para resolver problemas na mecânica dos solos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

A identificação do solo a receber a estrutura pode ser por meio de testes visuais e tácteis, rápidos e específicos a cada tipo de solo analisado. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 6484:2020 especifica o método de execução de sondagens de simples reconhecimento de solos com ensaio de teste de penetração padrão (SPT). A norma descreve os sistemas de execução (sondagem manual e mecanizada) que fornecem informações sobre os tipos de solos e suas profundidades de ocorrência; indica a posição do nível de águas (se houver) durante a execução de cada sondagem, e o índice de resistência à penetração N a cada metro.

Os solos podem ser granulares, coesivos ou orgânicos:

- Os solos granulares são compostos por pedras, pedregulhos, areia e cascalho, são solos que apresentam em sua composição grandes partículas desses elementos, sendo elas, ásperas ao tato, visíveis a olho nu, permite avaliar a predominância do tamanho de grãos, e se separam quando secas, ou seja, quando soltas não aderem uma à outra, resultando em solos altamente permeáveis.

- Os solos coesivos (argilosos) apresentam espaços vazios entre as partículas que são extremamente pequenas e finas, quase farináceos, e se aderem firmemente um ao outro, não podendo ser reconhecidos a olho nu, formam uma estrutura resistente a penetração da água, resultando na absorção lenta da água. No entanto, a água ao penetrar neste tipo solo, encontra dificuldade para ser extraída de seu interior. Em solos finos, siltes, são importantes informações como plasticidade, resistência à compressão do solo quando seco, comportamento do solo quando imerso em água e cor.

- Os solos orgânicos (terra preta) correspondem aos formados por matéria orgânica, resultado da decomposição vegetal, animal e de microrganismos, a resistência à compressão do solo seco é geralmente pequena, e nestes, a cor e, ou em alguns casos, a proporção de matéria orgânica são informações úteis.

- O solo calcário (cálcio ou cal em sua constituição) é muito usado na construção de casas e terrenos com essa constituição, por serem duros possuem uma elevada resistência a cargas, logo, tornam-se ideais para construções em geral, entretanto, por conta da rigidez e peso deste tipo de solo, demanda mais trabalho na retirada ou movimentação, demandando mais das máquinas para realizar os serviços no local, resultando em aumento de custo com peças, ferramentas e consertos.

Etapas da terraplenagem

Conforme Galego e Marco (2021), o método de terraplenagem a ser utilizado depende do tipo de relevo e da classificação do terreno e seu desnível.

As etapas de limpeza da área, escavação, aterro e compactação compõem o processo de terraplenagem, podendo ser sequencialmente ou simultâneas, além de algumas técnicas complementares (Troca de solo; Drenagem; Prevenção de erosão).

O início da terraplenagem ocorre com a retirada de vegetação do terreno, limpeza da vegetação rasteira e retirada da camada vegetal, solo com a matéria orgânica.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Quando se trata de rodovias, conforme especificado pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1996), apenas o desmatamento da faixa de domínio é os suficientes para a isolação e operação de construção e visibilidade dos trabalhadores, não expondo os solos e os taludes naturais a erosão, proporcionado facilidade para o assoreamento e a sobrecarga os sistemas de drenagem, e neste caso, a camada vegetal retirada será utilizada para recomposição vegetal de taludes de corte e aterros. Os cuidados com o bota fora de solos vegetal requerem mais cuidados, tendo em vista a possibilidade de serem carregados pelas chuvas, prejudicando o meio ambiente. O desmatamento deverá ocorrer após um planejamento, no qual se prevê os limites necessários à implantação de cortes e aterros (*off-sets* de terraplenagem). Esses limites pré-definidos podem ser alterados durante a fase de implantação, por conta da dificuldade das máquinas de acompanhar a linha sinuosa que limita os *off-sets*. Por conta disso, buscando facilitar o desempenho operacional, o desmatamento ocorre por segmentos de reta, ampliando a área a ser desmatada, levando a agressão ao meio ambiente e facilitando a erosão e assoreamento, diminuindo a estabilidade dos taludes. O DNER (1996) sugere, neste caso, o desmatamento manual sem destocamento, em faixa, sem exceder as demarcações implantadas, tendo em vista facilitar a operação das máquinas e executar a obra conforme o projeto, executando um contorno de identificação e acompanhamento pela equipe mecânica.

