

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL BENTO QUIRINO

**Ensino Médio com Habilitação Profissional de Técnico em
Eletrônica – Período Integral**

João Felipy de Souza

Otávio Gabriel Raimundo Fonseca

Sofia Cotrim Rodrigues

S.M.D.T.: Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra

Campinas/SP

2025

João Felipy de Souza
Otávio Gabriel Raimundo Fonseca
Sofia Cotrim Rodrigues

S.M.D.T.: Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra

Escola Técnica Estadual Bento Quirino

Endereço: Av. Orosimbo Maia, 2600, Vila
Itapura, Campinas/SP.

Período de desenvolvimento: de
29/01/2025 a 17/09/2025.

Relatório apresentado à 15ª
Bragantec – Feira de Ciência e
Tecnologia do Instituto Federal de
Bragança Paulista. Projeto
orientado pelo prof.º Me. Marcelus
Guirardello e coorientado pela prof.ª
Me. Regina Morishigue Kawakami,
como requisito parcial para
participação na feira.

Campinas/SP

2025

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos primeiramente às nossas famílias pelo apoio financeiro e encorajamento a concluir tanto o curso quanto o próprio TCC.

À Etec Bento Quirino, pelas oportunidades fornecidas por todos esses anos.

Aos professores orientadores Marcelus Guirardello e Regina Morishigue Kawakami, pelo auxílio e participação ativa ao decorrer do ano em relação ao projeto

E ao Instituto Federal de Bragança Paulista pela oportunidade honrosa e especial de participar da feira BraganTec.

RESUMO

Diante da frequência e da gravidade dos desastres naturais no Brasil, como os ocorridos na Região Serrana do Rio de Janeiro (2011), em Petrópolis (2022) e no litoral norte de São Paulo (2023), torna-se urgente e necessária a implementação de tecnologias que possam reduzir esses eventos. O SMDT (Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra) é um projeto que possui como objetivo criar uma solução acessível e eficiente para a detecção antecipada de movimentações do solo em áreas de risco, alinhando-se à Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, e ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11) da ONU. O sistema surge como uma alternativa viável e de baixo custo, visando monitorar em tempo real a inclinação do terreno através de um sensor giroscópio MPU-6050, um pluviômetro bascular de filamento 3D, capaz de registrar a quantidade de chuva simulada através de testes, e um sensor Hall, apto a monitorar as basculadas do pluviômetro. Estes dispositivos são integrados a um microcontrolador ESP32, responsável pelo processamento dos dados e transmissão para um painel de monitoramento remoto. A estrutura física do protótipo, construída com materiais como chapa de acrílico, cola Super Bonder, terra, vareta de filamento 3D, argila expandida e manta de Bidim, simula um terreno em escala reduzida, onde os sensores são posicionados internamente. O método de engenharia aplicado envolveu a montagem da estrutura, conexão dos componentes, ajuste e calibração dos sensores, e programação para processamento e envio de dados. Os resultados demonstraram que o protótipo é funcional, com o painel de monitoramento via [Tago.IO](#) exibindo em tempo real os valores de inclinação e precipitação, além de emitir alertas automáticos por WhatsApp quando os parâmetros ultrapassam limites críticos, seguindo também parâmetros de estabilidade referenciados pela NBR 11682:2009. A produção do projeto abrange desde a montagem e ajuste dos componentes até testes em condições controladas. Portanto, o SMDT apresenta grande importância social, contribuindo para salvar vidas, reduzir danos futuros e possibilitar mais tempo de evacuação para comunidades em áreas de risco.

Palavras-chave: Monitoramento, Sensores, Funcional, Alertas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Corte do acrílico na corte a laser.....	35
Figura 2 – Placa de acrílico prontas.....	35
Figura 3 – Retoques no acrílico com a lima.....	36
Figura 4 – Encaixe das placas e retoques com a lima.....	36
Figura 5 – Caixa já montada.....	37
Figura 6 – Caixa de Acrílico.....	37
Figura 7 – Cortes na Manta de Bidim.....	38
Figura 8 – Seleção de argilas e inserção destas na caixa de acrílico.....	38
Figura 9 – Caixa de Acrílico com as argilas e a manta.....	39
Figura 10 – Testes dos Sensores.....	39
Figura 11 – Desenho do pluviômetro no site.....	40
Figura 12 – Visão do desenho do pluviômetro ampliada.....	40
Figura 13 – Sensores e Pluviômetro.....	41
Figura 14 – Testes dos Sensores juntos com o pluviômetro.....	41
Figura 15 – Testes do Giroscópio no Monitor Serial do Arduino.....	42
Figura 16 – Testes do Giroscópio com movimentos mais bruscos.....	42
Figura 17 – Programação.....	43
Figura 18 – Testes no pluviômetro.....	44
Figura 19 – Testes no pluviômetro e movimento da balança.....	44
Figura 20 – Medição e Desenho da vareta.....	45

Figura 21 – Vareta.....	45
Figura 22 – Vareta com os Sensores e o ESP.....	46
Figura 23 – Medição do conduíte para os cabos jumpers.....	46
Figura 24 – Painel de Controle no Tago.IO.....	47
Figura 25 – Cronograma Janeiro - Março.....	47
Figura 26 – Cronograma Janeiro – Março com atribuições.....	48
Figura 27 – Cronograma Abril.....	48
Figura 28 – Cronograma Abril com atribuições.....	49
Figura 29 – Cronograma Maio e Junho com e sem atribuições.....	49
Figura 30 – Cronograma Julho.....	50
Figura 31 – Cronograma Julho com atribuições.....	50
Figura 32 – Cronograma Agosto – Novembro.....	51
Figura 33 – Cronograma Agosto – Novembro com atribuições.....	51
Figura 34 – Legenda.....	51
Figura 35 – Legenda das atribuições.....	51
Figura 36 – Planilha dos gastos gerais.....	52

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1 A GEOTECNIA DOS SOLOS E OS DESLIZAMENTOS	21
3.1.1 Introdução aos Solos: Composição, Formação e Estrutura no Contexto Brasileiro	21
3.1.2 Propriedades Físicas e Mecânicas dos Solos Determinantes para a Estabilidade	21
3.1.3 Tipos de Solos e sua Suscetibilidade a Deslizamentos	22
3.1.4 Dinâmica Hídrica no Solo: Infiltração, Saturação e Pressão de Poros	23
3.1.5 Mecanismos de Ruptura: Como Ocorrem os Deslizamentos em Diferentes Materiais	24
3.2 NBR 11682:2009	25
3.3 LEI Nº 12.608	26
3.4 RESOLUÇÃO CONAMA nº 001, de 1986	26
3.5 ACIDENTES	27
3.6 ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis	28
4. DESENVOLVIMENTO	30
4.4 MATERIAIS UTILIZADOS	30
4.4.1 Estrutura Física:	30
4.4.2 Sensores e componentes eletrônicos:	30
4.4.3 Sistema de medição pluviométrica:	30
4.5 MÉTODO	31
4.6 ETAPA DE PESQUISA E FUNDAMENTAÇÃO	31
4.6.1 Estudo Teórico:	31
4.6.2 Especificações do projeto:	31
4.7 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES	32
4.8 FABRICAÇÃO DA ESTRUTURA	32
4.8.1 Construção da caixa de acrílico:	32
4.8.2 Vareta com Giroscópio:	32

4.8.3 Pluviômetro:	32
4.9 INTEGRAÇÃO ELETRÔNICA	33
4.9.1 Testes dos Sensores:	33
4.10 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EM C++	33
4.10.1 Configuração Inicial:	33
4.10.2 Funções principais:	33
4.10.3 Interface de saída:	33
4.11 TESTES	34
4.11.1 Giroscópio:	34
4.11.2 Pluviômetro com balança:	34
4.11.3 Teste Integrado:	34
4.12 SEGURANÇA E CONFIABILIDADE	34
4.13 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	34
4.13.1 Diário de Bordo:	34
4.14 DEMONSTRAÇÃO FINAL	35
4.15 IMAGENS DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	35
4.16 CRONOGRAMAS	47
4.17 PLANILHA DE GASTOS DO PROJETO	52
5. RESULTADOS DO PROJETO	53
6. CONCLUSÃO	54

1. INTRODUÇÃO

Os deslizamentos de terra representam um dos desastres naturais mais devastadores e impactantes no Brasil. Eles ocasionam mortes, destruição de comunidades e impactos ambientais e econômicos de longa duração. Esses eventos ocorrem quando grandes massas do solo e rochas se desprendem de encostas e morros, geralmente impulsionados por fatores naturais e, claro, humanos. Entre as principais causas estão as chuvas intensas, a urbanização desordenada, o desmatamento de encostas e as características geológicas do terreno.

Em um país tropical como o Brasil, onde as chuvas são frequentes e muitas vezes torrenciais, a precipitação excessiva surge como o principal gatilho para a maioria dos desastres. Quando o solo já está saturado pela ocupação irregular e excessiva ou pela falta de vegetação, a água da chuva infiltra-se rapidamente, aumentando o peso da terra e reduzindo sua resistência. Esse processo faz com que a força da gravidade supere a estabilidade do terreno, provocando então, o deslizamento.

Há algum tempo, o território brasileiro já presenciou, infelizmente, muitas tragédias acarretadas por esses deslizamentos de terra. Uma destas que marcou foi em janeiro de 2011, na região serrana do Rio de Janeiro, a qual fortes chuvas causaram muitas quedas de terra que mataram mais de 900 pessoas. Foi a maior tragédia do país pelo número de mortos, além de que cidades como Nova Friburgo, Teresópolis e Petrópolis foram amplamente impactadas com áreas inteiras cobertas de lama.

Mais de dez anos depois, em 2022, Petrópolis foi atingida de novo por um evento parecido. Após uma chuva muito forte, avalanches de terra e lixo atravessaram e levaram casas, carros e a vida de 231 pessoas. Esses fatos não permanecem, infelizmente, em apenas um lugar. Em 2010, a queda do Morro do Bumba, em Niterói, ceifou a vida de 48 pessoas e mostrou os perigos de morar em locais não firmes. Em 2017, São Paulo teve deslizamentos que deixaram cinco mortos e muitos desabrigados. Em 2023, o norte do litoral paulista foi destruído por mais chuvas e mais deslizamentos que mataram 65 pessoas, com muitos danos em São Sebastião, onde bairros inteiros foram envolvidos pela lama.

