

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL**

CAIO FELIPE ANDRADE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR PADRÃO MCMV EM TERRENOS ACIDENTADOS**

**Varginha/MG
2024**

CAIO FELIPE ANDRADE

**ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR PADRÃO MCMV EM TERRENOS ACIDENTADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Mestre Luana Ferreira Mendes.

**Varginha/MG
2024
CAIO FELIPE ANDRADE**

4

**ESTUDO COMPARATIVO DOS CUSTOS DA IMPLANTAÇÃO DE UMA
EDIFICAÇÃO UNIFAMILIAR PADRÃO MCMV EM TERRENOS ACIDENTADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Mestre Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em: ___/___/___

Profa. Mestre Luana Ferreira Mendes (Orientadora)

Componente da banca examinadora I

Componente da banca examinadora II

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças para enfrentar mais este desafio e desenvolver este trabalho, aos meus familiares, aos meus colegas de classe e aos professores por todo apoio e incentivo para vencer mais uma fase deste ciclo.

"O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.."

José de Alencar

RESUMO

O setor da construção civil está em expansão no país, refletindo-se em novas áreas loteadas e enfrentando o desafio das diversas tipologias de terreno, especialmente em regiões com relevo acentuado. Terrenos com essas características impactam diretamente os custos da obra, podendo exigir cortes no terreno, construção de muros de arrimo, terraplanagem e sistemas de drenagem.

Este trabalho tem como objetivo principal analisar e comparar os custos da implantação de uma edificação unifamiliar padrão do Programa Minha casa, Minha Vida em diferentes tipologias de terreno. Para isso, serão analisados os custos de diferentes tipos de fundações, identificadas as diversas tipologias topográficas, compreendendo os sistemas construtivos adequados, e estudadas as atividades de movimentação de terra. Além disso, serão levantados os custos das estruturas de arrimo, culminando em um estudo de caso que avaliará a aplicação de uma edificação modelo em terreno em aclave e declive.

Palavras-chave: Terreno em aclave; Terreno em declive; Construção civil.

ABSTRACT

The civil construction sector is expanding in the country, reflected in new subdivided areas and facing the challenge of different types of terrain, especially in regions with steep relief. Land with these characteristics directly impacts the costs of the work, and may require cuts in the land, construction of retaining walls, earthworks and drainage systems.

The main objective of this work is to analyze and compare the costs of implementing a standard single-family building under the “Minha Casa, Minha Vida” Program on different types of land. To this end, the costs of different types of foundations will be analyzed, the different topographic typologies will be identified, understanding the appropriate construction systems, and earthmoving activities and construction of embankments will be studied. In addition, the costs of supporting and drainage structures will be assessed, culminating in a case study that will evaluate the application of a model building on uphill and downhill terrain.

Keywords: *Sloping terrain; Sloping land; Construction.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Marcação do gabarito na locação de obra.....	21
Figura 2. Inclinações do terreno	23
Figura 3. Edificação elevada do solo sobre pilotis	25
Figura 4. Edificação em cascata	25
Figura 5. Edificação implantada sobre platô escavado	26
Figura 6. Edificação implantada sobre platô criado por corte.....	27
Figura 7. Drenagem Superficial	31
Figura 8. Loteamento Praça da Mata.....	32
Figura 9. Lote 2, Quadra H.....	33
Figura 10. Lote 18, Quadra H.....	34
Figura 11. Planta baixa da edificação.....	35
Figura 12. Implantação da edificação no terreno em aclave.....	36
Figura 13. Modelagem 3D do sistema estrutural da implantação em aclave	36
Figura 14. Implantação da edificação no terreno em declive	37
Figura 15. Modelagem 3D do sistema estrutural da implantação em declive	37
Figura 16. Gráfico de custos da implantação em aclave	43
Figura 17. Gráfico de custos da implantação em declive	44
Figura 18. Comparativo geral dos custos	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 Construção civil no Brasil.....	12
3.2 MCMV.....	13
3.3 Sistemas construtivos utilizados no Brasil.....	13
3.3.1 Alvenaria convencional.....	13
3.3.2 Alvenaria estrutural.....	14
3.3.3 Estrutura de concreto armado.....	14
3.3.4 Estrutura metálica.....	15
3.3.5 Concreto pré-fabricado.....	15
3.4 Topografia do terreno.....	17
3.4.1 Movimento de terra.....	18
3.5 Classificação dos Solos	19
3.5.1 Estabilização Granulométrica	19
3.5.2 Serviços Preliminares.....	20
3.6 Locação da obra	20
3.7 Terrenos Acidentados.....	21
3.7.1 Classificação	22
3.7.2 Vantagens e Desvantagens	23
3.8 Sistemas estruturais para edificação em terrenos acidentados	24
3.8.1 Edificação elevada sobre pilotis	24
3.8.2 Edificação em cascata	25
3.8.3 Edificação implantada sobre platô escavado.....	26
3.8.4 Edificação implantada sobre platô criado por corte	26
3.9 Fundações.....	27
3.9.1 Fundações rasas.....	28
3.9.2 Fundações profundas.....	28

3.9.3 Critérios de escolhas para as fundações	29
3.10 Muros de Arrimo	29
3.10.1 Sistemas de drenagem	30
4 METODOLOGIA.....	32
4.1 Local de estudo	32
4.2 Edificação.....	34
5 RESULTADOS	38
5.1 Custos da implantação no terreno em aclave	38
5.2 Custos da implantação no terreno em declive	40
5.3 Comparativo dos resultados	43
6 CONCLUSÃO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
7 REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil está em crescente atividade em todo o país, com produtos e mão de obra cada vez mais valorizados e, bem como, com o surgimento de inúmeras tecnologias inovadoras nos sistemas construtivos. Tal crescimento, se reflete também em novas áreas loteadas e o desafio de encarar diferentes tipologias de terreno quanto as características topográficas.

Muitas regiões apresentam terrenos com relevo acentuado, o que impacta diretamente nos custos da obra. Dependendo do projeto e da finalidade da construção, pode ser necessário fazer cortes no terreno, construir muros de arrimo, realizar terraplanagem e instalar sistemas de drenagem. Além disso, os tipos de fundações podem variar de acordo com o solo local, a carga que a estrutura receberá ou o sistema construtivo escolhido. Essas considerações adicionais exigem planejamento cuidadoso e podem afetar significativamente o processo de construção.

Assim, a importância dos estudos sobre o assunto aumenta consideravelmente, visando o desenvolvimento de novas técnicas construtivas. Isso é crucial não apenas para facilitar os serviços de mão de obra, que apresenta um valor impactante no custo da edificação, mas também para a introdução de novos materiais de construção com custos reduzidos.

Os profissionais do ramo da engenharia civil e da arquitetura estão sendo cada vez mais valorizados e demandados para a execução de projetos, não apenas para grandes obras, mas também para pequenas obras residenciais. Portanto, é fundamental que eles projetem de maneira que o relevo do terreno seja aproveitado nas suas condições naturais, sem grandes modificações, e que os cortes necessários tragam benefícios para a edificação, compensando os custos adicionais.

Há diversas maneiras de reduzir os custos em uma obra, isso inclui uma análise detalhada do local onde se vai construir, até o acompanhamento da obra pelo profissional responsável. A organização desde o planejamento até a execução do projeto pode resultar em economia de produtos, tempo e mão de obra.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo geral analisar e comparar os custos da implantação de uma edificação unifamiliar padrão MCMV em diferentes tipologias de terreno, variando as características topográficas e possíveis tipos de fundações.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar os custos de diferentes tipos de fundações;
- Identificar as diferentes tipologias topográficas de terrenos;
- Compreender os diferentes sistemas construtivos para diferentes perfis topográficos;
- Compreender atividades de movimentações de terras e execução de taludes;
- Levantar os custos das estruturas de arrimo;
- Realizar um estudo de caso de uma edificação modelo quanto as análises de aplicação em diferentes tipos de terrenos;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Construção civil no Brasil

É consensualmente aceito que a indústria da construção civil representa um dos pilares essenciais para o desenvolvimento econômico, uma vez que o avanço e a capacidade produtiva do país estão diretamente vinculados ao progresso desse setor.

A Indústria da Construção Civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que abrange setores industriais diversos, tais como: mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos e diversos prestadores de serviços, como escritórios de projetos arquitetônicos, serviços de engenharia, empreiteiros etc. (AMORIM, 1995; MELLO, 2007).

O setor da Construção Civil é composto por uma ampla gama de atividades, variando em complexidade e conectadas por diversos produtos e processos tecnológicos. Abrange desde indústrias de tecnologia avançada e grande investimento de capital, como cimento, siderurgia e química, até milhares de microempresas de serviços, muitas delas com baixo nível tecnológico. Uma característica distintiva desse setor é sua grande diversidade.

Um grande desafio no cenário atual, são as topografias dos terrenos, onde áreas acidentadas tendem a ter um custo de venda mais baixo, mas que pode acarretar despesas maiores durante a construção. Esse tipo de terreno também apresenta desafios para arquitetos e engenheiros, proporcionando a oportunidade de ousar nos projetos ao criar patamares que aproveitam o terreno sem a necessidade de grandes volumes de aterro.

Terrenos em aclive facilitam o escoamento do esgoto, pois possuem uma inclinação natural em direção à rua, onde está localizada a rede de saneamento. A casa precisará se adaptar ao terreno, seguindo suas curvas de nível, e não o contrário. O objetivo é minimizar o movimento de terra e reduzir a construção de muros de arrimo.

Nos terrenos em declive, ou seja, aqueles que descem e ficam abaixo do nível da rua, são mais baratos no mercado, portanto o grande desafio é conduzir o esgoto da residência até a rede pública. O esgoto pode descer por gravidade até o fundo do terreno ou precisar ser bombeado até a frente da rua. Portanto, a decisão deve considerar o destino do esgoto do imóvel. Basicamente, será necessário realizar terraplanagem para nivelar com a rua ou aproveitar a inclinação natural do terreno.

3.2 MCMV

Segundo a Caixa Econômica Federal (2024) o Programa Minha Casa, Minha vida (MCMV) é uma iniciativa habitacional do governo federal do Brasil, criado em 2009, que oferece subsídios e taxas de juros reduzidas para tornar mais acessível a aquisição de moradias populares, tanto em áreas urbanas quanto rurais, com o objetivo de combater o déficit habitacional no País. Desde a sua criação, o programa já entregou mais de 6 milhões de habitações.