A escavação é a segunda etapa do processo de terraplenagem, na qual ocorre o rebaixamento da topografia natural do terreno para remoção do excesso de terra, buscando o nivelamento. Com a escavação é rompida a compacidade do solo, valendo-se de ferramentas cortantes (faca da lâmina ou dentes da caçamba da carregadeira) desagregando-o e possibilitando seu manuseio. Algumas obras requerem a retirada da terra, valendo-se do auxílio de caminhões para encaminhando do material para aterros, porém, existe áreas na qual é possível espalhar a terra, fazendo a compensação, em espaços de desnível abaixo da cota do projeto, assim, é feito o remanejamento m ocorrendo o processo de compensação (RICARDO; CATALANI, 2008).

Quando esse material é retirado do local, ocorre a carga, preenchimento da caçamba, ou quando do acúmulo diante da lâmina, do material já desagregado (já escavado) e o transporte na movimentação do material para local definitivo, levando a descarga para execução do aterro. Portanto, a etapa de aterro acrescenta terra para o atingimento do terreno para uma altura mais adequada. Em áreas onde o terreno não tem material suficiente, é preciso importar terá conforme o volume necessário para o nivelamento, sendo a terra vermelha uma das mais utilizadas para fazer aterros (ETESCO, 2022).

Nos terrenos onde não há material suficiente, é preciso fazer a importação de terra, conforme o volume necessário, para fazer o nivelamento. Costuma ser utilizada a terra vermelha para fazer os aterros. Segundo Galego e Marco (2021), em caso de rodovias, esse volume do corte é obtido “pela escavação do terreno natural perpendicular ao eixo da futura rodovia com acúmulo de material sobre a plataforma projetada,” barateando ou anulando o custo com transporte de longa distância. Essa ação promove a formação de “piscinas” ao longo da rodovia, podendo gerar proliferação de doenças



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

e formação de taludes altos, formados pela altura do aterro construído e caixa de empréstimo, requerendo da criação de drenagem para evitar a erosão do solo e ravinamento de grande porte, evitando danos a população. Os bota-foras também exigem alguma ações, e comumente o planejamento prévio das escavações já prevêm e desperdício com material excedente, no descarte, após o aterro, evitando o depósito

[...] nas bocas dos cortes ou sobre talvegues sem qualquer compactação, podendo provocar a erosão e levando ao assoreamento da rede de drenagem, reduzindo a vazão, extinguindo a vegetação e sujando os mananciais, prejudicando a fauna de espécies aquática, e gerando a proliferação de insetos transmissores de doenças (GALEGO; MARCO, 2021, p. 7).

Segundo autores, quando do excesso de material, sugerem o alargamento de aterros, diminuindo a inclinação de taludes e ainda construindo plataformas contínuas a estrada.

Quanto à compactação, corresponde ao processo mecânico no qual se obtém maior resistência do solo, sendo que o tipo de solo é que direciona o tipo de equipamento a ser utilizado. A forma dessa escolha pode ser por meio de pistas experimentais, testando a funcionalidade do equipamento, identificando a melhor opção a ser utilizada, dentre outros parâmetros que influenciam no processo, tais como, espessura da camada solta, umidade, número de passadas, velocidade do equipamento, peso do lastro, dentre outras. Os quadros 1 e 2 apresentam os tipos de equipamentos a serem utilizados em cada tipo de solo.