Os efeitos desses acidentes e desastres, mostram como impactam diretamente com o bem-estar social da população que mora nesses locais de risco. Ruas, bairros, parques ficam todos em ruínas, e centenas de famílias acabam ficando sem moradia e sem condições favoráveis para continuar vivendo nesses locais. Vias, água e luz muitas vezes se degeneram e se deterioram, enfatizando a necessidade de serviços básicos e desfavorecendo, portanto, a ocupação humana na cidade do incidente. O preço para o país é alto, uma vez que inclui refazer e reformar tudo novamente, dar ajuda e suporte, 2 e mover as famílias e os sobreviventes para locais mais adequados para se viver.

Nesse cenário, evitar é a melhor opção para cortar as incongruências e inconveniências ocasionadas por estes deslizamentos de terra. Infelizmente, várias cidades do Brasil ainda usam ações que só reagem após o desastre já ter ocorrido. É nesse ponto que o projeto se encontra, sugerindo um Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra com sensores que colaboram para encontrar sinais mais cedo de que o solo não está firme e apresenta inconsistências.

Este projeto se alinha diretamente à Lei nº 12.608/2012, que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Essa legislação estabelece como prioridade nacional, o fortalecimento de ações preventivas em áreas de risco e incentiva o uso de tecnologias que possam contribuir com a redução de desastres e a proteção de vidas humanas. A lei ressalta a importância da identificação de áreas vulneráveis, da organização de sistemas de alerta e da promoção da educação para a gestão de riscos. Nesse contexto, o sistema proposto atua exatamente como uma ferramenta prática de prevenção, antecipando possíveis deslizamentos e fornecendo informações úteis e necessárias para evacuações seguras.

Tendo em mente o que é proposto pela Lei, visa-se oferecer às comunidades em áreas de risco uma forma simples, porém eficaz, de monitorar os primeiros sinais de incongruências no solo antes que se convertam em tragédias. A ideia não é reinventar ou criar um sistema novo, mas sim usar conhecimentos básicos da eletrônica (como sensores, microcontroladores e transmissão de dados), para criar algo que realmente faça diferença prática na vida dos indivíduos que moram em regiões de risco. Em razão disso, o sistema propõe medir a inclinação do terreno, o volume de chuva,

monitorar os dados e consequentemente alertar com antecedência e em tempo real sobre perigos iminentes de deslizamentos.

Além disso, o projeto também dialoga com as metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 (ODS 11) da ONU, que trata de tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. Entre suas diretrizes, estão a redução significativa do número de mortes e de pessoas afetadas por desastres, principalmente em populações vulneráveis, e o fortalecimento de políticas de prevenção atreladas ao planejamento urbano. Nesse sentido, o Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra contribui para que essas metas sejam concretizadas, oferecendo uma solução prática e acessível que pode auxiliar na construção de comunidades mais seguras e preparadas diante de riscos geológicos e climáticos.

O sistema pretende e garante monitorar em tempo real dois dos principais indicadores de risco: a intensidade das chuvas e as variações na inclinação do terreno. Um pluviômetro bascular mede o volume de precipitação, enquanto sensores como o hall, mede as basculadas deste, e o giroscópio identifica pequenos movimentos no solo. Todos os dados são processados por um microcontrolador ESP32 e enviados para um painel de monitoramento remoto, onde será possível analisar as informações e acompanhar estes parâmetros selecionados.

O projeto aspira a simplicidade. Usando componentes eletrônicos comuns e de baixo custo, mostra que não é preciso alta tecnologia e complexibilidade para desenvolver algo realmente útil e impactante na vida daqueles que precisam. Enquanto grandes sistemas de monitoramento muitas vezes ficam restritos a projetos governamentais caros e muitas vezes demorados, essa solução pode ser adaptada para funcionar em escala local, diretamente nas comunidades que mais necessitam.

A proposta prevê a instalação desse sistema em áreas de risco conhecido, como 3 morros urbanos e encostas desmatadas. Ele fornece um aviso prévio que permite a evacuação preventiva de moradores e a adoção de medidas emergenciais. Em locais como Petrópolis e o litoral norte de São Paulo, onde as chuvas são o principal fator desencadeante, a detecção precoce poderia salvar centenas de vidas. Além disso, o sistema pode integrar políticas públicas de defesa civil, fornecendo dados para mapeamento de áreas críticas e planejamento urbano mais seguro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra (SMDT) acessível, eficiente e de baixo custo utilizando componentes eletrônicos de baixo custo, capaz de detectar em tempo real alterações no solo e emitir alertas preventivos para reduzir riscos de desastres em áreas vulneráveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- . Projetar e construir um protótipo funcional e de baixo custo composto por sensores para medir a inclinação do terreno e detectar movimentações do solo;
- . Construir um pluviômetro bascular para registrar o volume de chuvas;
- . Integrar os sensores a um microcontrolador responsável pelo processamento e transmissão dos dados coletados;
- . Desenvolver um painel de monitoramento remoto que exiba em tempo real os dados coletados, como milímetros de chuva e graus de inclinação;
- . Emitir alertas preventivos para reduzir riscos de desastres em áreas vulneráveis, visando pela vida das pessoas que moram em comunidades próximas a esses locais

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A GEOTECNIA DOS SOLOS E OS DESLIZAMENTOS

3.1.1 Introdução aos Solos: Composição, Formação e Estrutura no Contexto Brasileiro

O solo é um recurso natural não renovável em escala humana, fundamental para a sustentação da vida. Para a engenharia geotécnica, o solo é um material formado por partículas que se comportam de maneira complexa. Manter ele estável, é a condição mais importante para garantir que uma encosta não deslize. No Brasil, a imensa diversidade geológica, climática e topográfica resulta em uma variedade impressionante de tipos de solos, cada um com características e vulnerabilidades específicas. A Embrapa Solos classifica e estuda essa diversidade, destacando que o entendimento pedológico (a ciência que estuda os solos) é a base para qualquer ação de planejamento territorial e prevenção de desastres.

A formação do solo (pedogênese) é um processo dinâmico que envolve a transformação da rocha matriz (material de origem) pela ação do clima, dos organismos vivos, do relevo e do tempo. No contexto tropical brasileiro, caracterizado por altas temperaturas e pluviosidade, os processos de intemperismo químico são intensos, levando à formação de solos profundos e altamente intemperizados, como os Latossolos, que dominam grandes extensões do território. A estrutura do solo, o arranjo de suas partículas primárias como areia, silte e argila e matéria orgânica em agregados, define sua porosidade, permeabilidade e, conseqüentemente, sua resposta à água da chuva. Uma estrutura bem agregada é favorável à infiltração, enquanto uma estrutura maciça pode levar ao escoamento superficial e à saturação sub-superficial.

3.1.2 Propriedades Físicas e Mecânicas dos Solos Determinantes para a Estabilidade

A estabilidade de uma encosta é uma função direta da resistência ao cisalhamento do solo que a compõe. Essa resistência é quantificada por dois parâmetros fundamentais, conforme estabelecido pela Mecânica dos Solos clássica:

- **Coesão:** Resistência atribuída às forças de atração eletroquímicas entre as partículas de argila e/ou à cimentação natural por óxidos de ferro e alumínio, comuns nos solos tropicais.
- **Ângulo de Atrito Interno:** Resistência gerada pelo atrito e pelo entrelaçamento mecânico entre as partículas do solo, predominante em solos granulares (arenosos).

A textura, determinada pela proporção de areia, silte e argila, é uma propriedade de fundamental importância. Solos argilosos, com alta coesão, podem ser estáveis quando secos, mas tornam-se instáveis quando saturados. Já os solos arenosos, com baixa coesão, dependem quase que exclusivamente do atrito interno, tornando-se vulneráveis em encostas íngremes. A permeabilidade, controlada pela textura e estrutura, define a velocidade com que a água percorre pelo solo. Solos com baixa permeabilidade (argilosos) impedem a rápida drenagem, facilitando o acúmulo de água e o aumento da pressão de poros.

O conceito de pressão de poros é central e essencial para entender os deslizamentos. Durante chuvas intensas, o aumento da resistência real do solo que é reduzida pela pressão que a água acumula nos vazios, pode neutralizar a tensão efetiva, fazendo com que a resistência ao cisalhamento caia drasticamente, podendo chegar a zero, um fenômeno conhecido como liquefação. O Cemaden monitora continuamente a chuva e a umidade do solo justamente para evitar e prever situações críticas de saturação que elevam a pressão de poros.

3.1.3 Tipos de Solos e sua Suscetibilidade a Deslizamentos

O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), desenvolvido pela Embrapa, identifica classes com comportamentos geotécnicos distintos frente à instabilidade de encostas:

- Latossolos: São solos profundos, porosos, bem drenados e geralmente estáveis. No entanto, sua própria profundidade e homogeneidade podem ser críticas. Em eventos de chuvas extremamente prolongadas, a saturação pode ocorrer em grande profundidade, levando a deslizamentos rotacionais de grande volume e alto poder destrutivo, como os observados na Região Serrana do RJ em 2011.
- Argissolos: Apresentam um dos fatores de controle mais importantes para deslizamentos rasos: o contraste textural. Possuem um horizonte superficial (A) mais arenoso sobre um horizonte subsuperficial (Bt) nitidamente mais argiloso. A água infiltra rapidamente no horizonte A, mas é barrada pelo horizonte Bt, menos permeável. Isso cria uma zona de saturação e um plano de fraqueza precisamente na interface entre os dois horizontes, que se torna uma superfície preferencial de deslizamento do tipo translacional.
- Cambissolos e Neossolos Litólicos: São solos jovens, rasos e pouco desenvolvidos, comum em encostas íngremes da Serra do Mar. Sua pequena espessura sobre a rocha sã, os torna extremamente vulneráveis. A saturação facilita o desprendimento de toda a camada de solo, caracterizando escorregamentos rasos.
- Solos com Elevado Teor de Argila Expansiva (como alguns Vertissolos): Esses solos sofrem grandes variações de volume com mudanças de umidade. Ao se saturarem, incham e perdem drasticamente sua coesão, podendo se comportar como um fluido viscoso, resultando em corridas de lama, como as que ocorreram em São Sebastião-SP em 2023.