3.3 Sistemas construtivos utilizados no Brasil

Cada sistema construtivo possui suas vantagens e desvantagens, e é crucial que o profissional responsável pela obra identifique o método mais adequado para cada situação específica.

3.3.1 Alvenaria convencional

Segundo CLETO E CARDOSO (2009) este método de construção envolve a utilização de blocos de concreto, tijolos cerâmicos ou outros materiais de alvenaria, os quais são unidos por argamassa para erguer as paredes. Caracterizada por sua simplicidade e versatilidade, a alvenaria convencional possibilita a edificação de uma ampla gama de estruturas, desde residenciais até comerciais e industriais. Adicionalmente, oferece boa resistência estrutural e durabilidade, o que a torna uma escolha popular em diversos contextos de construção.

Ainda de acordo com CLETO E CARDOSO (2009) é importante salientar que a construção utilizando alvenaria convencional apresenta algumas limitações. Por exemplo, o tempo necessário para a execução pode ser maior se comparado a sistemas construtivos mais modernos, como estruturas de aço ou concreto pré-fabricado. Além disso, a exigência de mão de obra qualificada e o uso intensivo de materiais podem impactar os custos e os prazos de construção.

Apesar dessas limitações, a alvenaria convencional continua a ser uma opção viável e popular em muitos projetos de construção, especialmente quando se valoriza a durabilidade e a resistência estrutural das edificações.

3.3.2 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que se destaca por utilizar blocos de alvenaria como elemento principal de suporte da edificação, dispensando estruturas de concreto armado ou metálicas. Nesse método, os blocos de alvenaria, frequentemente de concreto ou cerâmica, assumem a responsabilidade de suportar as cargas verticais e horizontais da construção. (PRUDÊNCIO JR.; OLIVEIRA E BEDIN, 2002).

Este sistema construtivo oferece várias vantagens, incluindo a redução de custos, rapidez na execução, menor necessidade de mão de obra especializada, boa resistência sísmica e capacidade de proporcionar isolamento térmico e acústico. Porém, requer um projeto detalhado e cuidadoso para garantir a estabilidade e segurança da estrutura, além de apresentar algumas limitações em relação à flexibilidade de layout.

Em síntese, a alvenaria estrutural representa uma alternativa eficiente e econômica para diversos tipos de edificações, especialmente aquelas de médio e pequeno porte, onde suas vantagens podem ser plenamente exploradas.

3.3.3 Estrutura de concreto armado

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023) a Estrutura de Concreto Armado é um sistema construtivo amplamente utilizado na construção civil, caracterizado pelo uso combinado de concreto e armaduras de aço para suportar cargas e garantir a estabilidade das edificações. Neste método, o concreto é empregado como material de preenchimento e compressão, enquanto o aço é utilizado para resistir a esforços de tração, complementando as propriedades do concreto.

Este sistema construtivo oferece diversas vantagens, como a versatilidade de formas e dimensões, permitindo a construção de estruturas complexas e adaptáveis a diferentes tipos de projetos arquitetônicos. Além disso, a durabilidade e resistência do concreto armado o tornam adequado para diversas condições ambientais e de uso.

No entanto, a execução de estruturas de concreto armado requer mão de obra especializada e acompanhamento técnico adequado para garantir a qualidade e segurança da obra. Além disso, o tempo necessário para cura do concreto pode prolongar o prazo de execução, e o custo inicial pode ser mais elevado em comparação com sistemas construtivos alternativos.

Em suma, a Estrutura de Concreto Armado representa um sistema construtivo consolidado e confiável, amplamente utilizado em projetos de construção devido à sua versatilidade, resistência e durabilidade.

3.3.4 Estrutura metálica

A Estrutura Metálica é um sistema construtivo que utiliza perfis de aço como elemento principal para suportar as cargas da edificação. Neste método, os elementos estruturais são fabricados em aço, como vigas, pilares e treliças, e são montados no local da construção de acordo com o projeto especificado, segundo a NBR 8800 (ABNT, 2008).

Este sistema construtivo oferece diversas vantagens, como alta resistência estrutural, leveza, durabilidade e rapidez na execução. Devido à sua capacidade de suportar grandes vãos e cargas elevadas com menor peso em comparação com outros materiais, a estrutura metálica é frequentemente utilizada em projetos que exigem grandes vãos livres, como galpões industriais, centros esportivos e edifícios comerciais.

Além disso, a precisão dimensional dos componentes metálicos permite uma montagem mais rápida e precisa, resultando em prazos de construção mais curtos e redução de desperdícios. A versatilidade dos perfis de aço também oferece flexibilidade de projeto, possibilitando a criação de estruturas arquitetônicas complexas e inovadoras.

No entanto, alguns desafios associados à estrutura metálica incluem a necessidade de proteção contra corrosão, através de revestimentos ou tratamentos específicos, e a dependência de mão de obra qualificada para a fabricação e montagem dos elementos metálicos.

Em resumo, a estrutura metálica é um sistema construtivo eficiente e amplamente utilizado em projetos que demandam rapidez, leveza e versatilidade, proporcionando soluções arquitetônicas e estruturais diversificadas e de alta qualidade.

3.3.5 Concreto pré-fabricado

O sistema construtivo de Concreto Pré-fabricado consiste na produção de elementos estruturais, como lajes, vigas, pilares e painéis, fora do local de construção principal, em uma fábrica ou central de produção, antes de serem transportados e montados no local da obra. Esses elementos são fabricados sob condições controladas, utilizando moldes e técnicas específicas para garantir qualidade e precisão dimensional. (CORBIOLI, 2001)

Este sistema construtivo oferece diversas vantagens significativas. Em primeiro lugar, a fabricação em ambiente controlado permite uma maior qualidade e uniformidade dos elementos, reduzindo a incidência de defeitos e aumentando a durabilidade da estrutura. Além disso, a produção em série de elementos pré-fabricados pode resultar em economia de tempo e redução de custos, especialmente em projetos de grande escala.

Outra vantagem importante é a rapidez na execução da obra. Como os elementos pré-fabricados chegam ao local de construção prontos para serem instalados, o tempo necessário para montagem é significativamente reduzido em comparação com sistemas construtivos tradicionais. Isso permite acelerar o cronograma da obra e reduzir os impactos ambientais e inconvenientes associados à construção.

Além disso, o Concreto Pré-fabricado oferece flexibilidade de projeto, possibilitando a criação de estruturas arquitetônicas complexas e personalizadas. Os elementos pré-fabricados podem ser projetados para atender a uma variedade de requisitos estéticos e funcionais, contribuindo para a diversidade e inovação no design arquitetônico.

No entanto, é importante considerar alguns desafios associados ao uso de Concreto Pré-fabricado, como a necessidade de planejamento cuidadoso e coordenação entre fabricantes, transportadores e montadores para garantir a integridade e segurança da estrutura. Além disso, a logística de transporte e manuseio de elementos pré-fabricados requerem equipamentos especializados e mão de obra qualificada.

Em resumo, o sistema construtivo de Concreto Pré-fabricado é uma opção eficiente e versátil para uma ampla gama de projetos de construção, oferecendo benefícios como qualidade, rapidez, economia e flexibilidade de design.

3.4 Topografia do terreno

A Topografia é uma disciplina que se desdobra em diversas áreas, sendo o Levantamento Topográfico uma delas. Este tipo de levantamento tem como objetivo principal representar as características da superfície de um terreno, bem como as dimensões dos lotes, fornecendo dados confiáveis que, quando interpretados e manipulados, contribuem para projetos arquitetônicos e de implantação. (BORGES, 1992)

Segundo BORGES (1992) levantamento topográfico é um conjunto de operações destinadas a determinar a posição relativa de pontos na superfície terrestre. Essas determinações são obtidas por meio de medidas de ângulos e distâncias, que conectam pontos descritores dos objetos a serem representados, e posteriormente são processadas em modelos matemáticos adequados. Os resultados desses levantamentos geralmente são apresentados por meio de desenhos de curvas de nível e perfis.

Os Levantamentos Topográficos podem ser subdivididos em diferentes categorias, sendo as principais os levantamentos planimétricos adquiridos em campo, que determinam as projeções horizontais, ou seja, as coordenadas X dos pontos do terreno. Os levantamentos altimétricos, por sua vez, estão focados em determinar as alturas no relevo do solo, esses levantamentos estudam os procedimentos de distâncias verticais (coordenadas Y), diferenças de nível e ângulos verticais. Já levantamentos planialtimétricos unificam os aspectos dos levantamentos planimétricos e altimétricos, determinando tanto as projeções horizontais quanto as verticais dos pontos do terreno.

Existem variadas classificações topográficas que um terreno pode apresentar, sendo elas planas, aclives, declives, onduladas em encostas dentre outras. Um terreno plano é caracterizado por uma superfície nivelada, sem grandes variações de elevação. Por outro lado, um aclive descreve um terreno com uma inclinação ascendente em relação ao plano horizontal, indicando uma elevação gradual. Em contraste, um declive refere-se a um terreno com uma inclinação descendente em relação ao plano horizontal, sugerindo uma descida gradual. Quando se trata de uma topografia ondulada, o terreno exhibe elevações e depressões suaves, sem apresentar mudanças bruscas de altitude. Por fim, um terreno em encosta é aquele que acompanha o declive de uma encosta ou montanha, destacando-se pela inclinação perceptível que segue o relevo natural da área.

