



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA:
MESTRADO EM GEOGRAFIA

SOLANGE PEREIRA DE MORAES

**ESTUDO DE ÁREAS DE RISCOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS NO SUDOESTE
AMAZÔNICO - MUNICÍPIOS DA REGIONAL DO ALTO ACRE – BRASILÉIA,
EPITACIOLÂNDIA E XAPURI.**

Rio Branco – AC

2024



SOLANGE PEREIRA DE MORAES

**ESTUDO DE ÁREAS DE RISCOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS NO SUDOESTE
AMAZÔNICO - MUNICÍPIOS DA REGIONAL DO ALTO ACRE – BRASILÉIA,
EPITACIOLÂNDIA E XAPURI.**

Trabalho de Dissertação apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Waldemir Lima dos Santos

Rio Branco – AC

2025

Solange Pereira de Moraes

**ESTUDO DE ÁREAS DE RISCOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS NO SUDOESTE
AMAZÔNICO - MUNICÍPIOS DA REGIONAL DO ALTO ACRE – BRASILÉIA,
EPITACIOLÂNDIA E XAPURI.**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Waldemir Lima dos Santos

Orientador e Presidente da Banca

Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre.

Prof. Dr. Marcelo de Vasconcelos Borges

Examinador

Professor do Curso de Engenharia Civil - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas -
CCET/UFAC

Prof. Dr. Cleiton Sampaio de Farias

Examinador

Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre

Prof. Dr. Anderson de Azevedo Mesquita

Suplente

Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre – UFAC

DEDICATÓRIA

Dedico essa pesquisa, primeiramente ao meu Deus que me concedeu saúde e equilíbrio nas horas difíceis, sem sua presença esse trabalho não seria possível. Dedico também a minha família, irmão e aos meus queridos filhos Joao Gabriel e Maria Fernando, vocês sempre foram o meu levantar e o meu deitar. Ao meu querido Jarderson que enfrentou o campo comigo mostrando seu apoio incondicional, o meu amor a você. Enfim ao meu orientador Waldemir que foi mais que um amigo, foi a pessoa que transformou esse trabalho em momentos de seriedade com humor e cuidado, meu muito obrigada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que de uma forma ou outra, contribuíram para que eu pudesse concretizar esse meu sonho que já foi outrora sonhado. Em especial quero também agradecer a Dulcineia, a Dudu, que cuidou de mim e dos meus em minhas ausências, aos queridos amigos Marcinho, Joao, Antônia, Laura, que foram pessoas que estiveram ombro a ombro nas análises e na torcida, com palavras gentis, de apoio e oração. Não posso esquecer de duas pessoas que me impulsionaram ao mestrado, as maravilhosas Meri Cristina e Cydia, vocês são as responsáveis por eu estar aqui, a vocês, minha amizade para sempre. Quero também agradecer o Sr. João do laboratório de Ensaaios Tecnológicos - TEC, que me ajudando com os ensaios de CBR. E por fim a querida Prof. Dra. Maria de Jesus, que se mostrou paciente e aberta a me ajudar nessa empreitada, sua frase “não vamos te abandonar” ecoa em meu coração. Deus abençoe a todos.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é identificar as áreas de risco hidrogeomorfológico nos núcleos urbanos de Xapuri, Epitaciolândia e Brasileia, localizado no Estado do Acre, na regional do Alto Acre. Para desenvolver a pesquisa buscou-se inicialmente identificar estudos e pesquisas já executados nas áreas, uma vez que as três cidades citadas são alvo de riscos de inundação devido a variação de cotas que se sucedem de forma recorrentes, podendo atingir níveis históricos como o registrado no ano de 2015, atingindo 18,40 metros. O Serviço Geológico do Brasil - CPRM, realizou estudos nas três cidades, a fim de identificar riscos de deslizamentos e desabamentos, causados pelas cheias do Rio Acre. Nos estudos foram abordados os efeitos das inundações nas áreas da planície de inundação do rio Acre, demonstrando que a ação hidrodinâmica do rio Acre vem causando, desmoronamentos de suas margens, destruindo as infraestruturas construídas em suas margens. Com o conhecimento desses estudos, decidiu-se por investigar o comportamento dos maciços e sua litologia, nos locais afastado da planície de inundação, objetivando-se as cotas mais altas para avaliar a movimentação de massas e suas direções preferencias. Essa decisão vem de encontro com a geologia local que é formada por um pacote argiloso, que apresenta comportamento diferenciado conforme a mineralogia presente e sua interação com a infiltração de água, a declividade, a carga sobre o maciço e as formas de ocupação. Para os estudos, foi delimitado em cada cidade uma área que abrange tanto a malha urbana, quanto espaços localizados fora dessa. Dessa forma, as pesquisas foram concentradas em analisar quais eram as principais variáveis que elevam as áreas a categoria de risco de movimentação de massa. As investigações identificaram que a declividade, rede de drenagem, solos, relevo, litologia e nível freático, quando amplificadas, dão início a eventos que se identifica como riscos eminentes e continuados. A utilização de imagens de satélite CEBRS 4^a, 8m de resolução, e escala 1:53.000, foi a forma de analisar o crescimento da mancha urbana de cada cidade juntamente com as imagens de 1990, 2010 e 2021, do satélite *Landsat 5* e 7. Em campo, identificou-se que a expansão urbana está se direcionando para áreas com alto índice de risco hidrogeomorfológico. Através dos estudos pode ser observado que a litologia local e seu comportamento está intrinsecamente ligado com fatores como contato das diferentes camadas encontradas com a infiltração da água, diferente mineralogia, inclinação e formas de ocupação. Percebe-se que de 1990 a 2021 Xapuri acresceu a mancha urbana em 5,14 vezes (84,7 ha para 520 há); Epitaciolândia 1,83 vezes (267 ha para 755 há); e Brasileia 1,01 vezes (410 ha para 826 há), e as áreas de risco acrescidas em 4, 8 e 5, respectivamente. Portanto, é fato que, a ocupação de áreas, sem estudo geotécnicas, coloca uma população e uma gestão pública em situações de riscos, potencializado pelo comportamento dos maciços em resposta as solicitações que houver nesse, podendo causar desastres socioambientais.