Conforme mapeado pelo IBGE (2013) e detalhado em materiais de capacitação da Defesa Civil, as regiões Sul e Sudeste, justamente onde esses solos são predominantes em associação com o relevo acidentado, concentram as maiores áreas de suscetibilidade a deslizamentos.

3.1.4 Dinâmica Hídrica no Solo: Infiltração, Saturação e Pressão de Poros

A água é o principal agente desencadeador de mais de 90% dos deslizamentos no Brasil. Sua ação vai além do simples aumento de peso. O ciclo hidrológico em uma encosta envolve:

1. Precipitação e Interceptação: Parte da chuva é interceptada pela vegetação.
2. Infiltração: A água que atinge o solo penetra pelos poros. A taxa de infiltração depende da permeabilidade e da umidade antecedente do solo. Solos já úmidos de chuvas anteriores têm menor capacidade de infiltrar nova água, aumentando o escoamento superficial.
3. Redistribuição e Armazenamento: A água se move vertical e lateralmente dentro do perfil do solo.
4. Saturação e Geração de Fluxo Subsuperficial: Quando a capacidade de armazenamento do solo é excedida e extrapolada, ele fica saturado. O excesso de água gera um fluxo através do solo (fluxo subsuperficial), que pode "lavar" partículas finas (erosão interna) e exercer pressão contra as partículas do solo.
5. Aumento da Pressão de Poros: Este é o ponto crítico e de alerta. O acúmulo de água em camadas impermeáveis ou na interface solo-rocha gera um excesso de pressão nos poros. É esta pressão, agindo como uma "almofada hidráulica", que reduz efetivamente o atrito entre as partículas do solo, precipitando a ruptura.

3.1.5 Mecanismos de Ruptura: Como Ocorrem os Deslizamentos em Diferentes Materiais

A classificação de Varnes (1978), adotada internacionalmente e pelo USGS, é a mais utilizada para descrever os tipos de movimento. Ela considera o tipo de material (rocha ou solo) e o tipo de movimento:

1. Queda: Desprendimento e queda livre de blocos de rocha ou solo de paredões íngremes.

2. Tombo: Inclinação e queda para frente de uma massa de solo ou rocha sobre um ponto de apoio.
3. Deslizamento: Movimento de uma massa de solo ou rocha ao longo de uma superfície de ruptura bem definida. Subdivide-se em:
 - *Rotacional*: A superfície de ruptura é curva (côncava para cima). Comum em solos homogêneos e profundos como os Latossolos.
 - *Translacional*: A superfície de ruptura é aproximadamente plana e geralmente coincide com um plano de fraqueza pré-existente (interface solo-rocha, horizonte argiloso). Típico de Argissolos e encostas com solo raso sobre rocha.
4. Espalhamento: Extensão lateral de um solo coesivo sobre um material subjacente mais mole que flui.
5. Fluxo: Movimento com alta deformação interna, onde as partículas se movem de forma desordenada, sem uma superfície de ruptura definida. Inclui as corridas de lama, comuns em solos argilosos saturados, e os fluxos de detritos, que carregam uma mistura de água, solo, rochas e vegetação.

O Centro Regional de Educação em Ciência e Tecnologia Espacial para América Latina e Caribe (CRECTEALC) destaca que a identificação correta do tipo de movimento é essencial para a escolha das técnicas de monitoramento e contenção mais adequadas.

3.2 NBR 11682:2009

Diante dessa realidade, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR 11682:2009, que estabelece critérios técnicos para análise da estabilidade de encostas. Esta norma é considerada um marco fundamental no campo da geotecnia, visto que fornece metodologias para avaliar as condições de segurança de taludes naturais e artificiais, orientando engenheiros e técnicos na tomada de decisão quanto a medidas preventivas e corretivas. Entre os principais aspectos abordados pela norma, destaca-se a definição do fator de segurança (FS), que

corresponde à razão entre as forças resistentes e as forças atuantes de instabilidade. Valores de FS inferiores a 1,0 indicam iminência de ruptura, enquanto valores próximos a 1,2 ou 1,5 são utilizados como referência para classificar um talude como estável em situações permanentes ou temporárias. A norma também estabelece parâmetros de investigação geotécnica, incluindo ensaios de resistência ao cisalhamento, caracterização de perfis de solo e monitoramento de deformações, além de recomendações quanto a drenagem, revegetação e técnicas de contenção. Dessa forma, a NBR 11682:2009 é fundamental para contribuir para projetos de monitoramento e prevenção, fornecendo embasamento científico e normativo para a implementação de sistemas tecnológicos de alerta e proteção contra deslizamentos.

3.3 LEI Nº 12.608

Mais do que regras técnicas, o Brasil também tem leis que guiam o controle de riscos e desastres. A Lei nº 12.608, sancionada em 2012, institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), definindo diretrizes para a prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação em relação a desastres naturais e tecnológicos. A lei cria o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), liga estados e cidades nas tarefas de proteção e defesa. Entre suas principais determinações e resoluções, esta estabelece a necessidade e a obrigação de mapeamento das áreas de risco, a integração entre os órgãos de monitoramento hidrológico, meteorológico e geológico, e o incentivo à implantação de sistemas de alerta precoce. Também espera que os planos das cidades incluam regras que pensem nas áreas que podem ter desastres, evitando ou limitando moradias em lugares de risco. Então, a Lei nº 12.608/2012 é um passo à frente ao ver como é chave prevenir como uma ação do governo, mudando a atenção do só responder em emergências para fazer cidades mais fortes.

3.4 RESOLUÇÃO CONAMA nº 001, de 1986

A Resolução CONAMA nº 001, de 1986, também entra como um marco de fundamental importância para a prevenção de acidentes relacionados a deslizamentos de terra, ainda que de forma indireta. Essa resolução estabeleceu os parâmetros para a obrigatoriedade do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) em empreendimentos capazes de causar significativa degradação ambiental. Na prática, isso inclui obras de infraestrutura como rodovias, barragens, loteamentos em encostas e projetos minerários, os quais podem alterar o equilíbrio geotécnico de solos e taludes. O EIA/RIMA avalia como essa área é do ponto de vista ambiental. Ele deve mostrar como é o solo e o relevo do local e apresentar quais os riscos de deslizamentos de terra, além de que também deve propor ações para evitar esses problemas. Dessa forma, a Resolução CONAMA nº 001/1986 fortaleceu a necessidade de avaliação prévia de riscos e ampliou a responsabilidade ambiental de empreendedores e do poder público, constituindo um instrumento fundamental na prevenção de desastres associados a deslizamentos.

3.5 ACIDENTES

Apesar dos avanços normativos e legais, o Brasil registra um histórico de tragédias relacionadas a esses acidentes e que, em muitos casos, agravados pela ausência de sistemas de monitoramento ou pela ineficácia de alertas. Um exemplo memorável e notório, é a tragédia da região serrana do Rio de Janeiro. Em janeiro de 2011, considerada o maior desastre natural da história do país, com cerca de 900 mortes confirmadas e milhares de desabrigados. O evento foi causado por chuvas intensas que saturaram o solo das encostas, provocando deslizamentos simultâneos em Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis. Outro caso marcante ocorreu em Salvador, onde entre 2014 e 2024 foram registrados mais de 17 óbitos devido a deslizamentos durante chuvas fortes, revelando a vulnerabilidade de áreas ocupadas irregularmente e a carência de medidas preventivas eficazes. No ano de 2022, em Petrópolis, após uma chuva muito forte, avalanches de terra e lixo levaram casas, carros e vidas, matando 231 pessoas. Em 2010, a queda do Morro do Bumba, em Niterói, tirou a vida de 48 pessoas. Em 2017, São Paulo teve deslizamentos que deixaram cinco mortos e muitos desabrigados. Em 2023, o norte do litoral Paulista foi destruído por mais chuvas

e mais deslizamentos que mataram 65 pessoas, com muitos danos em São Sebastião, onde bairros inteiros foram cobertos pela lama.

De acordo com dados da Agência Brasil, o país já acumula quase 4 mil mortes em razão desses desastres, número que reforça e aponta a urgência de investimentos em monitoramento e políticas públicas. A inexistência desses sistemas em algumas regiões, junto com a falta de fiscalização do uso do solo, tem contribuído ainda mais para o agravamento das consequências geradas por este. Mesmo em locais onde havia monitoramento, como em Petrópolis, as falhas de comunicação e a intensidade dos eventos extremos superaram a capacidade de resposta, demonstrando e apresentando a necessidade de aprimorar continuamente os sistemas existentes.

3.6 ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis

Diante desses ocorridos e infelizes situações, as orientações internacionais, especialmente os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), fornecem diretrizes globais para enfrentar os desafios relacionados à urbanização e à resiliência. O ODS 11, que trata da construção de cidades e comunidades sustentáveis, propõe metas como a redução significativa do número de mortes e pessoas afetadas, atingidas e prejudicadas por desastres, com foco nos mais pobres e vulneráveis, e o fortalecimento de políticas em conjuntas ao planejamento urbano. Isso inclui a promoção de habitações seguras, acessíveis e resilientes, o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e a proteção do patrimônio ambiental e cultural. No caso dos deslizamentos de terra, o ODS 11 orienta os governos a adotar medidas de prevenção que considerem os riscos geológicos e climáticos, incluindo tecnologias de monitoramento e alerta precoce. Dessa forma, a agenda global converge com as iniciativas nacionais, reforçando a importância de alinhar políticas locais às metas internacionais de sustentabilidade e segurança urbana.