Quadro 1 – Equipamentos de terraplenagem

SOLOS COESIVOS		MISTURAS (Argila+silte+areia)	SOLOS GRANULARES		CARACTERÍSTICAS
100 % ARGILA	SILTE		100 % AREIA	PEDRAS	
← pé de carneiro →					Peso estático e amassamento
← pé de carneiro vibratório (padfoot) →					Peso estático e vibração
			← rolo liso vibratório →		Vibração
			← rolo pneus leve →		Peso estático e amassamento
			← rolo pneus, pesado, rodas de grande diâmetro →		Amassamento
				← rolo de grade ou malha →	
			← rolo liso metálico estático (3 rodas) →		Peso estático
				← rolo de placas →	
← rolos combinados: padfoot vibratório pesado, autopropelido →					Peso estático, amassamento, vibração, impacto

Fonte: Galego e Marco (2021, p. 8).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Quadro 2 - Tipos de Rolos

TIPO DE ROLO	PESO MÁXIMO (toneladas)	ESPESSURA MÁXIMA APÓS COMPACTAÇÃO	UNIFORMIDADE DA CAMADA	TIPO DE SOLO
Pé de carneiro estático	20	40 cm	Boa	Argilas e siltes
Pé de carneiro vibratório	30	40 cm	Boa	Misturas de areia com silte e argila
Pneumático leve	15	15 cm	Boa	Misturas de areia com silte e argila
Pneumático pesado	35	35 cm	Muito boa	Praticamente todos
Vibratório com rodas metálicas lisas	30	50 cm	Muito boa	Areias, cascalhos, material granular
Liso metálico estático, 3 rodas	20	10 cm	Regular	Materiais granulares, brita
Rolo de grade(malha)	20	20 cm	Boa	Materiais granulares ou em blocos
Combinados	20	20 cm	Boa	Praticamente todos

Fonte: Galego e Marco (2021, p. 8).

O rolo compactador comprime toda terra para tornar o solo mais resistente e firme, sendo que cada projeto requer um nível de compactação, requerendo o acompanhamento de profissional engenheiro ou de um calculista, que vai definir o mais adequado. Na maior parte das vezes a compactação do solo é feita em camadas, garantindo maior eficiência e estabilidade do terreno, havendo casos em que a terra, estando seca demais, precisa ser umedecida com utilização de caminhão pipa, ou quando úmida em demasia requer secamento. A forma adequada do processo de compactação ajuda a evitar deslizamentos de terras (RICARDO; CATALANI, 2008).

Como citado no início desta seção, além das etapas descritas, tem-se algumas técnicas complementares, troca de solo, drenagem e prevenção de erosão, aplicadas conforme necessidade do projeto. A troca de solo ocorre quando o local a receber o projeto não tem solo adequado para a construção, requerendo sua troca após estudo, neste caso ocorre a escavação, remoção do material para aterrar e compactação. A drenagem ocorre quando solos muito úmidos, requerendo a criação de canais locais e estratégicos para facilitar o descolamento da água do terreno. Quando da presença de nascentes, o projeto deve respeitar um raio de 50m para criação dos canais, desviando a água da construção, processo esse de maior importância quando se trata de fundação profunda. Na prevenção de erosão, são executadas curvas de nível, conforme o grau de inclinação e da extensão do terreno. Essas curvas têm a função de captar a água que escorre na terra, impedindo que ela ganhe velocidade e abra valas no solo (RIBEIRO, 2008).

Métodos de alocação de terra e de alocação de equipamentos de terraplenagem

As abordagens ou métodos de otimização de terraplenagem podem ser: planejamento de alocação de massa de terra (*earth allocation planning* – EAP) e planejamento e alocação de equipamentos de terraplenagem (*equipment fleet planning* - EFP) (GWAK; SEO, LEE, 2018).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

A operação de terraplenagem utiliza grandes equipamentos pesados (escavadeiras para corte, caminhões para carregamento e movimentação, tratores para espalhamento e compactadores para compactação, dentre outros, que incidem em alto custo de propriedade e operação por hora (PARENTE; CORTEZ, CORREIA, 2015). O método EFP identifica qual o equipamento mais favorável, mensura o número ideal de equipamentos, calcula a produtividade prevista da terraplenagem e aloca os equipamentos no tempo e local correto (MARZOUK; MOSELHI, 2004).