Palavras-chave: Risco Geomorfológico, Movimentação de Massa, Urbanização, variáveis, Alto Acre.

ABSTRACT

The objective of this research is to identify areas of hydrogeomorphological risk in the urban centers of Xapuri, Epitaciolândia, and Brasileia, located in the state of Acre, in the Alto Acre region. To develop the research, we initially sought to identify studies and research already carried out in the areas, since the three cities mentioned are subject to flood risks due to recurring variations in water levels, which can reach historic levels such as those recorded in 2015, reaching 18.40 meters. The Geological Service of Brazil - CPRM conducted studies in the three cities to identify the risks of landslides and collapses caused by the flooding of the Acre River. The studies addressed the effects of flooding in the floodplain areas of the Acre River, demonstrating that the hydrodynamic action of the Acre River has been causing its banks to collapse, destroying the infrastructure built on its banks. Based on the findings of these studies, it was decided to investigate the behavior of the rock masses and their lithology in locations away from the floodplain, targeting the highest elevations to assess mass movement and its preferred directions. This decision is in line with the local geology, which is formed by a clayey package that behaves differently depending on the mineralogy present and its interaction with water infiltration, slope, load on the massif, and forms of occupation. For the studies, an area was delimited in each city that covers both the urban grid and spaces located outside it. Thus, the research focused on analyzing the main variables that elevate areas to the category of mass movement risk. The investigations identified that slope, drainage network, soils, relief, lithology, and water table, when amplified, trigger events that are identified as imminent and continuous risks. CEBRS 4^a satellite images, with 8m resolution and a scale of 1:53,000, were used to analyze the growth of each city's urban sprawl, together with images from 1990, 2010, and 2021 from the Landsat 5 and 7 satellites. In the field, it was identified that urban expansion is moving towards areas with a high hydrogeomorphological risk index. Through the studies, it can be observed that the local lithology and its behavior are intrinsically linked to factors such as contact between the different layers found with water infiltration, different mineralogy, slope, and forms of occupation. It can be seen that from 1990 to 2021, Xapuri increased its urban area by 5.14 times (84.7 ha to 520 ha); Epitaciolândia by 1.83 times (267 ha to 755 ha); and Brasileia by 1.01 times (410 ha to 826 ha), and the risk areas increased by 4, 8, and 5, respectively. Therefore, it is a fact that the occupation of areas without geotechnical studies puts the population and public management at risk, exacerbated by the behavior of the massifs in response to the demands placed on them, which can cause socio-environmental disasters.

Keywords: Geomorphological Risk, Mass Movement, Urbanization, Variables, Alto Acre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacias Amazônicas de <i>Foreland</i> com destaque para o Sistema Amazônico Sul.....	19
Figura 2 - Litologia local – Identificação de diferentes camadas denominadas a, b, c, d, e, f.....	23
Figura 3 - Contatos litoestratigráficos de camadas com diferentes ângulos de deposição.....	24
Figura 4 e 5 - Corte em talude evidenciando a superfície de contato com material argiloso com baixa infiltração e impermeabilidade entre as camadas a e b.....	24
Figura 6 - Moradia com suas estruturas colapsada devido a movimentação do maciço – solapamento com deslizamento.....	31
Figura 7: Região 65, incluindo a Bacia do Rio Acre. B: Evolução Anual de Precipitação, 1981-2010.....	33
Figura 8: Mapa hidrográfico do estado do Acre.....	34
Figura 9: Localização das áreas de estudo e sua delimitação.....	35
Figura 10,11 - Estufa utilizada para secagem de amostras de solo a 59°C.....	40
Figura 12,13: Maceração manual das amostras de solo (esquerda) até a obtenção de um material homogêneo e pulverizado (direita).....	41
Figura 14,15 - Exemplo das amostras dissolvidas em água para posterior flotação.....	42
Figura 16,17 – Cloreto férrico a 5% utilizado como reagente de flotação.....	43
Figura 18: Teste realizado em <i>Airtest</i> com diferentes quantidades de solução de cloreto férrico (2N) para flotação de amostras de solo. Quantidades variando de 200 a 400 ml, de 50 em 50 ml, da esquerda para a direita.....	43
Figura 19,20 – Preparo das amostras de solo após flotação, com a retirada da água (esquerda) e a acomodação em formas para serem transferidas para estufa (direita).....	44
Figura 21,22 – Material utilizado para separação granulométrica de solo. Peneiras com malhas de 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,053 mm (esquerda) e balança analítica de precisão de 0,001g (direita).....	45

Figura 23,24 - Horizonte de deslizamento.....	46
Figura 25 - Composição da vertente normal ou regular por Max Derruau (1963)	47
Figura 26 e 27 – ponto de flexão do talude.....	48
Figura 28 - Índice de crescimento da expansão urbana de Brasília, Epitaciolândia e Xapuri..	50
Figura 29 - Apresentação da rugosidade da cidade de Brasília.....	51
Figura 30 - Apresentação da rugosidade da cidade de Epitaciolândia.....	52
Figura 31 - Apresentação da rugosidade da cidade de Xapuri.....	52
Figura 32 - Compactação-CBR.....	56
Figura 33 - Expansão-CBR.....	57

Sumário

1	Introdução	11
1.1	Aspecto Geológico	11
1.2	Riscos Hidrogeomorfológico.	11
2	Revisão de Literatura.	11
2.1	Contexto geológico regional.	11
2.2	Formação Solimões.....	12
2.3	Sistema das Bacias Amazônica	12
2.4	Contexto Hidrológico	14
2.5	Comportamento Mineralógico das argilas.	15
2.6	Estudos de Áreas de Risco	19
2.6.1	<i>Áreas de vulnerabilidade ambiental do Alto Acre</i>	21
2.7	Meio ambiente e suas inter-relações sociais.....	25
2.8	As intercorrências climáticas	26
2.9	Aspectos geoambientais da área de estudo.	27
3	Área de Estudo	29
4	Hipótese de trabalho.....	30
5	Objetivo geral.....	31
5.1	- Objetivos específicos	31
6	Material e Métodos	32
7	Resultados	40
7.1	Movimento de massas local	40
7.2	Formas de Vertentes	41
7.3	Expansão Urbana	43
7.4	Apresentação da Rugosidade e o relevo das cidades de Brasileia, Epitaciolândia e Xapuri.	44
7.5	Análise de CBR, Expansão e Infiltração.....	49
7.6	Análise mineralógica.	51
8	Conclusão	55

1 Introdução

2 Revisão de Literatura.

2.1 Contexto geológico regional.

A região de estudo encontra-se dentro de contexto geológico e tectônico, que resulta no evento da orogenia Andina, e da formação das bacias de *foreland* que se inicia no Neocretáceo-Paleoneno (David e James, 1971).