Assim, a análise dos tipos de solos suscetíveis a deslizamentos, das normas técnicas como a NBR 11682:2009, da Lei nº 12.608/2012 e pela Resolução CONAMA nº 001/1986, aliada ao referencial sobre acidentes históricos e ao alinhamento com o

ODS 11, evidencia que a questão dos deslizamentos de terra vai além do campo técnico e se encontra e encaixa em um contexto social, ambiental e político. O desenvolvimento de sistemas de monitoramento, se insere não somente como uma questão de tecnologia, mas também como um instrumento e oportunidade de proteção dos indivíduos que moram em regiões de risco, à infraestrutura desses locais e ao equilíbrio ambiental.

4. DESENVOLVIMENTO

4.4 MATERIAIS UTILIZADOS

Os principais materiais e componentes eletrônicos utilizados no desenvolvimento do protótipo incluem:

4.4.1 Estrutura Física:

- Placa chapa de acrílico transparente cristal 20 X 40cm X 2mm (para simulação do terreno)
- Cola Instantânea Super Bonder, para montagem da estrutura
- Terra, para preenchimento da caixa e simulação do solo dentro do protótipo
- Vareta de filamento 3D, utilizada como suporte para os sensores
- Argila Expandida, para o sistema de drenagem
- Manta de Bidim, para o sistema de drenagem

4.4.2 Sensores e componentes eletrônicos:

- Giroscópio MPU-6050, com acelerômetro integrado
- Sensor Hall, para o pluviômetro
- Microcontrolador ESP32 padrão 30 pinos
- Cabos Jumpers para conexões elétricas

4.4.3 Sistema de medição pluviométrica:

- Pluviômetro bascular impresso em filamento 3D (modelo já pronto)
- Ímã, para acionamento do mecanismo basculante
- Água, para simulação de precipitação
- Funil, para direcionamento da água
- Barra de Ferro, como parte estrutural do pluviômetro

4.5 MÉTODO

A metodologia adotada neste projeto segue as etapas do método de engenharia, que basicamente é selecionar um problema ou uma situação, e encontrar uma solução viável para ele. A pesquisa é experimental visto que, envolve a criação de um protótipo que simula situações reais de risco de deslizamentos, como chuvas intensas e inclinação do solo, e descritiva, afinal tem o intuito de observar, relatar e documentar como o sistema reage em relação a estas simulações. Os principais dados a serem levantados, portanto, são o grau de inclinação do solo e pequenas movimentações neste, o volume da chuva acumulada e a ativação de alertas de riscos. Pontos fortes e pontos fracos da pesquisa:

Pontos fortes: Baixo custo, relevância social e ambiental e funcionalidade por conta de equipamentos eletrônicos simples;

Pontos fracos: escala reduzida do protótipo, onde não há muita precisão das verdadeiras condições em caso de deslizamentos, e limitação da precisão e calibração dos sensores.

4.6 ETAPA DE PESQUISA E FUNDAMENTAÇÃO

4.6.1 Estudo Teórico:

- Conceitos de deslizamento de terra, fatores que contribuem (chuva, inclinação, solo);
- Pesquisas sobre métodos já existentes de monitoramento de deslizamento;
- Levantamento das tecnologias acessíveis (sensores e microcontroladores).

4.6.2 Especificações do projeto:

- Definir parâmetros que devem ser medidos:
 - Inclinação da vareta → Giroscópio;
 - Volume de água da chuva → Pluviômetro.
- Estabelecer limites de risco;
- Decidir o local de teste → caixa de acrílico.

4.7 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES

- Microcontrolador (ESP32): escolhido por ter Wi-Fi, memória adequada e pinos I2C/SPI;
- Giroscópio (ex.: MPU-6050): sensibilidade ajustada para variações pequenas de inclinação;
- Sensor Hall: conta quantas vezes a balança basculante vai se movimentar;
- Estrutura física (caixa de acrílico): dimensões pensadas para caber a terra, o sistema de drenagem, a vareta e o pluviômetro;
- Fonte de energia: USB.

4.8 FABRICAÇÃO DA ESTRUTURA

4.8.1 Construção da caixa de acrílico:

- Corte das placas com laser;
- Retoques para facilitar o encaixe com a lima;
- Encaixe das placas e colagem com superbonder;
- Sistema de drenagem com argila expandida e manta de bidim;
- Furo na lateral para retirar o excesso de água

4.8.2 Vareta com Giroscópio:

- Teste e pesquisas para encontrar quantos graus são necessários para estar em situação de perigo;
- Giroscópio acoplado a vareta feita de impressão 3D

4.8.3 Pluviômetro:

- Utiliza-se uma gangorra basculante, que se move a cada 7 mm de chuva acumulada;
- Um ímã é fixado na gangorra;
- Um sensor de efeito Hall detecta a passagem do ímã a cada basculada;
- Cada pulso registrado equivale a uma quantidade determinada de chuva;

- O microcontrolador converte esses pulsos de precipitação acumulada em milímetros.

4.9 INTEGRAÇÃO ELETRÔNICA

4.9.1 Testes dos Sensores:

- Conexão dos sensores ao ESP32;
- Ajustes do código com os valores fornecidos pelos sensores;
- Utilização de uma protoboard apenas para os testes, no projeto final tudo irá ser soldado.

4.10 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE EM C++

4.10.1 Configuração Inicial:

- Importação de bibliotecas:


```
#include <Wire.h>
#include <MPU6050.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
```
- Definição de variáveis globais para medições.

4.10.2 Funções principais:

- Leitura do giroscópio: retorna valores de inclinação em graus;
- Leitura da balança: converte massa de água em mililitros;
- Condições de alerta:
 - Inclinação > X graus → risco;
 - Volume acumulado > Y ml → risco.

4.10.3 Interface de saída:

- Painéis de monitoramento de dados, gerados por meio do site Tago.io;
- Criação de gráficos: um que mostra os mm de chuva e outro a inclinação da vareta;

- Possibilidade de enviar dados via Wi-Fi (ESP32). Como mensagens via WhatsApp

4.11 TESTES

4.11.1 Giroscópio:

- Teste em superfície plana (definir 0°).
- Inclinar a vareta em ângulos conhecidos (ex.: 10°, 20°, 30°).
- Ajustar o código até leitura para coincidir com o valor real.

4.11.2 Pluviômetro com balança:

- Colocar pesos conhecidos (2mm, 5mm, 10mm).
- A balança se move a cada 7mm.
- Analisar a área o do funil (12cm de diâmetro) =113,04 cm²
- Fazer cálculos com base nas medidas para descobrir os mm de chuva

4.11.3 Teste Integrado:

- Simular chuva enquanto movimenta a vareta.
- Verificar se ambos os sensores respondem sem erros.

4.12 SEGURANÇA E CONFIABILIDADE

- Proteção elétrica: Uso de cola quente e conduítes para isolar os componentes de terra e umidade

4.13 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

4.13.1 Diário de Bordo:

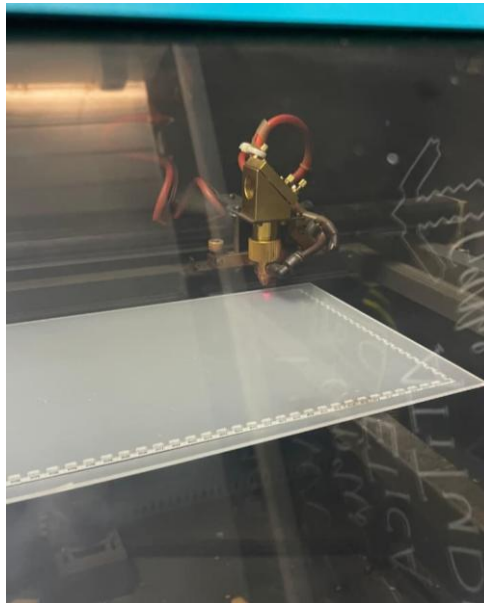
- Anotações;
- Cronogramas;
- Pesquisas;
- Fotos do processo.

4.14 DEMONSTRAÇÃO FINAL

- Simulação de chuva artificial com garrafinha;
- Inclinação da vareta gradualmente até ultrapassar o limite;
- Exibição em tempo real dos dados;
- Acionamento de alerta (buzzer).

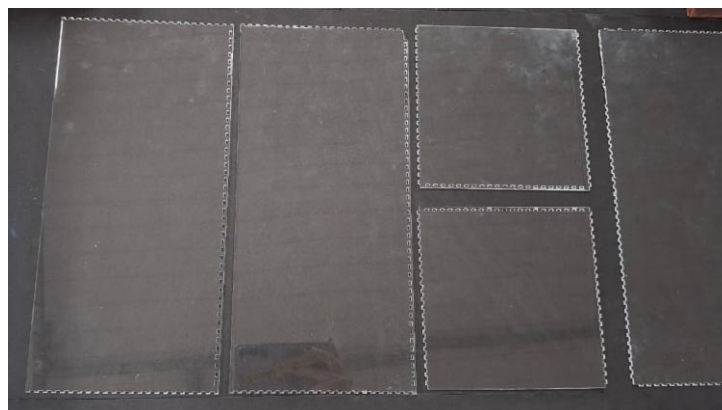
4.15 IMAGENS DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Figura 1 – Corte do acrílico na corte a laser