Segundo Villar *et al.*, (2020), os custos envolvendo as etapas de terraplenagem situam-se entre 15% e 30% do orçamento total da obra, implicando em todo o projeto. Se feito corretamente, pode alcançar uma redução apreciável na quantidade de material e, conseqüentemente, uma redução nos impactos ambientais. Neste sentido, o EAP identifica os pares corte- aterro ideais e sua sequência para reduzir custo total de terraplenagem, atribuindo cortes aos aterros de forma econômica, por meio da identificação da quantidade de terra a ser removida de quais poços de corte para quais poços de aterro. Segundo Burdett, Kozan Kenley (2015), erros neste cálculo podem levar a movimentação de unidades de terra não conforme com a qualidade da terra exigida para preenchimento, causando desequilíbrio com as cavas de corte e as cavas de preenchimento, dessincronizando o movimento de terra com o cronograma de terraplenagem, causando ações corretivas desnecessárias e dispendiosas.

Estudo correlatos

Dentre os estudos sobre o tema, Turmina *et al.*, (2018) avaliaram os impactos ambientais de um projeto de terraplenagem, envolvendo as etapas de operação do empreendimento (identificação das ações geradoras que são as atividades de terraplenagem, locação e construção de estruturas, escavações, sistemas de drenagem e aterramento, montagens eletromecânicas, mobilização de pessoal e manutenção da subestação e conseqüentemente os impactos ambientais), por meio do método *Ad Hoc* (matrizes de ponderação e interação) de atributos nos impactos gerados por uma subestação de energia elétrica, situado no município de Palhoça, Santa Catarina. Constataram que essas ações podem afetar de forma direta os aspectos ambientais (água, solo, emissões atmosféricas) além de aspectos sociais. O estudo possibilitou diagnosticar que as atividades impactantes ocorreram na fase de implantação do empreendimento, esses foram classificados como de pequena importância, baixa magnitude e reversíveis, ainda assim, o estudo demonstrou que o método promoveu a importância da interação de cada impacto, evidenciando ser um método alternativo para análise de impacto ambiental.

Dias, Angnes e Wegner (2016) demonstraram o processo de decisão de viabilidade de um investimento fictício utilizando análise financeira e econômica em um empreendimento de terraplenagem do setor de prestação de serviços. Assim, comprovando que a análise de viabilidade pode reduzir os riscos inerentes ao investimento financeiro e proporcionar informação para tomada de decisão.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Alguns estudos internacionais, como os de Baek e Seo (2011), tendo em vista, o objetivo do planejamento de terraplenagem ser minimizar o custo e a duração do projeto, determinando o solo, alocação, configuração de equipamentos e rota de transporte, demonstraram que os de terra em processos de urbanismo consomem até 20% do custo total do projeto, e que este problema depende fundamentalmente de volumes decrescentes em corte e/ou aterro. Nos estudos de Ji *et al.*, (2010) propuseram um modelo matemático para otimizar esses movimentos através de técnicas de programação linear em um projeto viário, fazendo atribuições eficientes para as alturas na mudança de estado, de corte para aterro.

Contribuição com esses estudos, este trabalho pretende demonstrar as etapas da terraplenagem em um canteiro de obras.

MÉTODO DO ESTUDO

A metodologia deste estudo é de revisão bibliográfica, tem como método o estudo em uma obra residencial localizada em Paulínia - SP, Brasil, e como natureza da pesquisa a abordagem qualitativa. O método do estudo consistiu em observação e descrição das etapas de terraplenagem de um empreendimento.