3.4.1 Movimento de terra

A etapa de compactação e nivelamento é fundamental antes da execução de qualquer obra, adaptando-se conforme as características do relevo do terreno. A terraplenagem, como também é chamado, consiste em preencher os vazios de um terreno com terra, é uma técnica amplamente empregada na construção civil. Este processo está intimamente ligado à tarefa de nivelar o terreno, uma prática comum em diversas obras, como rodovias, aeroportos, edifícios e ferrovias. Cada tipo de relevo requer métodos específicos, levando em conta sua classificação e desnível. A análise da compactação leva em consideração cálculos, custos e máquinas apropriadas para a realização do trabalho. (GALEGO, 2021)

A terraplenagem manual apresenta um rendimento significativamente inferior ao da mecanizada, o que resulta em lentidão nos trabalhos. Antigamente, esse processo dependia de mão de obra barata e animais para transporte, utilizando ferramentas como pás, picaretas e carroças ou vagonetas. Com o avanço da tecnologia, a mão de obra tornou-se mais escassa e cara, inviabilizando seu uso para grandes construções. O maquinário mecanizado, embora inicialmente caro, possibilitava uma produtividade muito maior, tornando sua aquisição vantajosa em comparação com a mão de obra manual. Assim, a terraplenagem manual é pouco utilizada nos dias de hoje, especialmente em obras de grande porte. (GALEGO, 2021)

A terraplenagem mecanizada surgiu como resposta à escassez e ao encarecimento da mão de obra, aproveitando a eficiência dos equipamentos para aumentar a produtividade e competir em termos de preço. Atualmente, as grandes obras demandam o uso de equipamentos modernos, cada um com sua função específica. Tratores de lâmina, moto-scrapers, escavadeiras, perfuratrizes e compressores são utilizados para escavação de solos e rochas. Retroescavadeiras, carregadeiras e caminhões são empregados na extração e transporte de materiais. Motoniveladoras, caminhões-tanque e grades de disco são utilizados para espalhamento, umedecimento, mistura e homogeneização de solos. A compactação é realizada por meio de tratores compactadores, rolos de pneu e rolos lisos vibratórios. Para os serviços auxiliares de pavimentação, tratores de pneus e retroescavadeiras são utilizados, conforme informações do manual de Implantação Básica do DNER (1996).

3.5 Classificação dos Solos

Existem três principais tipos de solos: granulares, coesivos e orgânicos. Os solos granulares são compostos por pedras, pedregulhos, cascalhos e areias, consistindo em partículas maiores que não se aderem umas às outras quando secas, tornando-se altamente permeáveis. Por outro lado, os solos coesivos possuem espaços vazios entre as partículas muito pequenos, formando uma estrutura resistente à penetração da água, o que faz com que ela seja absorvida lentamente e difícil de ser extraída depois de penetrada no solo. Já os solos orgânicos são compostos por matéria orgânica, resultante da decomposição de material vegetal, animal e de microrganismos. (GALEGO E DE MARCO, 2021)

A classificação dos solos é essencial para o processo de terraplenagem, pois ajuda a identificar os materiais presentes no solo e determinar quais equipamentos serão necessários para sua compactação, assegurando a estabilização do terreno de forma segura. Além disso, é crucial para o processo de construção e pavimentação, onde os tipos de fundações são definidos para absorver o impacto e as cargas que o solo receberá ao longo do tempo. (GALEGO E DE MARCO, 2021)

3.5.1 Estabilização Granulométrica

Segundo GALEGO E DE MARCO (2021) é fundamental avaliar a necessidade de estabilizar o solo para melhorar suas propriedades e comportamento sob a perspectiva da Engenharia Civil. A estabilização consiste em adicionar um elemento, chamado estabilizante, para aprimorar suas características geotécnicas. Isso inclui o aumento da resistência à deformação, a redução da compressibilidade e da sensibilidade a variações externas, especialmente à umidade, além de possibilitar o controle da permeabilidade do solo.

Esses conceitos descrevem o processo de estabilização granulométrica ou mecânica. Ele enfatiza que a estabilidade do solo requer uma distribuição adequada de materiais grosseiros, possivelmente combinados com certo teor de ligante argiloso. A estabilização granulométrica é amplamente aplicada em estradas e pavimentos.

Além disso, é importante considerar o limite de liquidez (a umidade na qual o solo se torna plástico) e o limite de plasticidade (a capacidade do solo de ser moldado, sob certas condições de umidade, sem alteração de volume) para garantir uma maior estabilidade do solo.

3.5.2 Serviços Preliminares

Os serviços preliminares englobam o conjunto de atividades necessárias para preparar o terreno antes do início da obra. Estes serviços também contribuem para a preparação do local, uma vez que, em muitos casos, é necessário remover construções antigas, vegetação ou outros obstáculos presentes no terreno.

De acordo com Duarte (2012), para dar início a qualquer obra, é essencial que o terreno esteja devidamente preparado tanto para a execução do projeto quanto para a instalação do canteiro de obras. Essa preparação envolve não só a organização dos espaços, mas também a limpeza completa do local, garantindo que ele esteja seguro, limpo e organizado para a chegada e o armazenamento de materiais e equipamentos. Assim, assegura-se que a obra possa ser realizada de forma eficiente e dentro do prazo.

O serviço de limpeza do terreno inclui todas as atividades de desmatamento, destocamento, remoção de restos de raízes misturadas ao solo, retirada de solo orgânico, entulhos e quaisquer materiais que possam impedir a implantação do empreendimento. Após a remoção dos entulhos, o descarte deve ser feito em locais apropriados, utilizando-se equipamentos adequados e seguindo rigorosamente as normas de segurança estabelecidas pela NR18, para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores envolvidos no processo.

3.6 Locação da obra

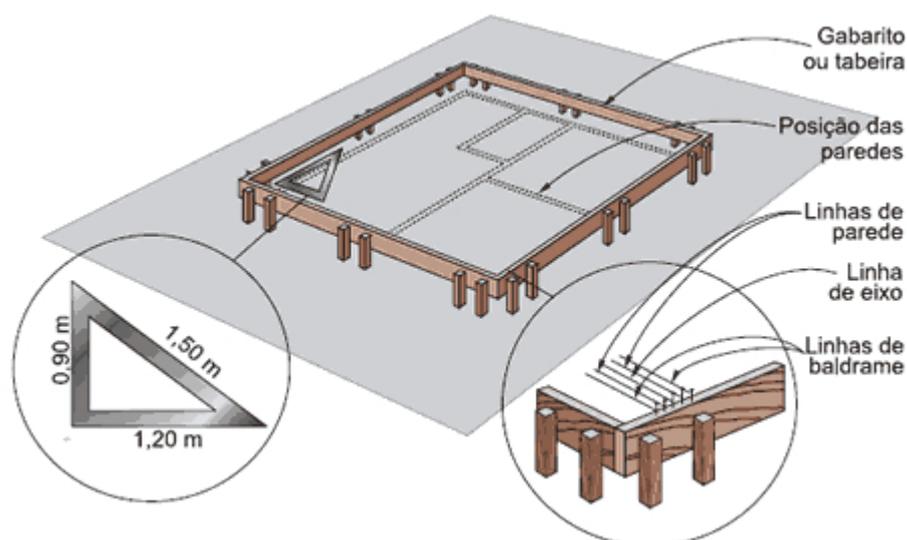
O processo da locação da obra no terreno começa com um levantamento preliminar que se baseia no levantamento topográfico da superfície. Em seguida, é realizado um levantamento para o projeto, que detalha todas as informações necessárias para a execução da obra. Após isso, ocorre o levantamento de controle para confirmar os dados obtidos. Por fim, é feita a locação da obra, que marca os pontos estratégicos no terreno, incluindo divisões de lotes, o que possibilita o início da construção. (COSMATRI, 1994)

A locação de obra é crucial para garantir a precisão na execução do projeto. Erros nesse processo podem levar a falhas durante a construção. Os pontos definidos no projeto servem como base para a locação, onde são calculadas direções e distâncias em relação aos marcos de referência. Geralmente, são usadas apenas as coordenadas planas dos pontos, exceto em casos de escavação, onde as cotas e altitudes também são consideradas.

As técnicas mais comuns de locação incluem o sistema polar, que utiliza ângulos e distâncias em relação a uma linha de referência, as coordenadas (X, Y e/ou Z), que permitem a localização direta dos pontos no campo, e a interseção, que consiste em marcar pontos ao longo de um alinhamento com distâncias constantes entre eles. (MELO, 2012)

Além disso, existe o método tradicional, que dispensa o uso de instrumentos topográficos e emprega tábuas, ripas ou cavaletes cravados no solo e esquadros para demarcar a área a ser locada (Figura 1). Em resumo, a locação de obra é uma etapa crucial que direciona todo o processo de construção, garantindo a precisão e a qualidade do projeto final.

Figura 1 - Marcação do gabarito na locação de obra.



Fonte: (Faz Fácil, 2013)

3.7 Terrenos Acidentados

A superfície terrestre, conhecida como litosfera, é o ambiente em que habitamos e exibe uma vasta diversidade de formas, caracterizando o relevo brasileiro. Esse relevo é resultado da interação complexa entre diversos processos geológicos, como a movimentação das placas tectônicas. Além disso, o intemperismo desempenha um papel crucial na transformação do relevo, sendo influenciado por fatores climáticos como chuva, vento e variações de temperatura. (ROSS, 2005)

É importante ressaltar também a contribuição significativa de agentes erosivos naturais, como rios, mares e geleiras, na escultura do relevo. Os rios, ao longo de milênios, desempenham um papel fundamental na criação de vales e desfiladeiros através da erosão e do transporte de sedimentos. Os mares, por sua vez, moldam as costas e promovem a formação de falésias e praias por meio da ação das ondas e das correntes marítimas. As geleiras, embora menos presentes no contexto brasileiro, têm um impacto significativo em regiões de alta latitude, esculpindo vales e montanhas através da sua movimentação lenta ao longo do tempo.

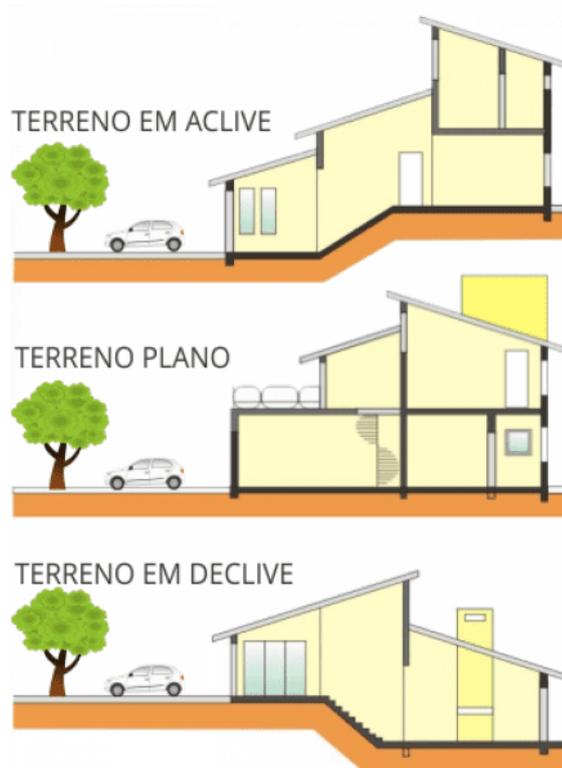
Esses processos naturais interagem de maneira complexa e contínua, moldando o relevo ao longo de milhões de anos e contribuindo para a diversidade de paisagens encontradas no Brasil e em todo o mundo.