Fonte: própria

Figura 2 – Placa de acrílico prontas



Fonte: própria

Figura 3 – Retoques no acrílico com a lima



Fonte: própria

Figura 4 – Encaixe das placas e retoques com a lima



Fonte: própria

Figura 5 – Caixa já montada



Fonte: própria

Figura 6 – Caixa de Acrílico



Fonte: própria

Figura 7 – Cortes na Manta de Bidim



Fonte: própria

Figura 8 – Seleção de argilas e inserção destas na caixa de acrílico



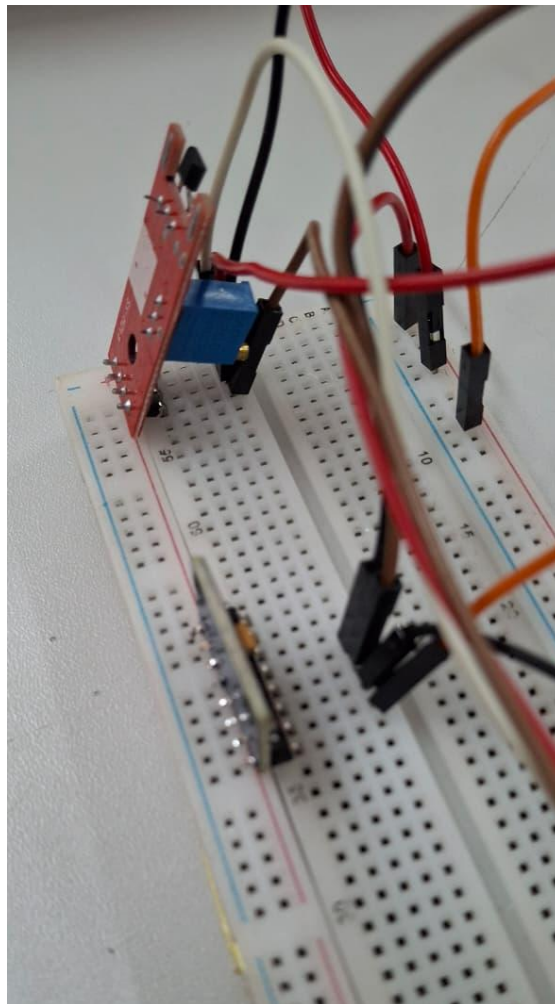
Fonte: própria

Figura 9 – Caixa de Acrílico com as argilas e a manta



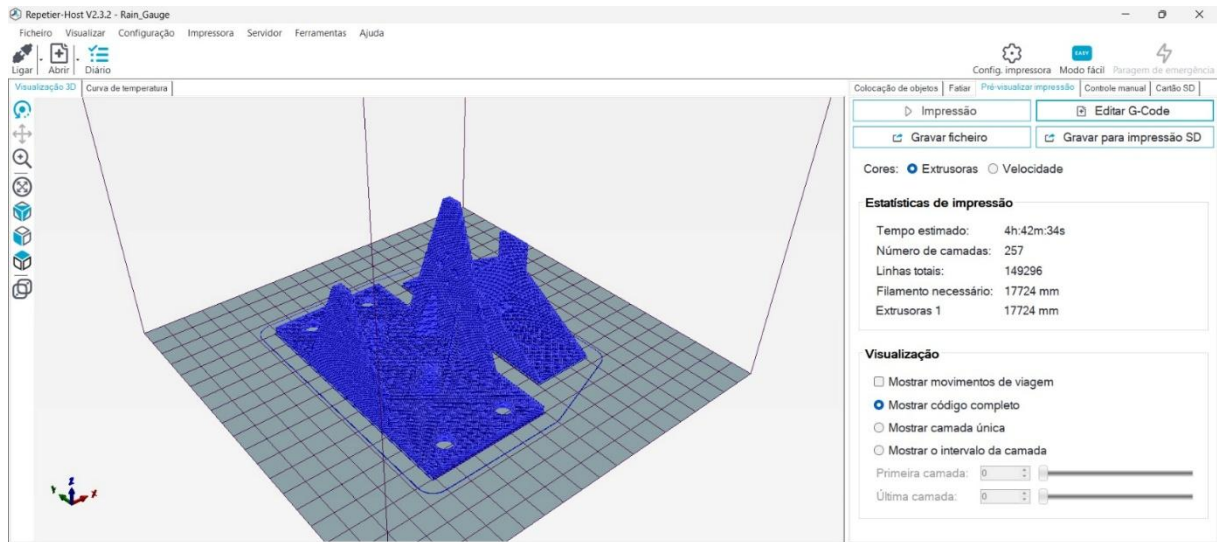
Fonte: própria

Figura 10 – Testes dos Sensores



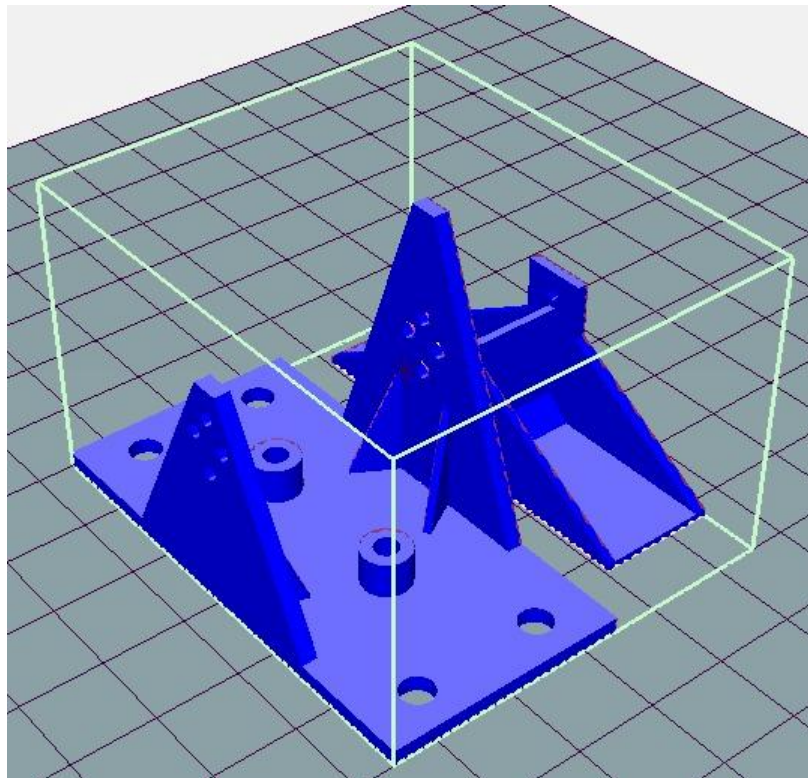
Fonte: própria

Figura 11 – Desenho do pluviômetro no site



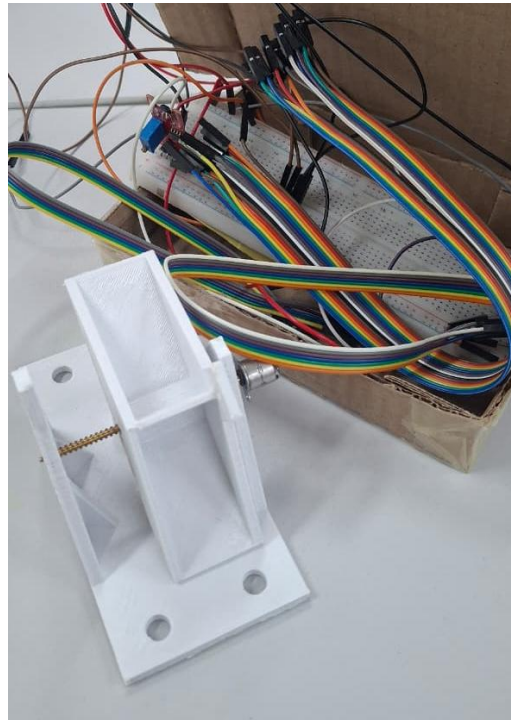
Fonte: própria

Figura 12 – Visão do desenho do pluviômetro ampliada



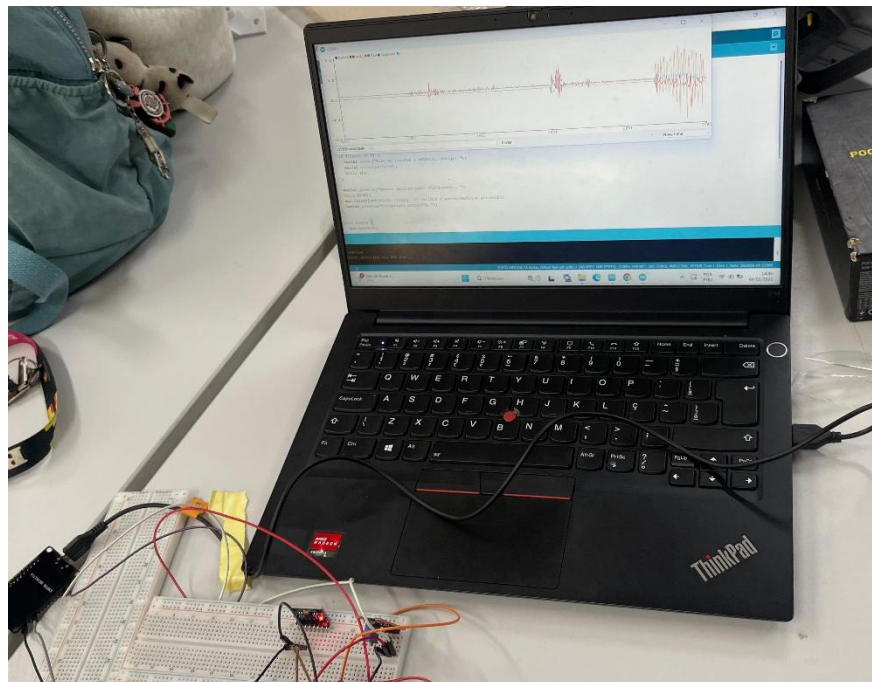
Fonte: própria

Figura 13 – Sensores e Pluviômetro



Fonte: própria

Figura 14 – Testes dos Sensores juntos com o pluviômetro



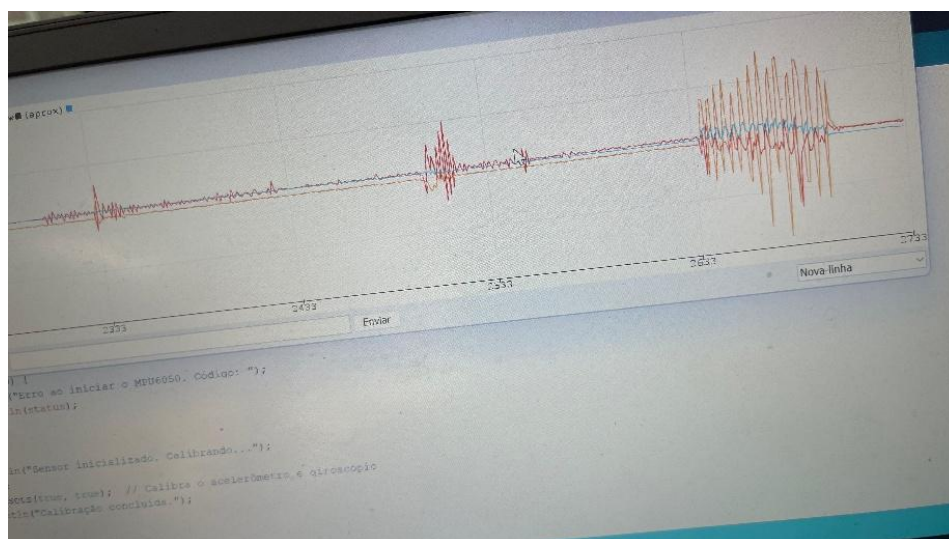
Fonte: própria

Figura 15 – Testes do Giroscópio no Monitor Serial do Arduino



Fonte: própria

Figura 16 – Testes do Giroscópio com movimentos mais bruscos



Fonte: própria

Figura 17 – Programação

The image shows a screenshot of an IDE window titled 'I-DA M...' with a dropdown menu. The main editor displays a C++ program named 'SMDT_tcc.ino'. The code defines several variables: a digital pin for a pluviometer, a counter for basculadas, accumulated rain, last medication, interval, volume per basculada, collection area, and an angle. The serial monitor shows three sets of data: basculadas (0), rain (0.7 mm), and stable conditions, followed by the current soil inclination angle (-94.1°, -96.3°, and -96.3°).

```

SMDT_tcc.ino
-
6  const int pluviometroPin = 15; // Pino digital c
7  volatile int contagemBasculadas = 0; // Contador
8
9  float chuvaAcumulada = 0.0;      // Chuva acumulada
10 unsigned long ultimaMedicao = 0; // Armazena o t
11 unsigned long intervalo = 10000; // Intervalo em
12
13 const float volumeBasculada_ml = 7.0; // Volume
14 const float areaColeta_m2 = 0.01;    // Área de
15
16 float anguloX = 0;                  // Ângulo de inc
17

```

Output Serial Monitor X

Message (Enter to send message to 'ESP32-WROOM-DA Module' on 'COM...')

☔ Basculadas registradas no último minuto: 0
☔ Chuva acumulada: 0.7 mm
✅ Condições estáveis até o momento.

📐 Inclinação atual do solo: -94.1°
☔ Basculadas registradas no último minuto: 0
☔ Chuva acumulada: 0.7 mm
✅ Condições estáveis até o momento.

📐 Inclinação atual do solo: -96.3°
☔ Basculadas registradas no último minuto: 0