O estudo foi dividido em duas etapas: 1) Revisão bibliográfica: busca de documentos nas bases de dados *Scielo*, *Scopus*, *Science Direct*, *Google Acadêmico*, em livros e apostilas sobre o tema. A segunda etapa é observação e descrição de um projeto de terraplenagem de um empreendimento da cidade de Paulínia – SP, Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento planialtimétrico da área foi por meio de cálculos, curvas e níveis e interferências. O projeto teve início com a entrega do projeto geotécnico. Uma empresa foi responsável pela locação topográfica das ruas, posteriormente foi contratada outra empresa para limpeza e retirada da camada vegetal, e na sequência, com a locação do eixo a partir dos marcos de apoio, foi definido, estanqueado e referenciado com coordenadas X,Y e Z, partindo para coordenadas do eixo conforme o estaqueamento de projeto, respeitando os trechos de tangente e em curvas. Para isso utilizou-se de um piquete cravado até o nível do terreno e de uma estaca de madeira fixada ao lado do piquete, servindo de testemunho, onde foi identificado o número da estaca.

A locação foi por meio do estaqueamento (estaca correspondendo a vinte metros), e quando essa distância não se completou, acrescentou-se a medida à estaca.

O estaqueamento, para o trecho de foi conforme o raio da curva, velocidade diretriz, distância de visibilidade etc. A locação seguiu os dados de projeto e de uma planilha de cálculos possibilitando implementar ponto a ponto do eixo.

Para locação de curvas por coordenadas foi utilizado os piquetes, tomando a distância e ângulo eletronicamente (equipamento instalado no *notebook*), com orientação do operador.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Após o nivelamento, instalou-se a estação total em um ponto estratégico, e com o prisma apurado, procedeu-se a leitura inicial e aparelhou-se o prisma em cada piquete de cada estaca. Esta leitura permitiu o cálculo para determinar a cota de cada piquete. Após o eixo locado e nivelado, partiu-se para a limpeza.

As etapas descritas neste processo de terraplenagem dependeram das condições em que se encontrava o terreno e das características do seu relevo. A seguir serão descritas as etapas que fizeram parte do projeto residencial de terraplenagem.

Limpeza

Como o lote estava coberto de vegetação (grama, plantas, arbustos e outras vegetações superficiais) foi necessário a limpeza e retirada de toda a vegetação, de pedras e cupinzeiros.

Para a limpeza dessa camada vegetal, foi contratada uma empresa da cidade. O montante de vegetal é de 60 mil m³, posteriormente fazendo 300 mil m³ de aterramento. O grid encontra-se com 40cm de pavimento, ou seja, acima do nível da rua. Atendendo a Lei n. 2094 de 18 de junho de 1997 (Revogado pelas Leis nº 3472/2015 e nº 3539/2017) que "Institui o código do meio ambiente do município de Paulínia e dá outras providências", como havia árvores no terreno foi necessário a aprovação da prefeitura municipal.

Sem o processo de retirada de vegetação poderia ocorrer deterioração e formação de uma camada vazia no lugar dela, permitindo que a terra viesse a ceder. Isso justifica o aterramento ou a base de uma construção ser feita em solo firme e limpo. Com a documentação para limpeza em mãos, iniciou-se a raspagem das matérias orgânicas. A primeira etapa consistiu em retirar do caminho tudo aquilo que estava atrapalhando o início da nova construção. Muitas obras exigem por exemplo, demolição de construções antigas ou desmatamento da área para remover a vegetação, destocamento, a fim de retirar troncos, raízes e outros resquícios da vegetação.

Na figura 1 A-C é possível observar que a necessidade de limpeza e processo, resultando na remoção de todos os resíduos, deixando a área totalmente livre.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Figura 1 - Etapa de limpeza



Fonte: O próprio autor (2022).

Com as informações sobre os planos e níveis do terreno coletadas no levantamento topográfico, iniciou-se o processo de nivelamento.