Decelles e Horton, (2003), descrevem em seus estudos que os paleoscanais das bacias formadas no Território da Bolívia, indicam que provavelmente os depósitos são predominantemente fluviais e lacustres que se iniciaram no Oligocénico tardio, e evoluíram até o início do Mioceno, onde ocorre uma sucessão que consistem em arenito fluvial, intercalado com argilito (incluindo paleossolos menores), que creditam como sendo da Formação Santa Lucía.

Nos estudos de Decelles e Horton (2003), identificaram que a parte superior da Formação Santa Luzia, é truncada pela erosão, estabelecendo que o evento ocorre do período Oligoceno tardio até o início do Mioceno. Esses estratos são recobertos por até 50 m de lamito e arenito amplamente alterados pedogenicamente na parte superior dessa Formação. Em suas pesquisas, eles analisaram aspectos sedimentológicos e estratigráficos dessa formação, contribuindo para entender os ambientes de deposição e a história geológica da região. Seus estudos ajudaram a identificar os processos que levaram à formação dos depósitos sedimentares, além de fornecer insights sobre a paleogeografia e a evolução tectônica da área durante o período em que a Formação Santa Lucía se formou.

A contextualização geológico regional e local, responsáveis pela formação das bacias sedimentares, demonstra uma correlação entre as áreas com observação de diferentes tipos de materiais e do seu comportamento, frente ao uso e ocupação desses.

Os estudos de afloramentos e a identificação de vertentes podem revelar quais os tipos de matérias existentes e os eventos que estão acontecendo ou evidência de possíveis eventos, sendo, portanto, um processo necessário para identificar as diferentes camadas geológicas e seus aspectos. Seu conhecimento leva a compreender o comportamento frente as ações sejam naturais ou de antropização.

No cenário geológico local, foi atribuído os materiais encontrados como pertencentes a Formação Solimões onde encontra-se sobreposto materiais do período Quaternário compreendendo o período de 2,588 milhões de anos. O Quaternário, por sua vez, é composto

por duas épocas: Pleistoceno e Holoceno, cujos materiais estão presentes nas áreas em estudo e são determinantes para a ocorrência de processos geomorfológicos (Walker et al., 2009; Gibbard & Head, 2010).

O estudo do solo e relevo da bacia do Acre, seja em áreas urbanas ou rurais, revela um caráter ambiental complexo, expresso nas interações entre os ambientes natural, físico e socioeconômico. Depreende-se do exposto que a bacia do Acre desempenha um papel muito significativo no crescimento econômico e no desenvolvimento do estado do Acre, desde as primeiras ocupações.

2.2 Formação Solimões

Dentro da orogenia da Formação Andina central, as pesquisas levam a compreensão de que a Bacia do Solimões no Território Brasileiro é uma continuidade da Bacia de Madre de Dios dos Territórios do Peru e da Bolívia.

Na porção sul da bacia Amazônica a Formação Solimões ainda carece de estudos, para compreender melhor a Formação desta Bacia e sua evolução no contexto de continuidade da Bacia Madre de Dios, identificando correlações estratigráficas, mineralógica, e os eventos cronoestratigráficos entre as bacias (Decelles e Horton, 2003).

A Formação Solimões é uma unidade litoestratigráfica da Bacia do Acre, cujos afloramentos ocorrem principalmente na porção sudoeste da Amazônia, a noroeste do continente Sul Americano. Os sedimentos desta formação foram depositados do Eoceno até o Plioceno, mas é o registro geológico do Mioceno dessa unidade que merece destaque do ponto de vista paleontológico. Seu paleoambiente é caracterizado por um sistema aquático complexo, de cursos fluviais, lagos e pântanos, além de áreas florestais ao longo dos rios e matas típicas de várzea, (Latrubesse, 2007).

A figura a seguir transforma em imagem o que foi descrito pelos autores, onde se observa as conexões relatadas.

2.3 Sistema das Bacias Amazônica

O Sistema Amazônico Norte, de Bacias de *Foreland*, e o Sistema Amazônico Sul, estão separados pelo Arco de Fitzcarrald. O Arco é compreendido como sendo uma elevação formada pela crista da Placa de Nazca em subducção sob a região (RODDAZ et al., 2005b).