☔ Chuva acumulada: 0.7 mm

Fonte: própria

Figura 18 - Testes no pluviômetro



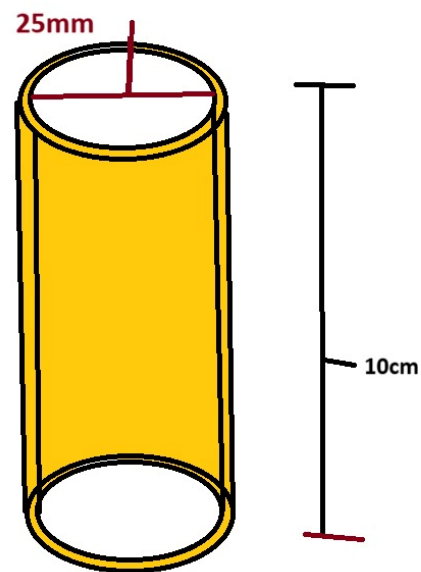
Fonte: própria

Figura 19 – Testes no pluviômetro e movimento da balança



Fonte: própria

Figura 20 – Medição e Desenho da vareta



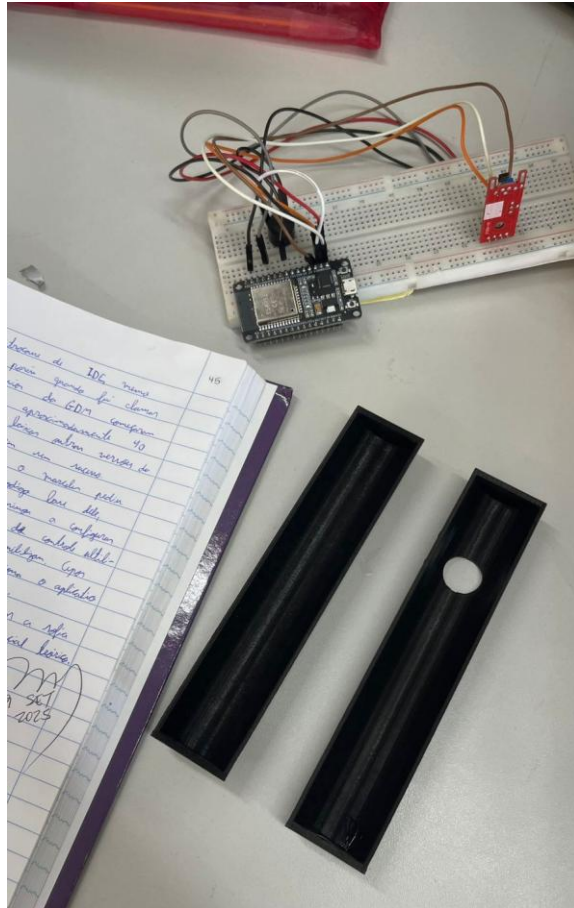
Fonte: própria

Figura 21 – Vareta



Fonte: própria

Figura 22 - Vareta com os Sensores e o ESP



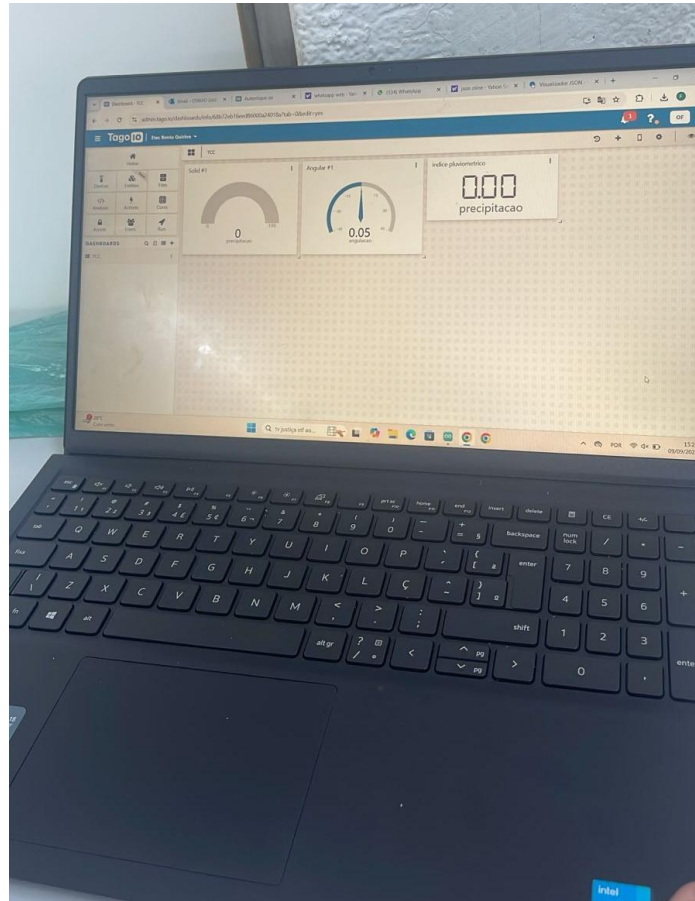
Fonte: própria

Figura 23 – Medição do conduíte para os cabos jumpers



Fonte: própria

Figura 24 – Painel de Controle no Tago.IO



Fonte: própria

4.16 CRONOGRAMAS

Figura 25 – Cronograma Janeiro - Março

CRONOGRAMA SEMANAL												
JANEIRO					FEVEREIRO				MARÇO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	Pesquisa sobre possíveis temas do TCC			Definição do Tema								
	Pesquisas Bibliográficas acerca das ideias			Pesquisas acerca do Tema	Pesquisas Bibliográficas: Protótipo e Bases para o Projeto				Pesquisas para o Protótipo		Pesquisas Bibliográficas para o Plano de Pesquisa	
							Seleção de Dados		Seleção de Dados		Seleção de Dados	
												Planejamento para o protótipo
						Escritas no Diário de Bordo			Escritas no Diário de Bordo			Escritas no Diário de Bordo
	Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe			

Fonte: própria

Figura 26 - Cronograma Janeiro – Março com atribuições

CRONOGRAMA SEMANAL COM ATRIBUIÇÕES DE CADA INTEGRANTE												
JANEIRO					FEVEREIRO				MARÇO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
	Pesquisa sobre possíveis temas do TCC			Definição do Tema								
	Pesquisas Bibliográficas acerca das ideias											
				Pesquisas acerca do Tema	Pesquisas Bibliográficas: Protótipo e Bases para o Projeto				Pesquisas para o Protótipo		Pesquisas Bibliográficas para o Plano de Pesquisa	
							Seleção de Dados			Seleção de Dados		Seleção de Dados
												Planejamen o para o protótipo
						Escritas no Diário de Bordo			Escritas no Diário de Bordo			Escritas no Diário de Bordo
	Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe			

Fonte: própria

Figura 27 – Cronograma Abril

ABRIL			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Pesquisas Bibliográficas para o Plano de Pesquisa	Entrega do Plano de Pesquisa		
			Pesquisas acerca das Normas e Legislações
		Pesquisas acerca dos custos do projeto	Elaboração e Entrega do Novo Cronograma Semanal
Seleção de Dados	Compra dos Materiais		
Compra dos Materiais	Chegada dos Materiais	Pesquisas acerca de antifurto	
Impressão da peça 3D do Pluviômetro			
Escritas no Diário de Bordo			
Planejamento para o protótipo			
Reuniões entre a equipe			