Terraplenagem

Com o terreno limpo, iniciou-se terraplenagem, ou seja, transformação em terra plana ou platô, cuidando para que o tamanho e altura (nível) do platô ficasse conforme projeto. Nesta obra em específico, o Rio Jaguari passa ao lado da fazenda e existe uma captação de água bruta desse rio, onde abastece cidades como Monte Mor, Hortolândia, Paulínia e parte de Sumaré, por uma sondagem com georadar realizada mostrou que, essas adutoras - uma de 1,20 de diâmetro e três de 300 mm - estão em cota topográfica rasa, portanto nesses trechos teremos que executar a terraplenagem com muito, precavendo para que não ocorra deslizamentos com problemas de erosão.

O nivelamento para atender o projeto a ser executado requer do aterramento, ou seja, é um terreno que precisa ser transformado, deixando a frente mais baixa que o fundo, requerendo de corte no terreno (escavação e retirada da camada de terra que estivesse acima do nível desejado), ou mesmo se estivesse muito inclinado seria necessário a construção de muro de arrimo para contenção da terra e deslizamentos.

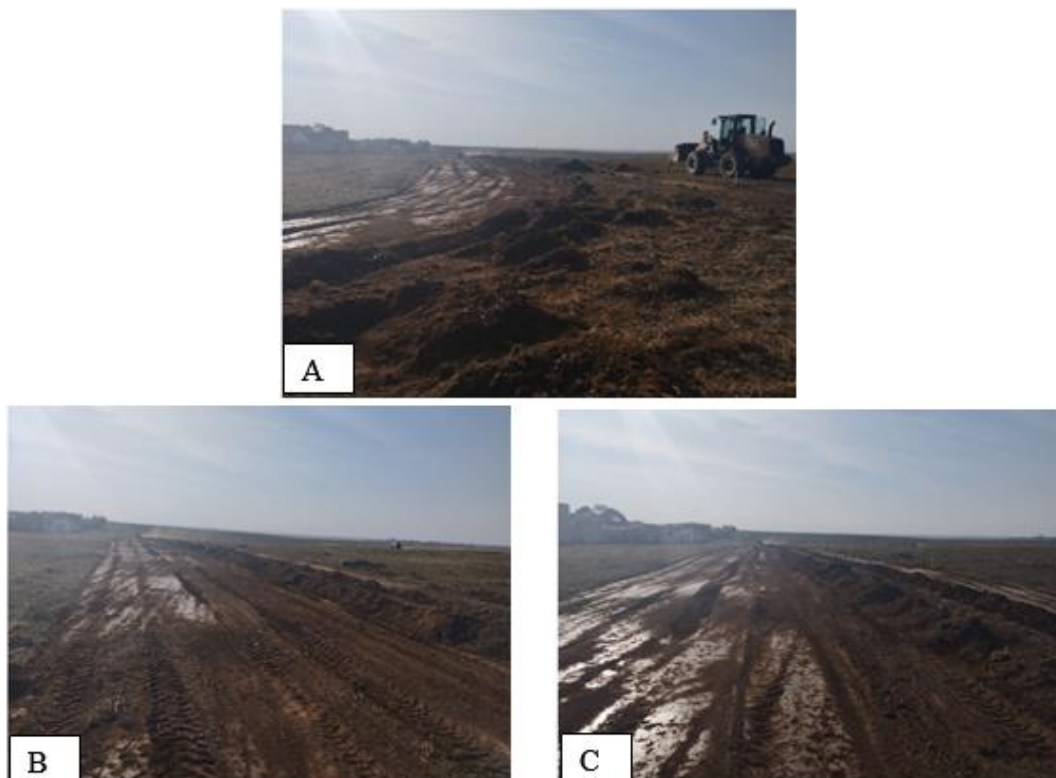
O processo de terraplenagem encontra-se em andamento, conforme registros fotográficos da figura 2 A-C.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

Figura 2 - Processo de terraplenagem



Fonte: O próprio autor (2022).