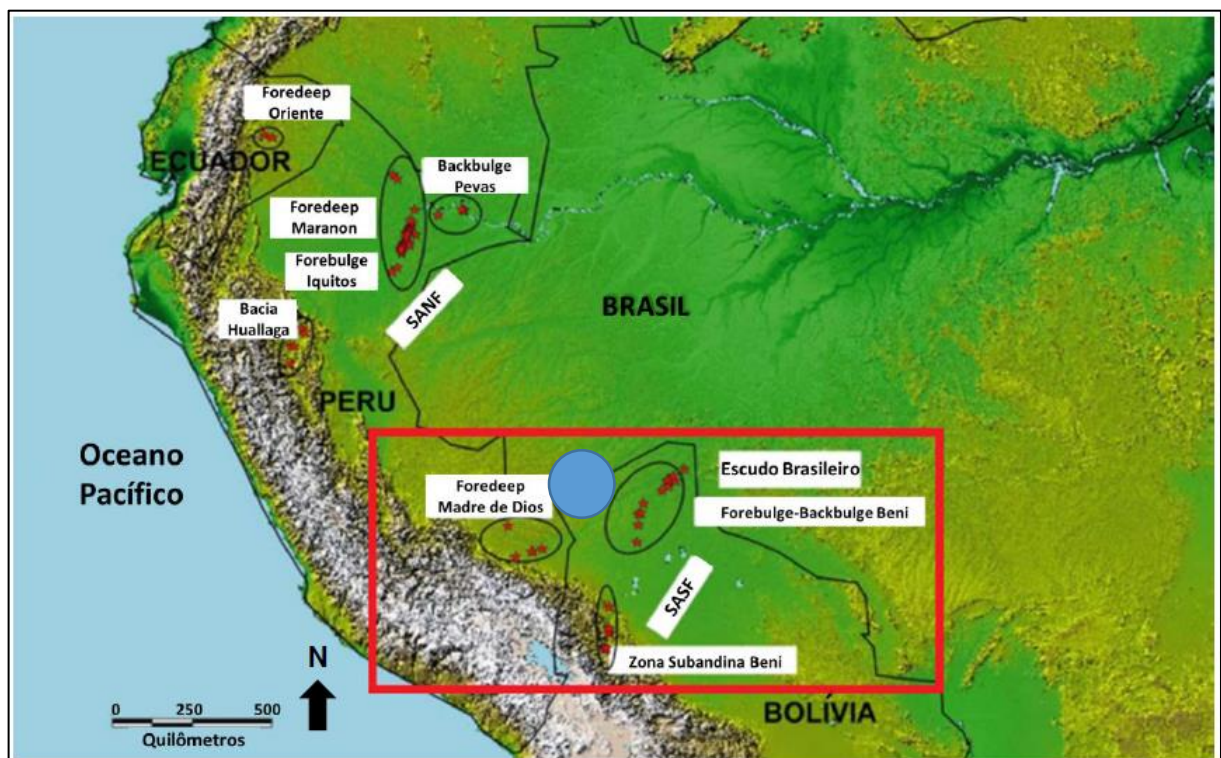
Os estudos de Jordan e Horton (2017) também trazem contribuições importantes para a compreensão da Formação Santa Lucía na Bolívia. Nesse trabalho, eles abordaram aspectos

relacionados à sedimentologia, estratigrafia e possíveis ambientes de deposição dessa formação. Seus achados ajudaram a aprofundar o entendimento sobre os processos sedimentares e a evolução geológica da região, além de fornecer uma perspectiva atualizada sobre a história geológica da área.

A Bacia Madre de Dios encontra-se em parte na Zona Subandina e em parte no *Foredeep*, localizando-se no sul do Peru, e no norte da Bolívia, ambas com entradas para o Território Brasileiro no contexto do Sistema de Bacias de *Foreland* Amazônico Sul, tendo assim a orientação WNW-ESSE (RODDAZ et al., 2010), (fig. 02).

Do lado Brasileiro a Bacia Madre de Dio apresenta conexão com a Formação Solimões, sendo considerado uma continuidade da Bacia do Território Boliviano. Em território Brasileiro, no SE do Estado do Acre, encontra-se a Bacia do Rio Acre, que tem suas cabeceiras abrangendo partes da Bolívia e do Peru, sendo um dos responsáveis atuais pelo transporte de sedimentos para a Bacia do Solimões do Alto, Médio e Baixo Acre, figura 1.

Figura 1 - Bacias Amazônicas de *Foreland* com destaque para o Sistema Amazônico Sul, no qual encontram-se as bacias Madre de Dios e Beni. SANF: Sistema Amazônico Norte de Bacias de *Foreland*; SASF: Sistema Amazônico Sul de Bacias de *Foreland*. ● - Região das Pesquisas – Brasília, Epitaciolândia e Xapuri.



Fonte: Roddaz, 2005.

2.4 Contexto Hidrológico

A região da Bacia do Rio Acre, faz parte da bacia do Rio Purus que integra a bacia do Rio Amazonas, fazendo parte desse complexo caminho geológico e que remontam uma história de milhões de anos, resultando na formação geomorfológico que hoje encontramos.

Goldstein e Jacobsen 1988; Fralick e Kronberg 1997, discutem que os rios são os principais elementos modificadores onde seus traçados e sua dinâmica, promovem ao longo de milênios erosões, com modificações de seus cursos e o aporte de materiais geológicos provenientes do continente, que alcançam os oceanos. As composições destes produtos, químico e isotópico, sofrem influências de vários fatores, que incluem: 1) ambiente geológico (composição, diagênese, metamorfismo e taxa de intemperismo das rochas) da bacia de drenagem; 2) clima; 3) classificação hidráulica; 4) aportes eólicos e glaciais e 5) atividades antropogênicas.

A interação de fatores como os processos físicos e químicos envolvidos e até como variou a composição da crosta continental superior ao longo do tempo podem ser medidos estudando-se as frações particuladas e dissolvidas dos grandes rios do mundo (Negrel et al. 1993, Millot et al. 2004). Contudo, a composição química do material transportado pela água ao longo dos rios pode ser modificada devido ao aporte de afluentes e a variação do substrato geológico, o que dificulta sua correlação com a rocha fonte (Borges et al. 2008). Para isso, utilizam-se como parâmetros: a mineralogia e a química dos minerais resistentes, e a química dos sedimentos com ênfase nos elementos imóveis como Al, Ti, Th, Sc, Co, Zr e ETR, que são pouco fracionados durante os processos de intemperismo, e concentram-se no material em suspensão e no sedimento de fundo em detrimento da fração dissolvida dos rios (Taylor e McLennan 1985).

Os estudos identificaram nas três cidades uma sequência de camadas que comportamento geológico é considerado aparentemente semelhantes, em função coloração, estruturas, comportamento de plasticidades e infiltração da água. Os materiais geológicos são formados por argilas variadas, onde os maciços apresentam estratigrafias cruzadas e acamamentos simples em diversas camadas, em profundidade ainda não conhecida.

As camadas são compostas por materiais finos (siltitos, argilitos e arenitos), com presença de finas camadas de composição ferrífera, que possivelmente estão associadas às condições climáticas da região sul-ocidental da Amazônia.