Fonte: própria

Figura 28 – Cronograma Abril com atribuições

ABRIL				
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	
Pesquisas Bibliográficas para o Plano de Pesquisa	Entrega do Plano de Pesquisa			
		Pesquisas acerca das Normas e Legislações		
		Pesquisas acerca dos custos do projeto	Elaboração e Entrega do Novo Cronograma Semanal	
Seleção de Dados	Compra dos Materiais			
Compra dos Materiais	Chegada dos Materiais	Pesquisas acerca de antifurto		
Impressão da peça 3D do Pluviômetro				
Escritas no Diário de Bordo				
Planejamento para o protótipo				
Reuniões entre a equipe				

Fonte: própria

Figura 29 – Cronograma Maio e Junho com e sem atribuições

MAIO				JUNHO				MAIO				JUNHO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Planejamento do Protótipo								Planejamento do Protótipo							
Compra dos Materiais				Compra de algum material se for necessário para complementar o projeto				Compra dos Materiais				Compra de algum material se for necessário para complementar o projeto			
Programação dos Sensores				Construção do Protótipo e Testes				Programação dos Sensores				Construção do Protótipo e Testes			
Pesquisas Específicas dos Sensores			Pesquisas acerca de dados necessários pro Pluviômetro	Montagem da caixa	Terminar o Pluviômetro			Pesquisas Específicas dos Sensores			Pesquisas acerca de dados necessários pro Pluviômetro	Montagem da caixa	Terminar o Pluviômetro		
		Pesquisa sobre a vareta		Programação dos Sensores						Pesquisa sobre a vareta		Programação dos Sensores			
Inscrição BraganTec								Inscrição BraganTec							
Revisão do Plano de Pesquisa antes da Inscrição da BentoTec								Revisão do Plano de Pesquisa antes da Inscrição da BentoTec							
Inscrição BentoTec								Inscrição BentoTec							
Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo			
Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente			
Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe			

Fonte: própria

Figura 30 – Cronograma Julho

JULHO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
FÉRIAS			
Compra de algum material se for necessário para complementar o projeto			
Pesquisa sobre a vareta			
Pesquisas acerca de dados necessários pro Pluviômetro			
Atualizações no Cronograma			
		Reuniões entre a equipe	

Fonte: própria

Figura 31 – Cronograma Julho com atribuições

JULHO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
FÉRIAS			
Compra de algum material se for necessário para complementar o projeto			
Pesquisa sobre a vareta			
Pesquisas acerca de dados necessários pro Pluviômetro			
Atualizações no Cronograma			
		Reuniões entre a equipe	

Fonte: própria

Figura 32 – Cronograma Agosto – Novembro

AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Terminar o Pluviômetro				Realização do Artigo (entrega parcial 1)				Realização do Artigo (entrega parcial 2)				Realização do Artigo			
Elaboração do Banner			Entrega do Banner					Treino para a apresentação		BraganTec		BentoTec		Entrega do Artigo	
Finalização da Programação						Levantamento de Custos Finais do Projeto		Elaboração da Apresentação para as feiras							
Elaboração do Painel de Monitoramento															
			Construção da Vareta												
				Vídeo e Submissão da inscrição da BraganTec											
								Gravação do Vídeo							
Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente							
Construção do Protótipo e Testes				Testes											
Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo							
Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Atualizações no Cronograma Semanalmente							

Fonte: própria

Figura 33 – Cronograma Agosto – Novembro com atribuições

AGOSTO				SETEMBRO				OUTUBRO				NOVEMBRO			
Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Terminar o Pluviômetro		Realização do Artigo (entrega parcial 1)		Realização do Artigo (entrega parcial 2)		Realização do Artigo (entrega parcial 2)		Realização do Artigo (entrega parcial 2)		Realização do Artigo (entrega parcial 2)		Realização do Artigo		Entrega do Artigo	
Elaboração do Banner				Entrega do Banner				Treino para a apresentação		BraganTec		BentoTec			
Finalização da Programação								Elaboração da Apresentação para as feiras							
Elaboração do Painel de Monitoramento						Levantamento de Custos Finais do Projeto									
						Roteiro para o vídeo da BraganTec									
						Construção da Vareta									
						Vídeo e Submissão da inscrição da BraganTec									
						Gravação do Vídeo									
Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente				Atualizações no Cronograma Semanalmente							
Construção do Protótipo e Testes				Testes											
Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo				Escritas no Diário de Bordo							
Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe				Reuniões entre a equipe							

Fonte: própria

Figura 34 – Legenda

LEGENDA	
	REALIZADO
	EM ANADAMENTO
	NÃO REALIZADO
	ATRASADO
	INDEFINIDO

Fonte: própria

Figura 35 – Legenda das atribuições

LEGENDA	
	REALIZADO
	EM ANADAMENTO
	NÃO REALIZADO
	ATRASADO
	INDEFINIDO

Fonte: própria

4.17 PLANILHA DE GASTOS DO PROJETO

Figura 36 – Planilha dos gastos gerais

MATERIAIS	QUANTIDADE	VALOR	LOCAL DA COMPRA	QUANDO FOI ENCOMENDADO/COMPRADO	QUANDO CHEGOU
Jumpers Macho x Macho 30cm	20	19,5	Mercado Livre	02 abril 2025	05 abril 2025
Jumpers Fêmea x Macho 30cm	20	19,5	Mercado Livre	02 abril 2025	05 abril 2025
Acelerômetro Giroscópio 3 Eixos Mpu-6050	1	29	Mercado Livre	02 abril 2025	05 abril 2025
Ky-024 Sensor Linear Hall Magnético	1	17,5	Mercado Livre	02 abril 2025	05 abril 2025
Placa Chapa De Acrílico Transparente Cristal 20 X 40cm X 2mm	4	92,9	Mercado Livre	02 abril 2025	08 maio 2025
Filamento Branco	1	15	Bento Quirino - Marcellus	9 abril 2025	9 abril 2025
Filamento Preto	1	20	Indaauruba	19 agosto 2025	25 agosto 2025
Cola Instantânea Super Bonder	1	9	Eletromarques - Paulínia	11 junho 2025	11 junho 2025
Terra 2kg	1	8	Aki Tem Utilidades - Paulínia	24/08/2025	24/08/2025
Cabo de Conexão para o ESP32	1	14	Shopee	28 julho 2025	29 julho 2025
Argila Expandida	1	7	Aki Tem Utilidades - Paulínia	24/08/2025	24/08/2025
Manta de Bidim	1	8	Aki Tem Utilidades - Paulínia	24/08/2025	24/08/2025
Funil	1	-	-	-	-
Água	-	-	-	-	-
ESP32	1	45,9	Shopee	11 abril 2025	16 abril 2025
Imã	1	-	-	-	-
		TOTAL			
		305,3			

Fonte: própria

5. RESULTADOS DO PROJETO

No estágio atual de desenvolvimento, o protótipo do SMDT (Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra) encontra-se praticamente finalizado. A estrutura física já está montada, incluindo a caixa de acrílico, o sistema de drenagem com argila expandida e manta de bidim, a vareta de filamento 3D que sustenta os sensores, além do pluviômetro bascular impresso em 3D. A próxima ação a ser executada, é a inserção da terra no interior da caixa, para possibilitar os testes de monitoramento em escala reduzida.

O painel de monitoramento remoto já está em fase de desenvolvimento e integrado ao Tago.IO, exibindo em tempo real os valores coletados pelos sensores. Além disso, o sistema já está configurado para emitir alertas automáticos pelo WhatsApp, o que amplia e aumenta a aplicabilidade prática do protótipo ao aproximá-lo de um cenário real de risco.

Em breve serão realizados testes práticos com a vareta de filamento posicionada dentro da terra simulada, onde o giroscópio MPU-6050 deverá registrar variações angulares (graus de inclinação) e o sensor Hall contabilizará a quantidade de chuva acumulada pelo pluviômetro bascular. Esses dados serão transmitidos diretamente para o painel, que deverá mostrar os resultados em gráficos e acionar os alertas preventivos quando ultrapassarem os limites estabelecidos.

6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Sistema de Monitoramento de Deslizamentos de Terra (SMDT) atingiu seus objetivos principais, resultando em um protótipo funcional, acessível e eficiente. O sistema demonstrou ser capaz de monitorar em tempo real dois dos principais fatores de risco para deslizamentos: a inclinação do solo e o volume de precipitação.

Ao emitir alertas de antemão quando os parâmetros monitorados ultrapassam limites críticos, o SMDT cumpre não apenas uma função técnica, mas também uma função social de grande relevância: contribui diretamente para a prevenção de riscos e para o bem-estar das comunidades em áreas vulneráveis. A possibilidade de notificar antecipadamente moradores e autoridades locais amplia o tempo disponível para evacuação e tomada de medidas de segurança, reduzindo os impactos de tragédias e potencialmente salvando vidas.

Além disso, o projeto evidencia a viabilidade econômica e prática de se desenvolver soluções de monitoramento de baixo custo que, mesmo em escala reduzida, demonstram potencial de aplicação em situações reais. O protótipo reforça a importância de associar tecnologia, sustentabilidade e segurança social, mostrando que a inovação pode ser um instrumento de transformação positiva em contextos de risco.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL- **Deslizamento de Terra**. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/tags/deslizamento-de-terra> . Acesso em: 26 mar. 2025

AGÊNCIA BRASIL - **Brasil tem 1.942 cidades com risco de desastre ambiental**. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2024-05/brasil-tem-1942-cidades-com-risco-de-desastre-ambiental#:~:text=Popula%C3%A7%C3%B5es%20pobres, enxurradas%20e%20deslizamentos%20de%20terra>. Acesso em: 07 abr 2025

AGÊNCIA IBGE NOTÍCIAS - **Estudo inédito do IBGE mostra Sul e Sudeste como regiões que concentram as maiores áreas de suscetibilidade a deslizamentos**.