3.7.1 Classificação

O relevo brasileiro foi classificado pela primeira vez em 1940 por Aroldo de Azevedo, considerando cotas altimétricas. Assim definiu-se diferenças entre planícies e planaltos, onde respectivamente apresentam processos de erosão e sedimentação.

Quanto à inclinação do terreno, este pode estar em aclave ou declive. Em áreas de aclave, o terreno encontra-se elevado em relação ao nível da rua, enquanto em áreas de declive, ele está situado abaixo do nível da rua, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Inclinações do terreno



Fonte: (FabriLar, 2020)

3.7.2 Vantagens e Desvantagens

Os terrenos com topografia acidentada apresentam vantagens e desvantagens dependendo de sua utilização. Por exemplo, um terreno em declive pode não ser ideal para a construção de um edifício que não demande circulação vertical, mas pode ser favorável para outras finalidades.

Geralmente, terrenos acidentados implicam em despesas adicionais com movimentação de terra, estruturas de contenção, como muros de arrimo, e fundações mais complexas. Eles também podem exigir a implementação de sistemas de drenagem para lidar com o escoamento de água pluvial e esgoto, além de dificultar o aproveitamento total da área disponível.

No entanto, há vantagens a serem consideradas, como a possibilidade de desfrutar de vistas privilegiadas, explorar mais criativamente o projeto arquitetônico e aproveitar a iluminação e ventilação naturais. Em muitos casos, os terrenos acidentados podem ter um custo

por metro quadrado inferior em comparação com terrenos planos, o que pode compensar os custos adicionais associados à construção nessas áreas.

3.8 Sistemas estruturais para edificação em terrenos acidentados

A seleção de um terreno deve considerar diversos aspectos, incluindo a topografia, a tipologia da edificação, o sistema construtivo, o tipo de solo, a orientação solar e uma análise do ambiente circundante. Além disso, é crucial realizar um estudo detalhado dos custos da obra para avaliar sua viabilidade. (MILITÃO E CARVALHO; 1996)

Terrenos com relevo acidentado, seja em aclave, declive ou misto, apresentam desafios devido aos grandes desníveis. Uma abordagem comum é o aterramento, que envolve custos elevados devido à necessidade de construção de muros de arrimo. Uma alternativa mais inteligente é aproveitar o desnível do terreno e buscar soluções criativas para a construção da edificação, o que muitas vezes oferece oportunidades para projetos inovadores e fantásticos.

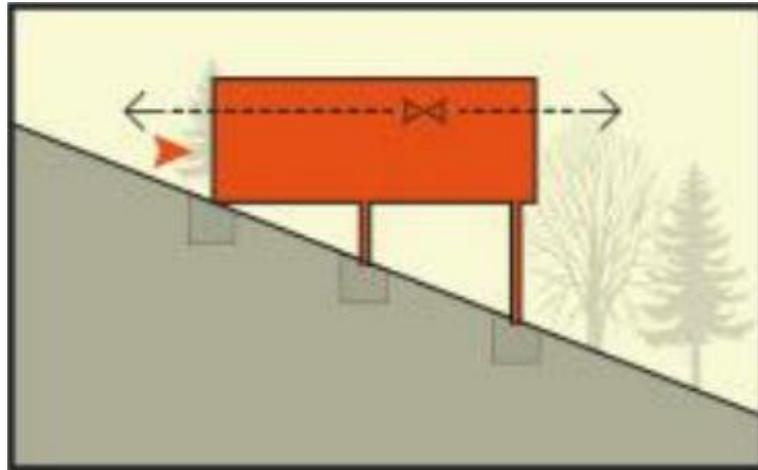
A análise do solo é fundamental, pois influencia diretamente a escolha do sistema construtivo. Dependendo das características do solo, pode ser necessário reforçar a estrutura, implementar drenagem adicional, realizar impermeabilização, entre outros aspectos, o que pode aumentar os custos da obra.

Não há um sistema construtivo universalmente ideal, mas é essencial selecionar o sistema mais adequado para cada situação específica, levando em conta todos os fatores mencionados anteriormente.

3.8.1 Edificação elevada sobre pilotis

O sistema construtivo de pilotis é caracterizado pela sustentação de uma edificação por meio de uma grelha de pilares em seu pavimento térreo. Esse método minimiza o impacto sobre o terreno original, requerendo menos cortes e possibilitando a criação de grandes aberturas para ventilação e iluminação. (Figura 3)

Figura 3 - Edificação elevada do solo sobre pilotis

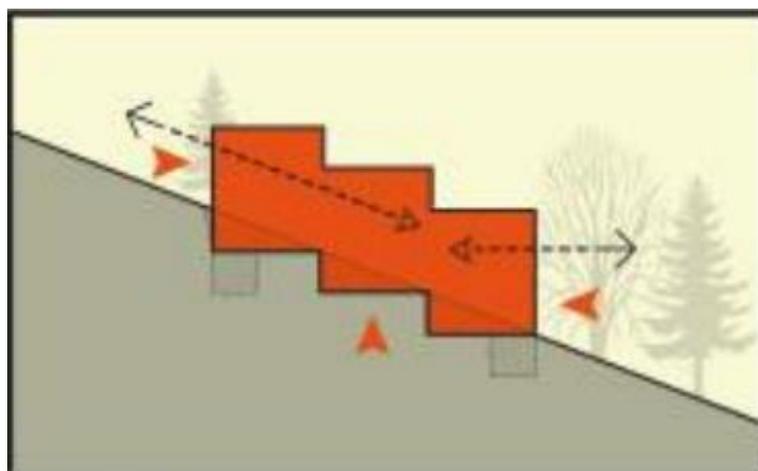


Fonte: (Alta Arquitetura, 2015)

3.8.2 Edificação em cascata

O sistema de construção em cascata é aquele em que a edificação segue a topografia natural do terreno, resultando em mínima interferência no mesmo. Isso se traduz em pouca movimentação de terra, poucos cortes e acesso facilitado a todos os pavimentos. (Figura 4)

Figura 4 - Edificação em cascata

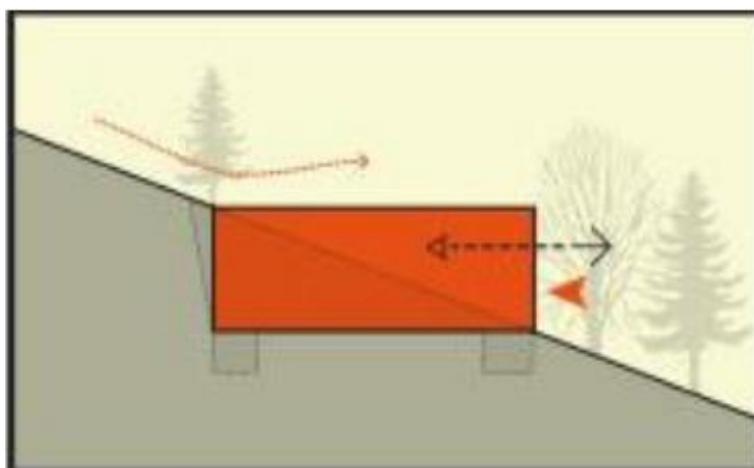


Fonte: (Alta Arquitetura, 2015)

3.8.3 Edificação implantada sobre platô escavado

Apesar da necessidade de um grande volume de cortes e das limitações, como a dificuldade de acesso e a restrição das aberturas para ventilação e iluminação, é possível identificar algumas vantagens no método. Entre elas está o isolamento térmico natural proporcionado pelo posicionamento da edificação rente à terra, bem como o aproveitamento da área superior da construção. (Figura 5)

Figura 5 - Edificação implantada sobre platô escavado

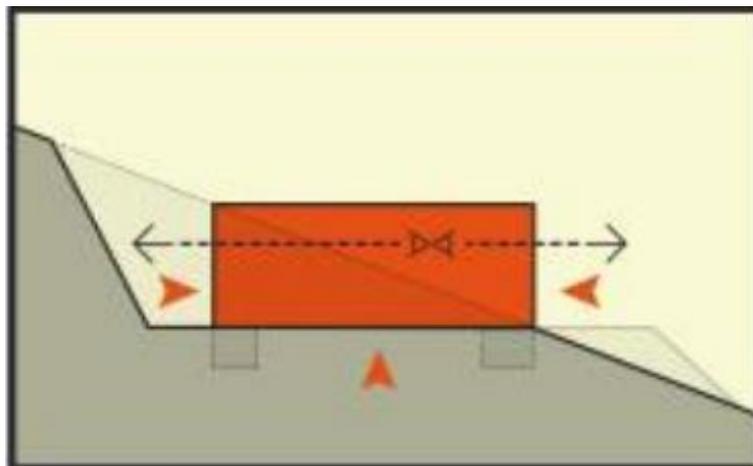


Fonte: (Alta Arquitetura, 2015)

3.8.4 Edificação implantada sobre platô criado por corte

Assim como no método mencionado anteriormente, a construção implantada sobre um platô também gera um impacto considerável no terreno, exigindo um grande volume de corte. Além disso, é necessário implementar sistemas de contenção e drenagem de água para lidar com as características do local. No entanto, uma vantagem desse método é a possibilidade de aproveitar o terreno para ampliar a área útil da construção. (Figura 6)

Figura 6- Edificação implantada sobre platô criado por corte



Fonte: (Alta Arquitetura, 2015)

3.9 Fundações

As fundações desempenham um papel essencial na construção civil, sendo responsáveis por transmitir as cargas da estrutura da edificação para o solo de maneira segura e estável. Elas são projetadas para distribuir eficientemente o peso da construção, garantindo a estabilidade e durabilidade ao longo do tempo. (BRITO,1987)

Existem diversos tipos de fundações, cuja escolha depende de fatores como características do solo, tipo de estrutura, condições climáticas e requisitos normativos e de segurança. Alguns dos tipos comuns incluem fundações rasas, como sapatas e blocos de coroamento, e fundações profundas, como estacas e tubulões. (BRITO,1987)

É imprescindível realizar estudos geotécnicos e sondagens do solo para determinar suas características e garantir a escolha adequada da fundação. Um projeto de fundações bem elaborado é crucial para assegurar a estabilidade e segurança da construção, prevenindo problemas como recalques, fissuras e colapsos estruturais ao longo do tempo. (BRITO,1987)

Segundo BRITO,1987, o custo de fundações adequadamente projetadas geralmente representa de 3% a 10% do custo total do edifício. No entanto, se forem mal concebidas e projetadas, essas despesas podem aumentar para até 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada para o contexto específico.