2.5 Comportamento Mineralógico das argilas.

Nos estudos e nas revisões bibliográficas percebe-se que a geologia das áreas pesquisadas é “similar”, com material argiloso da Bacia de Madre de Dios, do lado Peruano e Boliviano, e da Bacia da Formação Solimões do lado Brasileiro.

Conforme descrito anteriormente, a geologia é bem complexa na formação das bacias e suas conexões. Em campo pode ser observado que existe comportamento diferenciado entre as camadas, e que possivelmente estão intrinsecamente ligados com sua composição mineralógica do evento deposicional.

Nos países fronteiriços com o Brasil, tem-se visto muitos estudos executados, alguns citados aqui nesse texto, a exemplo de Rodaz, 2005, revelando a complexidade mineralógica e estrutural das formações. No entanto na porção da Bacia do Solimões, que se encontra no Acre ainda não existem estudos robustos, diferentemente da geologia da porção da Bacia do Acre que se encontra no Extremo Oeste do estado do Acre, onde desde os anos 70 pela Petrobras e mais recentemente por um consórcio de pesquisadores da USP (2022), onde foi executado um furo de 2.000 metros de profundidade, porém ainda não se conhece os resultados.

Na região do Alto e Médio Acre, observa-se nas camadas mais superficiais, em taludes e furos de até 50 metros, uma sequência de camadas argilosas com estruturas e comportamento diferente.

Para LATRUBESSE, (1997), nas áreas de estudos, foi encontrado uma paleontologia e geologia que segundo o autor, sustentam um modelo paleoambiental da Amazônia Sul-Occidental durante o Mioceno Superior-Plioceno. Ainda, os sedimentos terciários (Formação Solimões) aflorantes nesta região foram depositados por um complexo sistema de megaleques originário dos Andes peruanos. Este sistema de megaleques, representaria uma resposta sedimentar à fase tectônica Quéchuá ocorrida nos Andes durante o Mioceno Médio/Superior.

Portanto, a complexidade na formação geológica, através da presença de camadas diferenciadas de argilas e de camadas ferríferas, estruturalmente e mineralogicamente diferentes, podem apresentar padrões de comportamentos divergente em seus contatos estruturais, formando zonas de fragilidades.

Foi observado nas três cidades, objeto de estudo, padrões de comportamento dos materiais, mediante a variação de agentes modificadores de estruturas, resultando na formação de camadas distintas entre si e com dinâmicas estruturais diferenciadas, em função da composição mineralógica.

A resposta dos materiais em diferentes camadas, e a formação de padrões, tem a ver

com a entrada da água no sistema, e a sua atuação nas estruturas dos minerais. O processo de infiltração e permeabilidade é um sistema complexo que envolve a composição mineralógica, a variabilidade espacial, alterações no tempo e no espaço, manejo do solo, umidades permanentes ou eventuais, cobertura vegetal, declividade, rugosidade superficial entre outros, (Reichert, 1992).

O comportamento deformacional de uma argila contrátil-expansiva depende do mineral existente em sua estrutura, uma vez que nem todos os minerais presentes nas argilas, apresentam modificações volumétricas (Aquino et al, 2022).

Nas três cidades, objetos desse estudo, Brasília, Epitaciolândia e Xapuri, observou-se que o pacote sedimentar é formado por camadas argilosas que apresentam diferenciações em suas composições, onde existem camadas que não apresentam comportamento expansivo. Essas camadas estão posicionadas geralmente nos 5 primeiros metros. Abaixo delas quase sempre aparece as primeiras camadas com comportamento contrátil-expansiva.

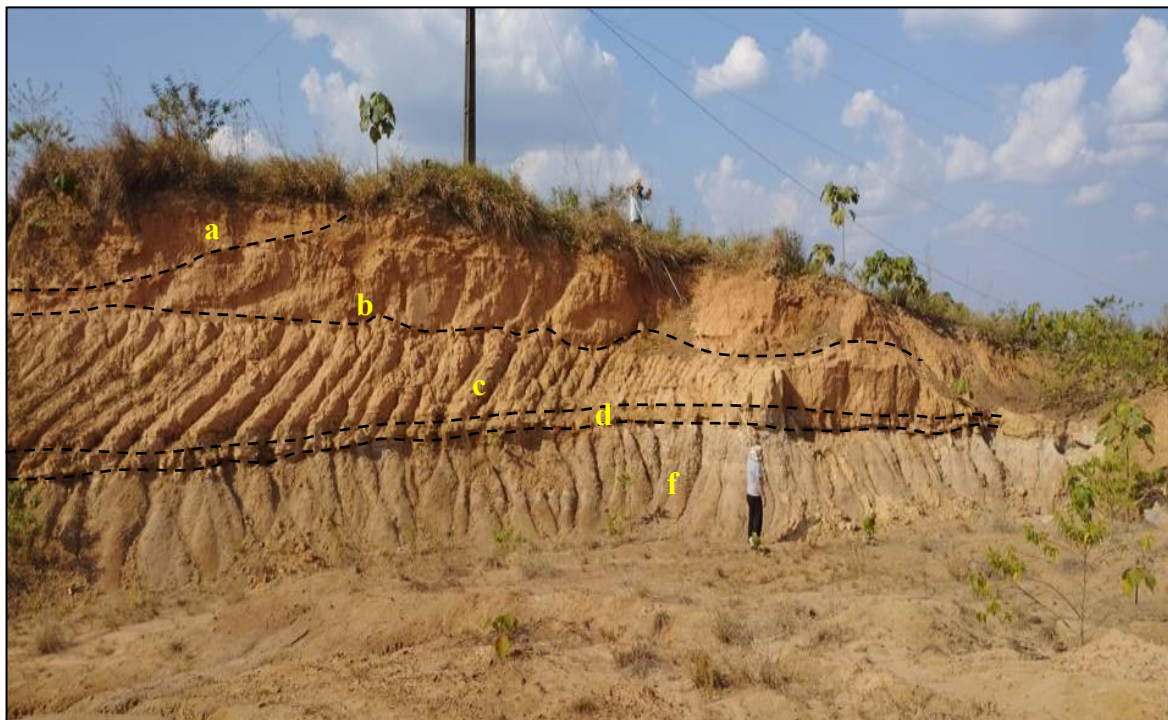
As camadas contrátil-expansiva, apresentaram uma textura com elevada plasticidade na presença de água, porém, sem apresentar transmissividade, comportando-se como uma barreira para infiltração de água.