Disponível em:

<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/26118-estudo-inedito-do-ibge-mostra-sul-e-sudeste-como-regioes-que-concentram-as-maiores-areas-de-suscetibilidade-a-deslizamentos#:~:text=Estudo%20in%C3%A9dito%20do%20IBGE%20mostra,a%20deslizamentos%20%7C%20Ag%C3%Aancia%20de%20Not%C3%ADcias> . Acesso em: 07 abr. 2025

ARTHUR MEDEIROS ENCONSTA VIVA POLI UFRJ - **Histórico de deslizamentos de terra no Brasil**. Disponível em:

<https://encostaviva.poli.ufrj.br/index.php/historico-deslizamento/> . Acesso em: 25 mar. 2025

BIT A BIT - **Arduino - Usando o módulo giroscópio/acelerômetro**. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=o-ekkWT5C98> . Acesso em 26 fev. 2025

BRASIL ESCOLA - **Deslizamentos de Terra**. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/deslizamentos-encostas.htm#:~:text=O%20processo%20de%20urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20desordenada,Deslizamentos%20de%20terra%20no%20Brasil>. Acesso em: 07 abr. 2025

BRASIL ESCOLA – **Deslizamentos de Terra no Brasil**. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/enchentes-deslizamentos-terra-no-brasil-principais-causas.htm#:~:text=As%20regi%C3%B5es%20Sul%20e%20Sudeste,serrana%20do%20Rio%20de%20Janeiro>. Acesso em: 07 abr. 2025

BRASIL. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília, DF: Presidência da República, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 02 set. 2025

BRESSANI, L. A. ***Deslizamentos de terra: causas, consequências e prevenção***. São José dos Campos: Centro Regional de Educação em Ciência e Tecnologia Espacial para América Latina e Caribe (CRECTEALC), 2009. Disponível em: http://www.inpe.br/crs/crectalc/pdf/bressani_ceos.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

BRINCANDO COM IDEIAS- **Sensor GIROSCÓPIO MPU6050. Com a PROGRAMAÇÃO PRONTA**. Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=ijiZ_UyChbs . Acesso em: 15 mar. 2025

CEMADEN. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Deslizamentos**. [S. l.], 2024. Disponível

em: <http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/>. Acesso em: 22 set. 2025.

CEMADEN – **Mapa Interativo**. Disponível em:

<https://mapainterativo.cemaden.gov.br/#> . Acesso em 26 mar. 2025

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 02 set. 2025

DAEE - **Banco de Dados**. Disponível em:

<https://hidrologia.spaguas.sp.gov.br/> . Acesso em 26 fev. 2025

DEFESA CIVIL DO ESPÍRITO SANTO. **Avaliação de risco geológico. Vitória, 2021.**

Disponível

em: [https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CAR/Avalia%C3%A7%C3%A3o de Risco Geol%C3%B3gico ESESP.pdf](https://defesacivil.es.gov.br/Media/defesacivil/Capacitacao/Material%20Did%C3%A1tico/CAR/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20Risco%20Geol%C3%B3gico%20ESESP.pdf).

Acesso em: 22 set. 2025.

DEFESA CIVIL DO MARANHÃO. **Programas ou campanhas: deslizamento.**

Disponível em: <https://defesacivil.ma.gov.br/programas-ou-campanhas/deslizamento>.

Acesso em: 22 set. 2025.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Solos do Brasil.**

Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>.

Acesso em: 22 set. 2025.

ESCAVADOR – **John Wesley Bomfim de Faria**. Disponível em:

<https://www.escavador.com/sobre/561216208/john-wesley-bomfim-faria> . Acesso em 26 fev. 2025

G1.GLOBO - **Deslizamentos de terra durante chuvas provocaram 17 mortes em Salvador nos últimos 10 anos; relembre casos**. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2024/11/27/deslizamentos-de-terra-por-durantes-chuvas-provocaram-mortes-em-salvador-nos-ultimos-10-anos-relembre-casos.ghtml> . Acesso em: 25 mar. 2025

GFDRR. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. ***Deslizamentos: guia básico para gestão de riscos***. Washington, DC, 2015. Disponível em: https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/Deslizamentos_M5DS.pdf. Acesso em: 22 set. 2025.

GOV.BR - **Mapa mostra locais sensíveis a deslizamento de terra**. Disponível em:

<https://www.gov.br/capes/pt-br/assuntos/noticias/mapa-mostra-locais-sensiveis-a-deslizamento-de-terra> . Acesso em: 07 abr. 2025

JULIA LABS - **Como Usar o Sensor de Umidade do Solo no Arduino**. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=QPH9aXS2bio> . Acesso em: 26 fev. 2025

JULIA LABS - **Sensor De Umidade Do Solo - como funciona, como programar no arduino**. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=zUZpPkVHAcS> . Acesso em 26 fev. 2025

NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 – Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e**

sustentáveis. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 02 set. 2025

PLUVIÔMETRO DE BASCULA CASEIRO. Disponível em:
<https://www.youtube.com/shorts/iIJWHhq1DwM> . Acesso em 26 fev. 2025

PLUVIÔMETRO DE BÁSCULA COM ARDUINO - **Parte elétrica.** Disponível em:
https://youtu.be/IOBPau61f58?si=Mthp_rdVOIRalgoc . Acesso em 26 fev. 2025

PLUVIÔMETRO DE BÁSCULA DE PET COM ARDUÍNO. Disponível em:
https://youtu.be/FOFTJ_G-HOI?si=VyQl3VrFou1ATVjc . Acesso em 26 fev. 2025

PROJETO DE FÍSICA II – UFLA - **Tentativa de prever deslizamento de terra com componentes do arduino.** Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=nGoYemmWB4g> . Acesso em: 26 fev. 2025

PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL - **O que é proteção e defesa civil.** Disponível em:
<https://www.defesacivil.mt.gov.br/o-que-e-protecao-e-defesa-civil> . Acesso em: 07 abr. 2025

ROBOCORE - **Acelerômetro e Giroscópio MPU-6050.** Disponível em:
<https://www.robocore.net/sensor-robo/acelerometro-e-giroscopio-mpu6050?srsId=AfmBOopsjT2058e3Nz-XJBRIVuqOVzLSXXFVEyEAdo0rd7ZCPpimjpxv> . Acesso em: 25 mar. 2025

ROBOCORE – **Sensor de Efeito HALL.** Disponível em:
<https://www.robocore.net/sensor-robo/sensor-de-efeito->

hall?srsltid=AfmBOoouh_Sr9NPv6DnLcGREubrp8HSxYccGt497q4qKKjN8JTg8vfRL

. Acesso em 15 mar 2025

SÉRIE DE DEBATES CEMADEN - "**Sistemas de monitoramento e alerta de deslizamentos**" (Dr. Ângelo Consoni – CEMADEN). Disponível em:

https://youtu.be/slp_MeXuABs?si=HMBhxrrOqq9dnLVV . Acesso em: 12 fev. 2025

SIBH – **Chuva Agora**. Disponível em:

https://cth.daee.sp.gov.br/sibh/chuva_agora . Acesso em 26 fev. 2025

SIBH – **Dados Hidrológicos** . Disponível em:

<https://cth.daee.sp.gov.br/sibh/> . Acesso em 26 fev. 2025

SIBH – **Mapa Interativo**. Disponível em:

<https://cth.daee.sp.gov.br/sibh/mapa> . Acesso em 26 fev. 2025

TERRA - **Brasil tem quase 4 mil mortes por deslizamentos de terra**. Disponível em:

[https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/brasil-tem-quase-4-mil-mortes-por-deslizamentos-de-](https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/brasil-tem-quase-4-mil-mortes-por-deslizamentos-de-terra,43b8e0c71f1d32c1a69b88fbcc4b0ede40xtezym.html?utm_source=clipboard)

[terra,43b8e0c71f1d32c1a69b88fbcc4b0ede40xtezym.html?utm_source=clipboard](https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/brasil-tem-quase-4-mil-mortes-por-deslizamentos-de-terra,43b8e0c71f1d32c1a69b88fbcc4b0ede40xtezym.html?utm_source=clipboard) .

Acesso em 25 mar. 2025

TERRA - **Deslizamento de terra mata um e deixa outra pessoa ferida na Grande SP**. Disponível em:

[https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/deslizamento-de-terra-mata-um-e-deixa-outra-pessoa-ferida-na-grande-](https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/deslizamento-de-terra-mata-um-e-deixa-outra-pessoa-ferida-na-grande-sp,6cce21d02058aa61e59d8b1389bde082ee7xruam.html?utm_source=clipboard)

[sp,6cce21d02058aa61e59d8b1389bde082ee7xruam.html?utm_source=clipboard](https://www.terra.com.br/noticias/brasil/cidades/deslizamento-de-terra-mata-um-e-deixa-outra-pessoa-ferida-na-grande-sp,6cce21d02058aa61e59d8b1389bde082ee7xruam.html?utm_source=clipboard) .

Acesso em 25 mar. 2025

TCC JOHN WESLEY BOMFIM FARIA E SIMEON THOMAS BOMFIM DE FARIA - **Sistema de monitoramento remoto de solos**. Disponível em:

<https://www.eletrica.ufpr.br/tcc/2019/2s/John%20Wesley%20Bomfim%20de%20Faria%20e%20Simeon%20Thomas%20Bomfim%20de%20Faria/TCC-JohnWesley-SimeonThomas.pdf> . Acesso em: 26 fev. 2025

TESTESOLO. **Análise de Estabilidade de Taludes: Aplicação da NBR 11682**. 2023. Disponível em: <https://testesolo.com.br/blog/analise-de-estabilidade-de-taludes-aplicacao-da-nbr-11682/>. Acesso em: 02 set. 2025

UNICAMP IC – “ **Monitoramento da Erosão do Solo através de um Sistema IoT que Integra o Método da Parcela de Erosão e uma Estação Meteorológica**”. Disponível em:

<https://www.ic.unicamp.br/~reltech/2023/23-08.pdf> . Acesso em 26 fev. 2025

USGS. **United States Geological Survey. Types of landslides**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/media/images/types-landslides>. Acesso em: 22 set. 2025.

VESTIBULAR UOL - **Tragédia no Rio - O maior desastre natural do país**. Disponível em:

<https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/tragedia-no-rio-o-maior-desastre-natural-do-pais.htm?cmpid=copiaecola> . Acesso em: 25 mar 2025