3.9.1 Fundações rasas

A fundação rasa ou superficial é responsável por distribuir as tensões sobre a base de fundação. Recebe esse nome devido à sua profundidade, que é inferior a duas vezes sua menor dimensão, geralmente limitada a um máximo de 3,00 metros abaixo do nível do piso. (ALONSO, 1983)

Essas fundações, também conhecidas como fundações diretas, são empregadas em projetos de baixa complexidade ou com baixas demandas de carga. Elas são instaladas nas camadas superficiais do solo, dispensando o uso de equipamentos especiais para escavação ou cravação. (ALONSO, 1983)

Ainda segundo (ALONSO, 1983) fundações rasas se dividem em sapatas (sapata corrida, sapata isolada e sapata associada), bloco, radier e viga baldrame.

3.9.2 Fundações profundas

As fundações profundas são aquelas em que a carga da superestrutura é transferida para a fundação principalmente através da resistência da base, da resistência lateral ou de ambas. Essas fundações são instaladas em uma profundidade superior ao dobro da menor dimensão em planta e, no mínimo, 3 metros, a menos que haja uma justificativa válida para uma profundidade menor. (SANTOS,2024)

Segundo a NBR 6122:2022, existem vários tipos de fundações profundas, cada um projetado para atender às necessidades específicas de uma construção. Alguns dos tipos mais comuns incluem estacas tipo Franki, que são moldadas in loco através da cravação de um tubo metálico com uma ponta especial em forma de sino e são comumente utilizadas em solos resistentes; estacas hélice contínua, que são moldadas in loco por meio de perfuração contínua com uma hélice na ponta e são adequadas para solos coesivos e granulares; estacas pré-moldadas de concreto, que são fabricadas fora do local de construção e cravadas no solo, podendo apresentar formatos variados e serem empregadas em diversos tipos de solo; tubulões a céu aberto, que consistem em grandes poços escavados manualmente ou com equipamentos até atingir a camada resistente do solo, onde é colocado concreto para formar a base da fundação; tubulões a ar comprimido, semelhantes aos tubulões a céu aberto, porém, a escavação é realizada sob pressão de ar comprimido para prevenir a entrada de água e permitir trabalhar em grandes profundidades; e cravação de estacas metálicas, onde estacas metálicas são cravadas

no solo por meio de martelos hidráulicos ou vibratórios, oferecendo uma solução rápida e eficaz para solos firmes.

3.9.3 Critérios de escolhas para as fundações

Para escolhas do tipo de fundação adequado, é essencial inicialmente examinar as características do solo local, incluindo sua resistência à compressão, geralmente avaliada por meio de análises de SPT (Sondagem a Percussão). Em seguida, é crucial considerar as cargas impostas pela superestrutura para determinar a compatibilidade com o solo. Além disso, é recomendável avaliar a disponibilidade de mão de obra local especializada, pois em algumas situações pode haver escassez de profissionais capacitados para executar o tipo de fundação escolhido. Também é importante analisar as condições técnicas dos edifícios adjacentes e garantir que o orçamento da obra seja viável.

A sondagem é realizada com um equipamento que tem quatro pernas, semelhante a um tripé. Um peso padrão de 65 kgf é deixado cair de uma altura de 75 cm para penetrar um tubo de aço no solo. Este tubo é chamado de amostrador Terzaghi, com diâmetro externo de 2 polegadas e diâmetro interno de $1 \frac{3}{8}$ polegada. O amostrador é conectado a uma haste de 1 polegada que é estendida através de rosqueamento à medida que o amostrador é empurrado mais fundo no solo. O amostrador consiste em duas metades, que podem ser abertas para inspecionar o solo coletado. (RABELLO, 2008, p.28)

3.10 Muros de Arrimo

Estruturas de contenção são essenciais na engenharia civil para manter o equilíbrio de maciços de solo ou rocha, quando este é alterado por forças que podem causar deformações excessivas ou até mesmo colapso. Essas estruturas devem suportar as pressões laterais (empuxo) do material a ser contido, garantindo a segurança do talude (SOUZA, 2013).

Assim, é fundamental que os locais topográficos sejam previamente estudados, proporcionando o conhecimento necessário para um planejamento seguro da obra, com cálculos e execução que previnam deslizamentos e futuros desastres. Na engenharia, uma solução eficaz para a contenção de solo é a construção de muros de arrimo, que oferecem maior estabilidade para evitar que a terra ceda.

Na verificação de um muro de arrimo, independentemente de sua seção, é necessário investigar as seguintes condições de estabilidade: tombamento, deslizamento da base, capacidade de carga da fundação e ruptura global (GERCOVICH, 2010).

Portanto, os engenheiros civis precisam ter um conhecimento aprofundado sobre a estabilidade em relação ao deslizamento, tombamento e ruptura do solo de fundação, especialmente considerando que desastres naturais são frequentemente reportados pela mídia. Este fator é extremamente relevante, pois além das muitas vidas perdidas, esses desastres acarretam prejuízos econômicos, ambientais e sociais significativos.

Os muros de arrimo são essenciais para a contenção de massas de solo, suportando pressões laterais provenientes de maciços de terra e água, e fornecendo suporte à superestrutura. Diversos materiais são utilizados na construção desses muros, sendo o bloco de concreto o mais comum na construção civil. Além disso, madeira, aço, pedra e métodos como solos armados, envelopados, grampeados ou reforçados com geotêxtil também são empregados.

A escolha do tipo de muro de arrimo depende da situação local. Para desníveis de 1,5 m a 5 m, são utilizados muros de contenção por gravidade, que podem ser feitos de pedras, concreto, gabiões ou pneus. Por outro lado, os muros de flexão, que são mais delgados e projetados para resistir a forças laterais, podem ser construídos com pedra seca, concreto armado, concreto ciclópico e solo-pneu.

3.10.1 Sistemas de drenagem

Um dos motivos mais frequentes para a queda de muros de arrimo é o acúmulo de água. A drenagem é crucial, pois a presença de uma linha freática na divisa aumenta significativamente o empuxo. Assim, o projeto de drenagem deve ser meticulosamente elaborado, considerando vazões excepcionais e a possibilidade de entupimento das redes, além da utilização de materiais duráveis para evitar manutenções a curto prazo. (BARROS, 2006)

Para prevenir esses problemas, é possível adotar medidas que reduzam a infiltração e a erosão causadas pelas chuvas nos taludes. Isso pode ser feito através da plantação de vegetação ou pela impermeabilização dos taludes com concreto.

Existem dois tipos de sistemas de drenagem: superficiais e subsuperficiais. Os sistemas de drenagem superficiais têm a função de captar e drenar as águas da superfície dos taludes. Os materiais utilizados variam conforme as condições dos taludes, podendo incluir canaletas

transversais, canaletas longitudinais do tipo escada, caixas coletoras, caixas de passagem (Figura 7) entre outros. (BARROS, 2006)

Figura 7- Drenagem Superficial



(a) Canaleta transversal

(b) Canaleta longitudinal

(c) caixa de passagem

Fonte: (GeoRio, 2009)

4 METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão bibliográfica abrangente, com extensa pesquisa em artigos, manuais e livros técnicos da área. Os dados coletados foram submetidos a uma análise crítica para selecionar os conteúdos mais relevantes.

Os estudos serão realizados através de um projeto arquitetônico e estrutural, desenvolvido através dos softwares Auto Cad, Revit e Cypecad, de uma residência unifamiliar nos padrões MCMV, para comparação da implantação do mesmo, em diferentes terrenos.

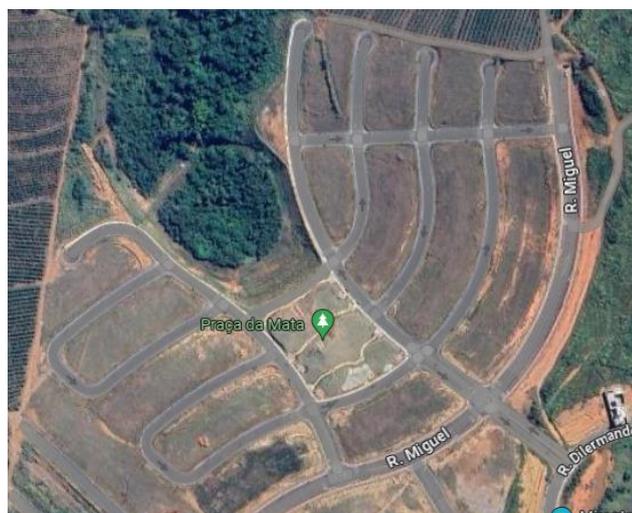
Os dados geotécnicos serão extraídos de sondagens de locais próximos, já as elevações dos terrenos retiradas dos perfis de elevação gerados pelo software Google Earth Pro.

Concluídos os projetos, os dados adquiridos serão formulados em planilhas através do Microsoft Excel, de acordo com o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) para comparativos de dados.

4.1 Local de estudo

Os terrenos escolhidos para estudo se localizam no bairro Praça da Mata em Varginha-MG (Figura 8). Um bairro planejado, com 308 lotes a partir 240 m² cada, totalizando uma área loteada de 225.154,80 m², e 40.457,61 m² de área verde. A maioria dos terrenos do bairro apresenta topografia acidentada, com aclives e declives significativos, sendo que lotes com área inferior a 300 m² possuem declividade máxima de 22%; terrenos com declividade maior exigem área mínima de 300 m² (TERIVA, 2019).