As camadas argilosas contrátil-expansiva, apresenta um comportamento de deformação, conforme se aplica peso ou pressão sobre ela. Na região sua coloração é acinzentada e apresenta uma barreira para o escoamento

Nos estudos foi observado que é nesse horizonte que ocorre a mudança de direção do fluxo subterrâneo, de vertical para horizontal devido a sua impermeabilidade. Essa camada apresenta uma hidratação lenta e uma dissecação rápida em função do escoamento sobre sua superficial. Também foi observado que a movimentação, tem a ver com a inclinação e o peso que se encontra sobre ela, sendo o cenário propício para as movimentações de massas, principalmente quando a inclinação da vertente for expressiva.

Em vários cortes de taludes e no fundo de vertentes, identificou-se o mesmo material demonstrando a de mudança de direção de fluxo subterrâneo. Na figura 2, ela está identificada na camada “f”, onde acima dela encontra-se um pacote formada por uma crosta laterítica (d) e acima dessa crosta (c), outras camadas de materiais mais finos e compactos, não apresentando movimentos dúctil ou retrátil, figura 2.

Figura 2 – Litologia local – Identificação de diferentes camadas denominadas a, b, c, d, e, f.



Fonte: Moraes, 2023.

Os Argissolos, tem suas características marcantes de plasticidade e elevada resistência. As argilas apresentam diferentes composições mineralógicas que definem suas estruturas e seu comportamento, que na presença de água, podem evoluir para movimentação de massa ou acentuar vertentes, definindo assim o relevo

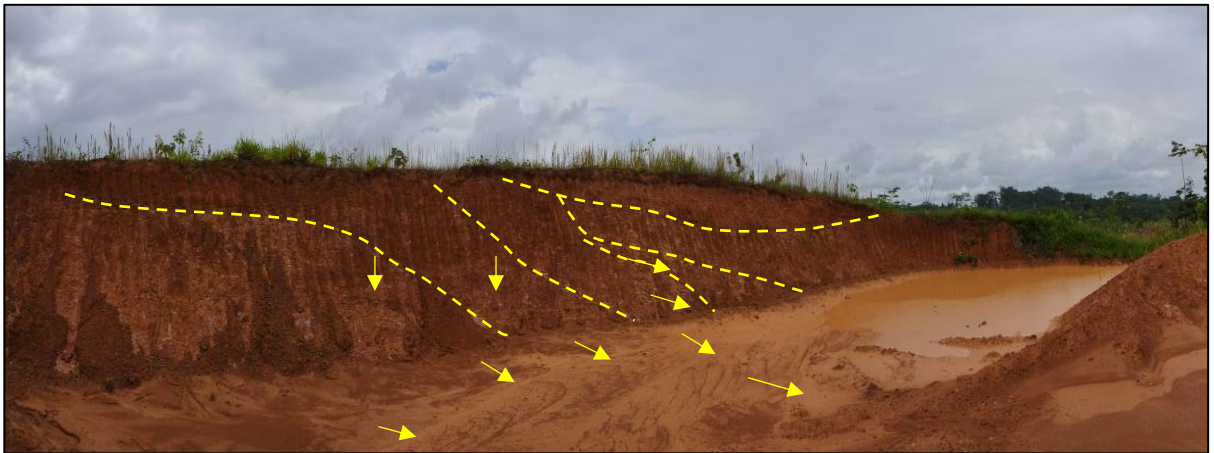
Segundo VARGAS (1977) o comportamento expansivo das argilas, se dá em função da presença de diferentes tipos de argilominerais no solo que contribui de forma geral, na plasticidade, coesão bem como no comportamento expansivo e de contração, originando gretas de contrações, onde seu desenvolvimento pode ser controlado pela salinidade, a compactação do sedimento e pela temperatura resultando nos processos de ressecamento.

Os fatores que controlam a morfologia de uma greta são combinados entre a composição dos sedimentos, a espessura das camadas e a configuração da superfície, dessa forma as movimentações das camadas criam diferentes acamamentos também em função do peso e da plasticidade que vai deformando as mesmas (PLUMMER e GOSTIN, 1981).

As camadas argilosas sobrepõem entre si com diferentes ângulos de contatos, e para explicar essas angulosidades diferentes e de espessuras e composição variada, tem que compreender o ambiente de deposição. A bacia Amazônica é formada por um ambiente fluvial meandrante e fluvial deltaico, respectivamente (SILVEIRA, 2005).