Por conta de o prazo de autorização de execução de obra estar vencendo, foi necessário um solicitar uma extensão do prazo de execução de obra. Quanto ao tempo da entrega da área já nivelada, a média é de 40 a 90 dias e depende do tamanho da área, do tipo de solo, e da resistência dele em relação à capacidade de suportar as cargas das fundações, assim, podemos afirmar que em casos mais complexos, como áreas muito grandes que precisam ser escavadas ou aterradas, pode levar até 180 dias, mas isso depende das condições do terreno. O processo de terraplenagem apresentado ainda se encontra em andamento, mas podemos concluir que a área trabalhada facilitou a terraplenagem, não requerendo de maiores etapas, drenagem, demolição ou de equipamento básicos para a execução dessas operações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção civil é um setor estratégico e importante para o desenvolvimento do país, pois movimenta a economia e corrobora com o desenvolvimento urbano e social.

O processo de terraplenagem constitui-se em uma técnica com objetivo de aplainar determinada área para receber a construção ou edificação. Apesar de parecer simples, é um trabalho complexo, que depende das condições de cada terreno a ser trabalhado, ou seja do tamanho da área, do tipo de solo, e da resistência dele em relação à capacidade de suportar as cargas das



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

fundações, do quando da execução do trabalho (período de chuva), e das necessidades da limpeza da área, logo o prazo para término pode se estender até 180 dias. Assim, quanto mais acidentado e complicado, maior o prazo para finalização do processo e terraplenagem.

Neste estudo o terreno proporcionou menos dificuldades, mas houve necessidade de cuidados específicos, pois o Rio Jaguari encontra-se ao lado da área.

Quanto aos objetivos deste estudo, foi apresentada a execução de terraplenagem de um loteamento residencial na cidade de Paulínia – SP, Brasil, bem como se deu o processo de limpeza e nivelamento.

Acredita-se que os cuidados com todas as etapas e procedimentos, corroborou com a segurança dos trabalhadores, e previne futuros problemas, como rachaduras ou desabamentos que possam ocorrer quando do terreno desnivelado para as estruturas serem construídas, ou mesmo acidentes ou risco de a obra ser embargada pelo poder público.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. C. P. **Caracterização física e classificação dos solos**. Juiz de Fora: UFMG, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6484:2020**: Solo - Sondagem de simples reconhecimento com SPT — Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BAEK, H.; SEO, J. Optimized earthwork planning methodology for land development projects. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL & BUILDING ENGINEERING - ICCCB, 13., Nottingham, UK, 2011. [Proceeding...]. Nottingham, UK: University of Nottingham, 2011. Available: <http://www.iaarc.org/publications/fulltext/P1-25.pdf>. Access: 9 May 2022.

BURDETT, R.; KOZAN, E.; KENLEY, R. Block models for improved earthwork allocation planning in linear infrastructure construction. **Engineering Optimization**, Berlin, v. 47, n. 3, p. 347-369, 2015. Available: <https://eprints.qut.edu.au/65390/> Access: 9 May. 2022.

DIAS, T. F.; ANGNES, D. L.; WEGNER, D. O caso da terraplenagem Barbosa. **E&G Economia e Gestão**, Belo Horizonte, v. 16, n. 43, abr./jun. 2016. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/economiaegestao/article/view/P.19846606.2016v16n43p152> Acesso em: 9 maio 2022.

DNER - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Manual de implantação básica**. 2. ed. Rio de Janeiro: DNER, 1996.

FARIA, J. A. **Gestão de obras e segurança**. Porto, Portugal: Universidade do Porto, 2014. (Apostila do curso de Mestrado). Disponível em: https://web.fe.up.pt/~construc/go/docs_GO/sebenta/SebentaGOSE20132014pdfunico.pdf Acesso em: 8 maio 2022.

GALEGO, O.; MARCO, G. Terraplenagem na construção civil. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 1, n. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.47820/recima21.v1i1.740> Acesso em: 16 abr. 2022.