Figura 8 - Loteamento Praça da Mata



Fonte: (Google Maps,2024)

Foram escolhidos dois terrenos para realização do estudo de implantação, sendo um localizado na Rua 8, Quadra H, lote 2, com uma área de 241,25 m², sua frente com 10,71 m por 20 m de comprimento e 13,28 m no fundo, apresentando uma topografia em aclave, com 2,54 m de desnível (Figura 9).

Figura 9 - Lote 2, Quadra H



Fonte: O Autor (2024)

O outro se localiza na Rua 07, Quadra H, Lote 18, com área de 242,23 m², sua frente com 13,22 m por 20 m de comprimento e 10,87 m no fundo, apresentando uma topografia em declive, com 3,12 m de desnível (Figura 10). Ambos com valor comercial de R\$ 168.555,39.

Figura 10 - Lote 18, Quadra H

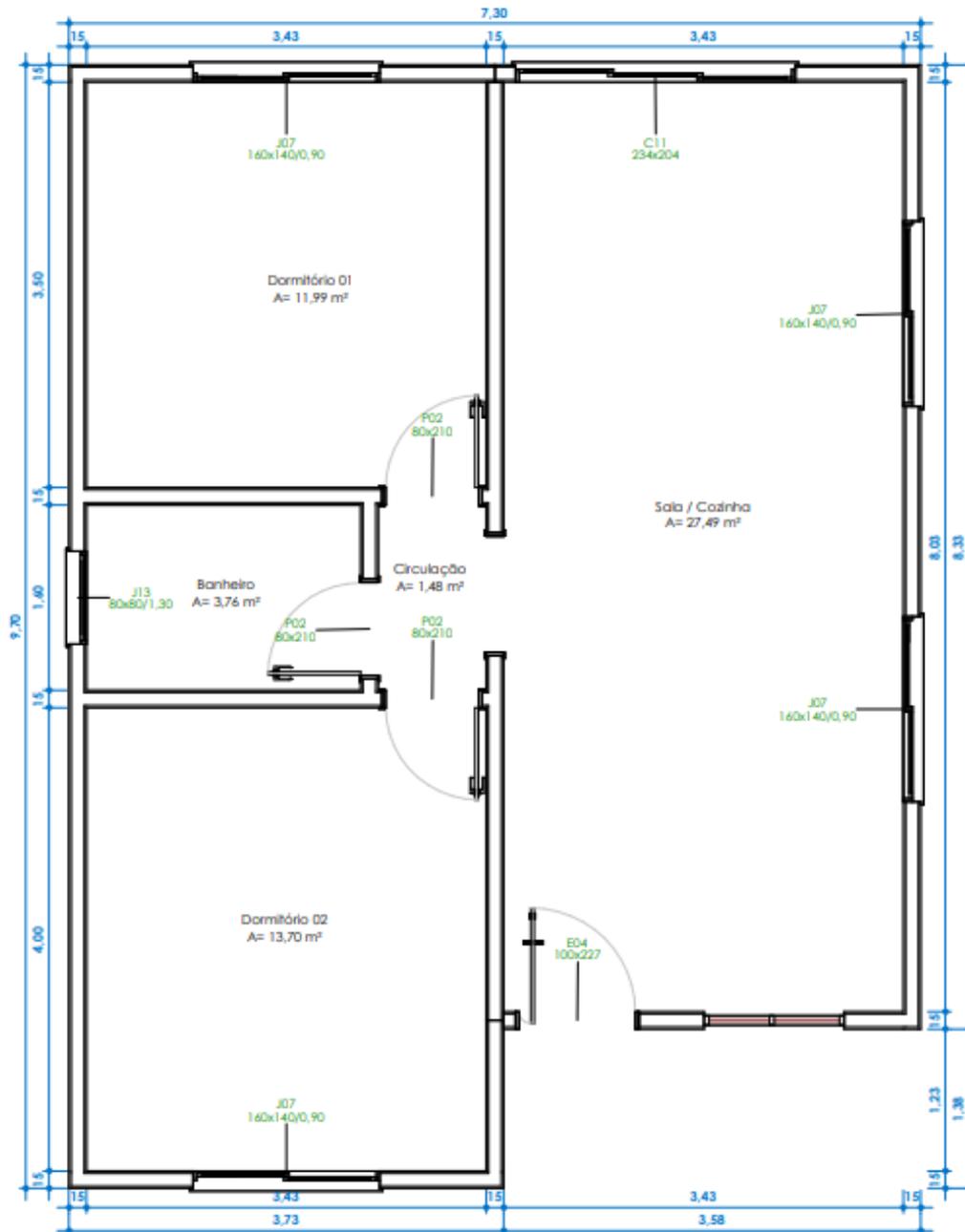


Fonte: O Autor (2024)

4.2 Edificação

A edificação a ser estudada para implantação nos terrenos estudados, é uma residência unifamiliar com 58,50 m² de construção, contendo dois dormitórios, um banheiro social, sala e cozinha (Figura 11).

Figura 11 - Planta baixa da edificação



Fonte: O Autor (2024)

A residência será implantada em ambos os terrenos, e serão analisados os métodos construtivos necessários para execução, no terreno em acrive será necessário a escavação, a execução de uma estrutura de arrimo nos fundos e a criação de um platô (Figura 12).

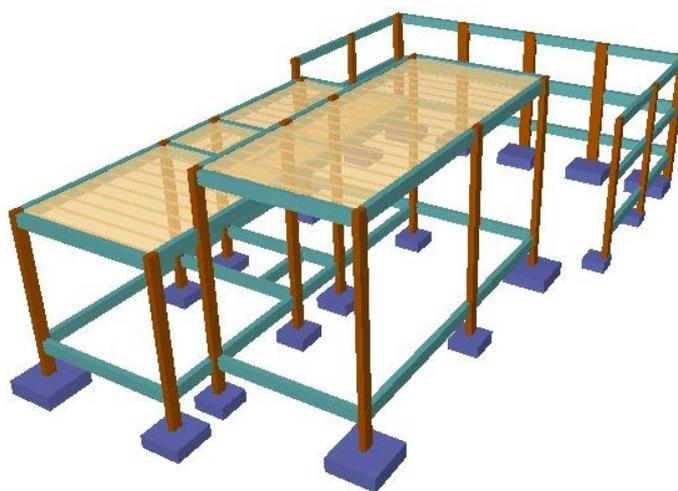
Figura 12 - Implantação da edificação no terreno em aclave



Fonte: O Autor (2024)

Após a modelagem arquitetônica no software Revit, os cálculos estruturais foram feitos a partir do software CypeCad.

Figura 13 – Modelagem 3D do sistema estrutural da implantação em aclave.



Fonte: O Autor (2024)

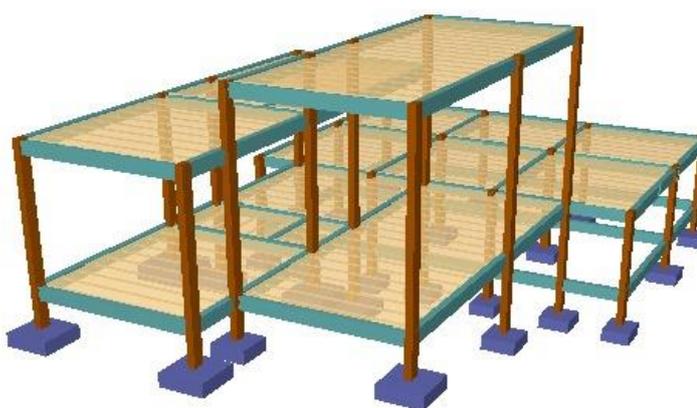
Enquanto no terreno em declive se usará a elevação por pilotis e a execução de uma laje em toda a área do terreno. (Figura 14).

Figura 14 - Implantação da edificação no terreno em declive



Fonte: O Autor (2024)

Figura 15 – Modelagem 3D do sistema estrutural da implantação em declive.



Fonte: O Autor (2024)

5 RESULTADOS

5.1 Custos da implantação no terreno em active

Quadro 1 – Planilha de custos da implantação em active

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 9.585,94
1.1	Ligações provisórias (água/luz) + Projetos/aprovações	und	1,00	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00
1.2	Locação da obra com gabarito de madeira	m²	58,50	R\$ 69,00	R\$ 4.036,50
1.3	Limpeza inicial de terreno para implantação da obra	m²	241,25	R\$ 4,35	R\$ 1.049,44
2	MOVIMENTO DE TERRA				R\$ 4.045,50
2.1	Escavação mecanizada com corte de material de 1ª categoria	m³	362,50	R\$ 9,50	R\$ 3.443,75
2.2	Transporte de material escavado para bota fora DMT até 5 Km	m³	362,50	R\$ 1,66	R\$ 601,75
3	FUNDAÇÃO				R\$ 12.166,01
3.1	Escavação manual de valas	m³	3,10	R\$ 80,73	R\$ 250,26
3.2	Lastro de brita	m³	0,42	R\$ 210,45	R\$ 88,39
3.3	Forma de chapa compensada 12mm	m²	26,83	R\$ 67,80	R\$ 1.819,07
3.4	Concreto fck 20 MPa usinado	m³	6,56	R\$ 799,09	R\$ 5.242,03
3.5	Armação com aço CA-50	kg	375,00	R\$ 12,71	R\$ 4.766,25
4	SUPERESTRUTURA E ESTRUTURA DE ARRIMO				R\$ 45.852,79
4.1	Forma para pilares, vigas e lajes em chapa compensada plastificada esp. 12mm, incluso escoramento	m²	152,36	R\$ 67,80	R\$ 10.330,01
4.2	Concreto fck 20 MPa usinado	m³	15,40	R\$ 799,09	R\$ 12.305,99
4.3	Armação com aço CA-50	kg	1.273,00	R\$ 12,71	R\$ 16.179,83
4.4	Laje Trelaçada	m²	58,50	R\$ 120,29	R\$ 7.036,97
5	ALVENARIA				R\$ 28.059,35
5.1	Alvenaria de bloco cerâmico furado 14x19x39cm, esp parede=14cm	m²	180,69	R\$ 155,29	R\$ 28.059,35
6	COBERTURA				R\$ 8.537,04