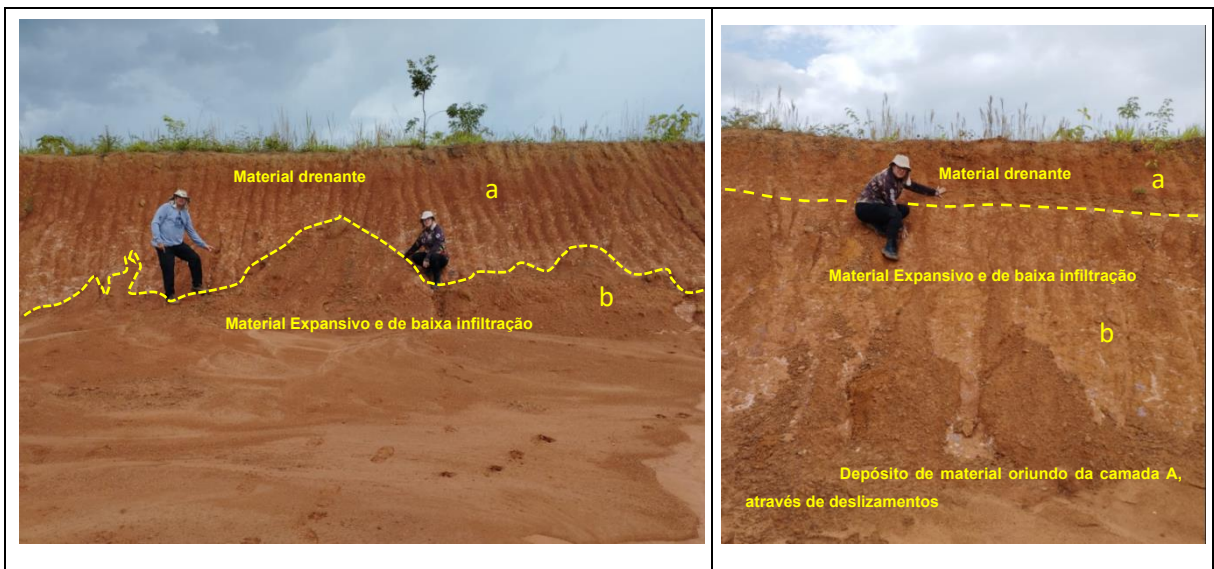
Um ambiente formado por camadas que apresentam diferentes ângulos de inclinação, pode estar associado a eventos diferentes de deposição ou deformação pela plasticidade das argilas, frente a algum tipo de esforço e pressão. Esses locais são indicadores de possíveis zonas de rupturas e deslizamentos que podem levar a pequenos e grandes deslizamentos. A figura 3, 4A e 4B, exemplifica de forma didática o que foi descrito anteriormente

Figura 3 – Contatos litoestratigráficos de camadas com diferentes ângulos de deposição.



Fonte: Moraes, 2023.

Figura 4 e 5 - Corte em talude evidenciando a superfície de contato com material argiloso com baixa infiltração e impermeabilidade entre as camadas a e b.



Fonte: Moraes, 2023.

2.6 Estudos de Áreas de Risco

O estudo do risco hidrogeomorfológico, serve para realizarmos uma discussão entre as terminologias perigo (*hazard*) e risco (*risk*), regulamente utilizadas como sinônimo, possuem, no entanto, significados divergentes.

O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e regiões conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem modificados pela atividade humana, tais como a degradação do meio ambiente e a urbanização. O risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (Blaikie 1994a; Kobiyama, 2006; Kewitt, 2014).

Desse modo conceitos de perigo e risco podem ser definidos da seguinte maneira: O perigo é um fenômeno natural que ocorre em períodos e regiões previsíveis e que pode causar sérios danos nas áreas sob seu impacto, os perigos naturais (*natural hazards*), são processos que acontecem na biosfera e podem resultar em danos podendo ser potencializados pelas atividades humanas. Já o risco refere-se à possibilidade de perda esperada em uma área habitada, dentro de um determinado período, em função da presença iminente de um perigo Kewitt (2014).

No processo que leva o conhecimento das estruturas locais, pode-se identificar quais são os potenciais para evolução de áreas de riscos ou não. Dessa forma o planejamento da ocupação frente ao mapeamento das áreas suscetíveis a evolução para área de riscos é importante para a sociedade e para a economia local.

Para se chegar na definição de áreas de riscos, é importante conhecer a composição e o comportamento dos materiais geológicos. A diversidade mineralógica, apresenta comportamentos diferentes frente ao intemperismo, de água, a precipitação pluviométrica e a malha pluviométrica formadora de canais e vertentes.

O intemperismo é naturalmente responsável pelas formações geomorfológicas e dos diferentes tipos de vertentes, relevos e canais de escoamentos perenes ou intermitentes, no entanto esse pode ser potencializado com a entrada do elemento complexo de antropização.

Atualmente a ocupação humana, ou do agronegócio, vem se desenvolvendo em diversas frentes, incluído as áreas com alta fragilidade geomorfológica.

A intensidade do avanço dos manejos submetidos no meio urbano de toda ordem, e as aglomerações urbanas, tem levado a intensificação dos processos de evolução de áreas de

riscos.

A interação de elementos como, presença de águas pluviais, fluviais, subterrânea, servidas, desenvolvimento urbano, agronegócio, geomorfologia, precisam ser estudadas e detalhadas para que as ocupações e intervenções sejam feitas acompanhadas do conhecimento das variáveis naturais presentes.

Em tempo real, percebe-se que os eventos da ocupação urbana, vem sendo um indicador de tema complexo e determinante na evolução do meio ambiente. Como já citado no texto localmente a Formação é constituída por um pacote formado por camadas de argilas diversificadas, onde a água é um agente modificador lento, mas poderoso para a evolução de ravinamentos e voçorocas, deixando o maciço vulnerável a movimentações devido a lixiviação dos materiais continuamente.

Toda a descrição elaborada anteriormente, forma um cenário de fragilidades, devida as características dos materiais envolvidos e da atuação climática por si só. A complexidade geológica e geomorfológica descrita vem ocorrendo ao longo de um tempo geocronológico, porém atualmente identifica-se uma rapidez maior dos avanços das expansões urbanas e conseqüentemente o surgimento de ocupação de zonas de riscos, devido a fatores socioeconômicos.

Observando o cenário do crescimento urbano e do fim das pequenas propriedades rurais, nota-se uma correlação com o êxodo rural, onde a expansão das grandes propriedades, retira as pessoas desses espaços, levando a muitas delas para o meio urbano mais próximo.

Fatores adversos acontecem nos espaços urbanos que levam muitas pessoas a ocuparem locais sem infraestrutura. A maioria dessas pessoas são oriunda das zonas rurais, e os locais de ocupação geralmente são áreas com alto índice riscos de movimentações de taludes, inundações, chegando a níveis críticos, que carecem de intervenções através da retirada de pessoas dessas áreas.

A questão social, econômica e ambiental, tem sido um tema preocupante para as autoridades locais, no entanto não se observa nem um movimento em direção a identificar as áreas de os riscos e da mesma forma identificar as regiões para um crescimento urbano mais seguro, ficando apenas nas discussões sem solução.