GWAK, H.; SEO, J.; LEE, D. Optimal cut-fill pairing and sequencing method in earthwork operation. **Automation in Construction**, London, v. 87, 60-73, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.010> Acesso em: 17 abr. 2022.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

TÉCNICAS PARA MOVIMENTAÇÃO DE TERRA: ESTUDO EM UM LOTEAMENTO RESIDENCIAL DA CIDADE DE PAULÍNIA – SP
José Carlos Guilherme de Jesus, Gerson de Marco, Fabiana Florian, José Eduardo Quaresma

HA, Q. P.; YEN, L.; BALAGUER, C. Robotic autonomous systems for earthmoving in military applications. **Automation in Construction**, London, v. 107, p.102934-102951, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102934> Acesso em: 17 abr. 2022.

INOVAR, L. Terraplenagem e sua história. **Inovar Topografia**, 21 abr. 2014. Disponível em: <https://inovartopografia.com.br/terraplenagem-e-sua-historia/>. Acesso em: 16 abr. 2022.

JASSIM, H. S.H.; KRANTZ, J.; LU, W.; OLOFSSON, T. A MODEL TO REDUCE earthmoving impacts. **Journal of Civil Engineering and Management**, New York, v. 26, n. 6, p. 490- 512, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3846/jcem.2020.12641> Acesso em: 17 abr. 2022.

Ji, Y.; BORRMANN, A.; RANK, E.; SEIPP, F.; RUZIKA, S. Mathematical modeling of earthwork optimization problems. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL & BUILDING ENGINEERING - ICCCBE, 12., Nottingham, UK, 2010. [Proceeding...]* Nottingham, UK: University of Nottingham, 2010. Disponível em: http://www.andreborrmann.de/docs/paper_Ji_ICCCBE2010.pdf Acesso em: 9 May 2022.

KIM, B.; LEE, H.; PARK, H.; KIM, H. Estimation of greenhouse gas emissions from land-use changes due to road construction in the Republic of Korea. **Journal of Construction Engineering and Management**, New York, v. 139, n. 3. p. 339-346, 2012. DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000620](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000620)

MARZOUK, M.; MOSELHIM, O. Multiobjective optimization of earthmoving operations. **Journal of construction engineering and management**, New York, v. 130, n. 1, p. 105-113, 2004. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/689257> Acesso em: 9 maio. 2022.

PARENTE, M.; CORTEZ, P; CORREIA, A. G. An evolutionary multi-objective optimization system for earthworks. **Expert Systems With Applications**, Jinan, China, v. 42, n. 19, p. 6674-6685, 2015. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/ecsmge.60678.vol2.031> Acesso em: 9 maio 2022.

RIBEIRO, S. P. T. **Terraplenagem: metodologia e técnicas de compactação**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) - Universidade do Porto, Porto. 2008. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59184/1/000129829.pdf> Acesso em: 7 maio 2022.

RICARDO, H. S.; CATALANI, G. **Manual prático de escavação: terraplenagem, e escavação de rocha**. 3. ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.

TURMINA, E.; KANIESKI, M. R.; DE JESUS, L. A.; DA ROSA, L. H.; BATISTA, L. G.; DE ALMEIDA, A. N. Avaliação de impactos ambientais gerados na implantação e operação de subestação de energia elétrica: um estudo de caso em Palhoça, SC. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 17, n. 4, p. 589-598, 2018. DOI: 10.5965/223811711732018589. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/10482> Acesso em: 9 maio. 2022.

VILLAR, Y.; MENÉNDEZ. M.; FERNÁNDEZ, Z.; BERNARDO, A. Sustainable earthworks: Optimization with the ICOM method. **Energy Reports**, UK, v. 6, Suppl. 6, p, 404-419, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720313172> Acesso em: 9 maio. 2022.

WU, Y.; WANG, M.; LIU, X.; WANG, Z.; MA, T.; LU, Z.; LIU, D.; XIE, Y.; LI, X.; WANG, C. Monitoring the Work Cycles of Earthmoving Excavators in Earthmoving Projects Using UAV Remote Sensing. **Remote Sensing**, Basel, v. 13, n. 19, p.3853-3871, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/rs13193853> Acesso em: 17 abr. 2022.