6.1	Estrutura metálica em perfis estruturais para sustentação do telhado	kg	162,30	R\$ 13,25	R\$ 2.150,48
6.2	Telha de fibrocimento ondulada E=4mm, de 2,44 x 0,50 m (sem amianto)	m ²	76,34	R\$ 44,33	R\$ 3.384,15
6.3	Rufo em chapa galvanizada 26 - corte 33cm	m	56,50	R\$ 53,14	R\$ 3.002,41
7	REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS				R\$ 18.724,68
7.1	Chapisco com argamassa cimento e areia 1:4, paredes	m ²	361,38	R\$ 8,10	R\$ 2.927,18
7.2	Emboço massa única com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia 1:2:9 para paredes externas e internas	m ²	361,38	R\$ 26,36	R\$ 9.525,98
7.3	Reboco de gesso em paredes internas	m ²	209,40	R\$ 29,95	R\$ 6.271,53
8	PISOS				R\$ 9.096,17
8.1	Regularização da base para contrapiso	m ²	58,50	R\$ 2,01	R\$ 117,59
8.2	Contrapiso em concreto 20 MPa dosado em obra, desempenado, esp. 6cm	m ²	58,50	R\$ 81,88	R\$ 4.789,98
8.3	Piso em porcelanato retificado, liso, monocolor, acetinado ou polido, formato menor ou igual a 2025 cm ²	m ²	58,50	R\$ 71,60	R\$ 4.188,60
9	PINTURA				R\$ 4.019,61
9.1	Pintura Latex acrílico paredes internas e externas (incluindo selador)	m ²	361,38	R\$ 9,25	R\$ 3.342,77
9.2	Pintura verniz acrílico para teto	m ²	58,50	R\$ 11,57	R\$ 676,85
10	ESQUADRIAS METÁLICAS				R\$ 9.890,07
10.1	Janelas 160x140 cm	unid	4,00	R\$ 364,09	R\$ 1.456,36
10.2	Portão basculante, manual, em aço galvanizado, chapa 26	m ²	9,00	R\$ 680,52	R\$ 6.124,68
10.3	Portão de abrir/giro, em gradil de metalon	m ²	3,90	R\$ 592,06	R\$ 2.309,03
11	ESQUADRIAS DE MADEIRA				R\$ 1.155,42
11.1	Porta lisa comum encabeçada dimensões 0,80x2,10	unid	3,00	R\$ 385,14	R\$ 1.155,42
12	VIDROS				R\$ 4.531,30
12.2	Vidros lisos comum 4mm	m ²	9,63	R\$ 470,54	R\$ 4.531,30
13	LOUÇAS E METAIS				R\$ 1.490,91
13.1	Bacia sanitária comum branco com assento plástico	und	1,00	R\$ 319,81	R\$ 319,81
13.2	Válvula para descarga	und	1,00	R\$ 389,51	R\$ 389,51

13.3	Torneira para bancada, Pressmatic ou similar	und	2,00	R\$ 77,62	R\$ 155,24
13.4	Pia de mármore sintético, com cuba central, com válvula, *0,55x1,80	und	1,00	R\$ 626,35	R\$ 626,35
14	DIVISÓRIAS E BANCADAS DE GRANITO				R\$ 287,10
14.1	Divisórias sanitárias em granito preto, polido ambas faces, esp.3cm	m²	0,80	R\$ 358,87	R\$ 287,10
15	INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				R\$ 10.607,13
15.1	Instalações Hidráulicas	und	1,00	R\$ 5.154,46	R\$ 5.154,46
15.2	Instalações de Esgoto e Águas pluviais	und	1,00	R\$ 5.452,67	R\$ 5.452,67
16	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				R\$ 5.456,67
16.1	Instalações elétricas e telefônicas	und	1,00	R\$ 5.456,67	R\$ 5.456,67
17	LIMPEZA				R\$ 1.351,00
17.1	Limpeza geral da edificação	m²	241,25	R\$ 5,60	R\$ 1.351,00
CUSTO TOTAL					R\$ 174.856,68

Fonte: O Autor (2024)

5.2 Custos da implantação no terreno em declive

Quadro 2– Planilha de custos da implantação em declive

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANT	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$ 9.585,94
1.1	Ligações provisórias (água/luz) + Projetos/aprovações	und	1,00	R\$ 4.500,00	R\$ 4.500,00
1.2	Locação da obra com gabarito de madeira	m²	58,50	R\$ 69,00	R\$ 4.036,50
1.3	Limpeza inicial de terreno para implantação da obra	m²	241,25	R\$ 4,35	R\$ 1.049,44
2	MOVIMENTO DE TERRA				R\$ -
2.1	Escavação mecanizada com corte de material de 1ª categoria	m³	-	R\$ 9,50	R\$ -
2.2	Transporte de material escavado para bota fora DMT até 5 Km	m³	-	R\$ 1,66	R\$ -
3	FUNDAÇÃO				R\$ 45.043,96
3.1	Escavação manual de valas	m³	18,35	R\$ 80,73	R\$ 1.481,40
3.2	Lastro de brita	m³	3,20	R\$ 210,45	R\$ 673,44

3.3	Forma de chapa compensada 12mm	m ²	83,70	R\$ 67,80	R\$ 5.674,86
3.4	Concreto fck 20 MPa usinado	m ³	27,50	R\$ 799,09	R\$ 21.974,98
3.5	Armação com aço CA-50	kg	1.199,00	R\$ 12,71	R\$ 15.239,29
4	SUPERESTRUTURA E ESTRUTURA DE ARRIMO				R\$ 44.045,02
4.1	Forma para pilares, vigas e lajes em chapa compensada plastificada esp. 12mm, incluso escoramento	m ²	56,65	R\$ 67,80	R\$ 3.840,87
4.2	Concreto fck 20 MPa usinado	m ³	7,67	R\$ 799,09	R\$ 6.129,02
4.3	Armação com aço CA-50	kg	960,00	R\$ 12,71	R\$ 12.201,60
4.4	Laje Trelaçada	m ²	181,84	R\$ 120,29	R\$ 21.873,53
5	ALVENARIA				R\$ 28.059,35
5.1	Alvenaria de bloco cerâmico furado 14x19x39cm, esp parede=14cm	m ²	180,69	R\$ 155,29	R\$ 28.059,35
6	COBERTURA				R\$ 8.537,04
6.1	Estrutura metálica em perfis estruturais para sustentação do telhado	kg	162,30	R\$ 13,25	R\$ 2.150,48
6.2	Telha de fibrocimento ondulada E=4mm, de 2,44 x 0,50 m (sem amianto)	m ²	76,34	R\$ 44,33	R\$ 3.384,15
6.3	Rufo em chapa galvanizada 26 - corte 33cm	m	56,50	R\$ 53,14	R\$ 3.002,41
7	REVESTIMENTO DE PAREDES E TETOS				R\$ 18.724,68
7.1	Chapisco com argamassa cimento e areia 1:4, paredes	m ²	361,38	R\$ 8,10	R\$ 2.927,18
7.2	Emboço massa única com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia 1:2:9 para paredes externas e internas	m ²	361,38	R\$ 26,36	R\$ 9.525,98
7.3	Reboco de gesso em paredes internas	m ²	209,40	R\$ 29,95	R\$ 6.271,53
8	PISOS				R\$ 8.978,58
8.1	Regularização da base para contrapiso	m ²	-	R\$ 2,01	R\$ -
8.2	Contrapiso em concreto 20 MPa dosado em obra, desempenado, esp. 6cm	m ²	58,50	R\$ 81,88	R\$ 4.789,98
8.3	Piso em porcelanato retificado, liso, monocolor, acetinado ou polido, formato menor ou igual a 2025 cm ²	m ²	58,50	R\$ 71,60	R\$ 4.188,60
9	PINTURA				R\$ 4.019,61
9.1	Pintura Latex acrílico paredes internas e externas (incluindo selador)	m ²	361,38	R\$ 9,25	R\$ 3.342,77
9.2	Pintura verniz acrílico para teto	m ²	58,50	R\$ 11,57	R\$ 676,85

10	ESQUADRIAS METÁLICAS				R\$ 9.890,07	
10.1	Janelas 160x140 cm	unid	4,00	R\$ 364,09	R\$ 1.456,36	
10.2	Portão basculante, manual, em aço galvanizado, chapa 26	m²	9,00	R\$ 680,52	R\$ 6.124,68	
10.3	Portão de abrir/giro, em gradil de metalon	m²	3,90	R\$ 592,06	R\$ 2.309,03	
11	ESQUADRIAS DE MADEIRA				R\$ 1.155,42	
11.1	Porta lisa comum encabeçada dimensões 0,80x2,10	unid	3,00	R\$ 385,14	R\$ 1.155,42	
12	VIDROS				R\$ 4.531,30	
12.2	Vidros lisos comum 4mm	m²	9,63	R\$ 470,54	R\$ 4.531,30	
13	LOUÇAS E METAIS				R\$ 1.490,91	
13.1	Bacia sanitária comum branco com assento plástico	und	1,00	R\$ 319,81	R\$ 319,81	
13.2	Válvula para descarga	und	1,00	R\$ 389,51	R\$ 389,51	
13.3	Torneira para bancada, Pressmatic ou similar	und	2,00	R\$ 77,62	R\$ 155,24	
13.4	Pia de mármore sintético, com cuba cetril, com válvula, *0,55x1,80	und	1,00	R\$ 626,35	R\$ 626,35	
14	DIVISÓRIAS E BANCADAS DE GRANITO				R\$ 287,10	
14.1	Divisórias sanitárias em granito preto , polido ambas faces, esp.3cm	m²	0,80	R\$ 358,87	R\$ 287,10	
15	INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS				R\$ 10.607,13	
15.1	Instalações Hidráulicas	und	1,00	R\$ 5.154,46	R\$ 5.154,46	
15.2	Intalações de Esgoto e Águas pluviais	und	1,00	R\$ 5.452,67	R\$ 5.452,67	
16	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS				R\$ 5.456,67	
16.1	Instalações elétricas e telefônicas	und	1,00	R\$ 5.456,67	R\$ 5.456,67	
17	LIMPEZA				R\$ 1.351,00	
17.1	Limpeza geral da edificação	m²	241,25	R\$ 5,60	R\$ 1.351,00	
CUSTO TOTAL					R\$ 201.763,78	

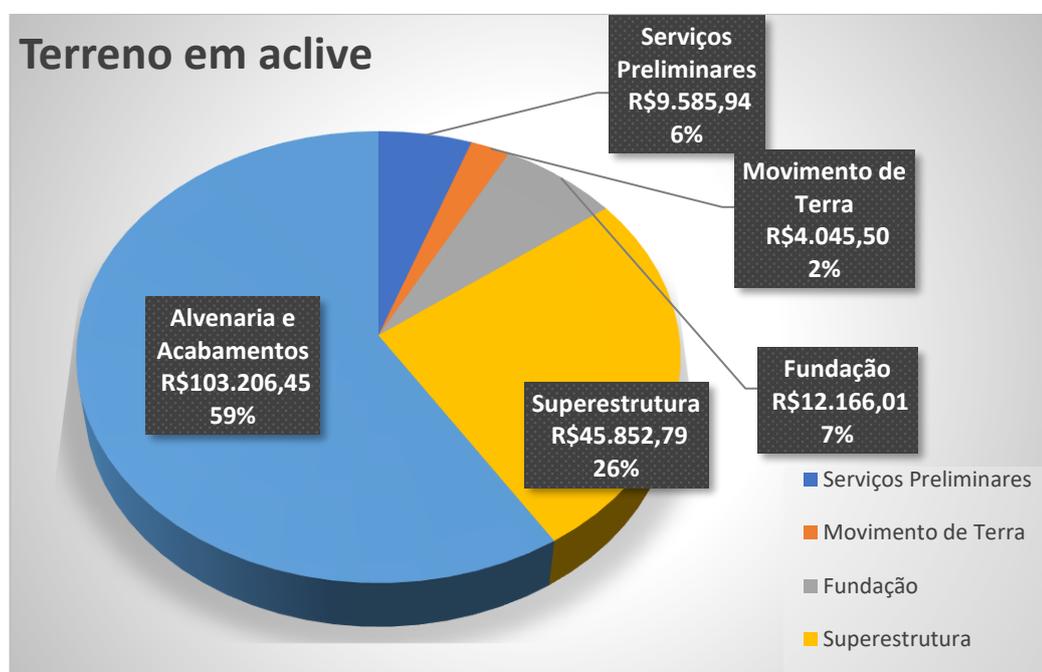
Fonte: O Autor (2024)

5.3 Comparativo dos resultados

De acordo com o cenário atual da construção civil no Brasil, torna-se fundamental realizar estudos comparativos de custos construtivos. Esses estudos são essenciais para garantir a viabilidade das obras de maneira econômica, sustentável e ágil.

A implantação no terreno aclave se mostrou mais econômica, por apresentar menores custos com sua fundação, que é representada por 7% do custo total da obra, conforme ilustrado no gráfico (Figura 16).

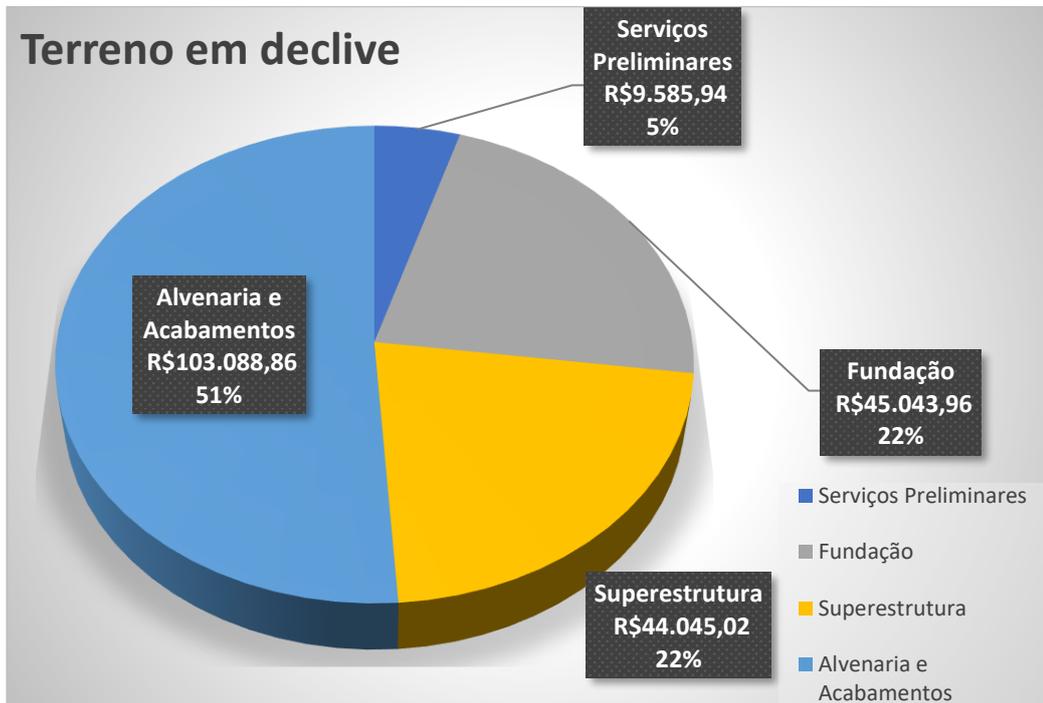
Figura 16 –Gráfico de custos da implantação em aclave.



Fonte: O Autor (2024)

Já a implantação em declive se mostrou mais onerada em relação ao aclave por apresentar maiores custos de fundação, que são representados por 22% dos custos totais da obra (Figura 17).

Figura 17 –Gráfico de custos da implantação em declive.



Fonte: O Autor (2024)

É possível dizer que ambos apresentam custos compatíveis com o mercado atual e proporcionariam construções racionais, mas levando em consideração que os dois terrenos estudados têm valores iguais de mercado que é de R\$ 168.555,39, a melhor escolha é o terreno em aclave, realizando-se o corte para a criação de um platô e a execução de um muro de arrimo nos fundos do terreno, já que este apresenta-se 13,34% mais econômico (Figura 17).

Figura 18–Comparativo geral dos custos.



Fonte: O Autor (2024)

6 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no estudo comparativo demonstram claramente a importância de uma análise criteriosa na escolha do terreno e dos métodos construtivos, especialmente em um cenário de aquecimento do setor da construção civil no Brasil. Através da aplicação dos projetos arquitetônico e estrutural, foi possível projetar uma residência unifamiliar nos padrões do programa MCMV, adaptada para terrenos com características distintas: aclive e declive.

A análise dos custos construtivos apontou que a implantação em terreno em aclive se mostrou mais vantajosa economicamente, com a fundação representando apenas 7% do custo total da obra. Por outro lado, o terreno em declive exigiu soluções mais onerosas, com a fundação correspondendo a 22% dos custos totais, devido à necessidade de elevação por pilotis e execução de uma laje em toda a área.

Considerando o valor de mercado equivalente dos terrenos (R\$ 168.555,39), o estudo evidenciou que a escolha pelo terreno em aclive é a mais econômica, apresentando uma economia de 13,34% em relação ao terreno em declive. Este resultado ressalta a importância de optar pela criação de um platô com corte e a construção de um muro de arrimo nos fundos do terreno.

Portanto, conclui-se que, apesar de ambos os terrenos proporcionarem construções viáveis e racionais dentro dos padrões de mercado, o terreno em aclive oferece uma melhor relação custo-benefício. Esta escolha não apenas otimiza os recursos financeiros, mas também reflete uma abordagem mais sustentável e ágil na execução da obra, alinhando-se com as demandas atuais do setor. Os dados obtidos e apresentados neste trabalho servem como uma base sólida para futuras análises e tomadas de decisão, contribuindo para a eficiência e a viabilidade econômica de empreendimentos residenciais.

7 REFERÊNCIAS

BARROS, P. L. A. **Obras de Contenção: Manual Técnico**, Maccaferri do Brasil Ltda., São Paulo-SP, 2005.

CAVALCANTI, Tallitta Mabelly Dantas; OLIVEIRA, Julio Cesar Almeida Nascimento; DE PAULA RIBEIRO, Maria Izabel. **Estabilização de taludes Através da Utilização de Muros de Arrimo**. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 4, n. 1, p. 45-62, 2021.

CORBIOLI, N. **A nova geração de pré-fabricados**. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/tecnologia11.asp>, 2001.

COSTA, Jordana. IRFN, 2015. **Relevo Brasileiro**. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/jordanacosta/disciplinas/geografia-2-2.8401.2m/relevo-brasileiro>.

DA SILVA, Hévellin Cristina. **APLICAÇÃO DA TOPOGRAFIA NA ENGENHARIA CIVIL**.

DOS SANTOS, Rodrigo Andrade. **Patologias em fundações profundas, método de recuperação–Aplicações práticas**. 2024.

FUNDAÇÃO GEO-RIO. 2009. **Muros de Arrimo**. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smo/exibeconteudo?article-id=96358>.

GALEGO, Otavio; DE MARCO, Gerson. **Terraplenagem na construção civil**. RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218, v. 1, n. 1, p. e29740-e29740, 2021.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estruturas de contenção de muros de arrimo**. Faculdade de Engenharia - Departamento de Estruturas e Fundações. Rio de Janeiro: FEUERJ, 2015.

MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito; AMORIM, Sérgio Roberto Leusin de. **O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos**. Production, v. 19, p. 388-399, 2009.

MILITÃO, Júlio Guido Oliveira; CARVALHO, Paulo Cezar Pinto. **Uma metodologia para posicionamento de prédios em terrenos acidentados**. Rio de Janeiro, 1995.

MIRANDA, Alexsandro Jose Batista. **Fundações: estudo da viabilidade técnica e econômica dos tipos de fundações aplicado a um empreendimento**. 2015.

NARDIN, Fabiano Ângelo. **A importância da estrutura metálica na construção civil**. Itatiba: Universidade São Francisco (USF), 2008.

PRUDENCIO JR, L. R.; DE OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: [s.n.], 2002. 208 p.

RODRIGUES, Amanda Pinheiro et al. **Fundações Rasas**. ETIC-ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA-ISSN 21-76-8498, v. 17, n. 17, 2021.

SEGUNDO, Denilson Viegas; SCHMIDT, Marcio Augusto Reolon. **AJUSTAMENTO DE POLIGONAIS DE CONTROLE PARA LOCAÇÃO DE OBRAS DE ENGENHARIA**. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, n. 1, 2016.

THOMAZ, Ercio et al. **Código de Práticas Nº 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT, 2009. 65 p.