O conhecimento e mapeamento geológico, hidrológicas e geomorfológico tem que ser objeto de extrema importância para orientar a administração pública nas tomadas de decisões de escolha das áreas de expansão urbana e da supressão de ocupação em ambientes potencialmente frágeis.

Essa abordagem socioeconômica, tem sido um desafio para classificar as estruturas geológicas e prever seu comportamento, pois ainda não se observa, do lado do poder público e nem do setor privado, o entendimento da importância de identificar o que se trata de eventos natural e recorrente, e o que é provocado pela ocupação desordenada.

2.6.1 Áreas de vulnerabilidade ambiental do Alto Acre

Na análise de vulnerabilidade ambiental elaborada por SENA (2011), demonstrou-se que a Regional do Alto Acre se constitui em áreas muito perturbadas, marcadas pela influência dos traçados das estradas e dos usos do solo essencialmente baseados na pecuária extensiva. Evidencia-se a influência da suscetibilidade às inundações, em áreas dos municípios de municípios de Epitaciolândia, Xapuri, Brasiléia e Assis Brasil que apresentam problemas relacionados a episódios extremos de enchentes nas últimas décadas e também são as mais afetadas por incêndios florestais.

Na concepção do estudo do risco hidrogeomorfológico na Regional do Alto Acre (divisão política regional que compreende os municípios de Brasileia, Xapuri, Epitaciolândia e Assis Brasil, ambos no estado do Acre), convém inicialmente realizar uma breve discussão sobre o que se entende pelas terminologias Perigo e Risco. Os termos perigo (*hazard*) e risco (*risk*) são frequentemente utilizados como sinônimos, porém, estes não são. O perigo é um fenômeno natural que ocorre em épocas e regiões conhecidas que podem causar sérios danos nas áreas sob impacto. Assim, perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera, podendo constituir um evento danoso e serem modificados pela atividade humana, tais como a degradação do meio ambiente e a urbanização. Enquanto que o risco é a probabilidade de perda esperada para uma área habitada em um determinado tempo, devido à presença iminente de um perigo (Blaikie *et al*, 1994; UNDP, 2004; Kobiyama *et al*, 2006; Kewitt, 2014).

Neste sentido, quando se trata de risco, deve-se considerar o perigo e a vulnerabilidade de ocorrência (densidade demográfica, infraestrutura, pobreza, ocupação de vertentes, etc.) do sistema que está prestes a ser impactado. Além disso, dois tipos de perigos geram situações de risco completamente distintas para uma mesma área, devido à época de ocorrência (estação do ano), a tipologia do fenômeno (inundação ou escorregamento), a intensidade e abrangência dos mesmos (estiagem e tornado). Desta forma, note-se que a grandeza do perigo não acompanha a do risco. Em outras palavras, o valor de perigo não tem uma relação linear com o do risco (Kobiyama *et al*, 2006; UNISDR, 2009).

O que não se tem dúvidas é de que os fenômenos naturais que causam desastres são intensificados pela presença humana, em condições que favorecem a sua intensidade e níveis de ocorrência, na proposta em tela, notadamente em função do desmatamento que cresce aceleradamente nessa porção sudoeste amazônica, potencializando ainda mais os riscos e aumentando as vulnerabilidades socioambientais. O fato é que os desastres naturais dão origem a perdas e danos e podem afetar as expectativas subjetivas sobre a prevalência e gravidade de desastres futuros (Blaikie *et al*, 1994; Charvériat, 2000; Brown *et al*, 2018; Carvalho *et al*, 2020).

Ao realizar pesquisas nesses locais, a comunidade, científica, local e os gestores, de alguma forma tendem a perceber e correlacionar os eventos cada vez mais, vendo a importância de identificar e apontar as áreas críticas e susceptíveis a risco hidrogeomorfológicos e as complexidades, que envolve sua delimitação. Notadamente quanto aos processos de deslizamentos e eventos de inundação nas áreas urbanas em ambiente tropical e elaborar propostas que amenizem os possíveis prejuízos nas economias locais e através da informação às populações atingidas por esses eventos (Bourdeau-Brien e Kryzanowski, 2020), considerando-se que desastres são basicamente reduzidos quando as pessoas estão bem conscientes e a motivação é criar uma cultura de prevenção e resiliência a desastres (Torani *et al*, 2019).

Atualmente, as condições climáticas da região acreana são favoráveis a ocorrência de processos geomorfológicos que se traduzem em riscos para perdas materiais e humanas, considerando-se os eventos extremos ocorridos nos últimos anos. Apresentando um relevo esculpido predominantemente sobre estas litologias sedimentares inconsolidadas os riscos tornam-se previsíveis, porém, carecem de medidas de gestão pública que somente serão adotadas a partir de resultados de pesquisas científicas na área (Brasil, 1976; Oliveira e Ferreira, 2006, Nogueira *et al*, 2013; Santos, 2013; Horbe *et al*, 2019).

Os riscos, enquanto uma probabilidade de ocorrência de desastre natural, podem ser classificados em alto, médio e baixo risco, classificação esta que fará parte da Carta de Riscos Hidrogeomorfológicos, documento que está sendo elaborado para entregar nas Prefeituras para execução das recomendações finais, como resultado da pesquisa ora proposta.

Pesquisas desta natureza necessitam ser executadas, considerando-se que a Regional do Alto Acre que é composta pelas cidades de Assis Brasil, Brasiléia, Epitaciolândia e Xapuri tem apresentado uma intensa ocupação por habitantes advindos do êxodo rural que se intensificou na última década do século XX e início deste século e, considerando-se que essas pessoas

habitam, em sua maioria, fundos de vales ou áreas declivosas, o estudo baseado no risco socioambiental constitui-se etapa fundamental, onde o conhecimento científico pode prevenir grandes desastres (IBGE, 2014; PEREZ *et al*, 2014).

A falta de estudos básicos que incluam não somente o mapeamento, mas também as condições geomorfo-pedológicas das vertentes urbanas aliadas a análise de ritmo climático (Monteiro, 1976; Grimm *et al*, 2000; Thomas, 2008; Funatsu *et al*, 2019) com a inclusão de variáveis como precipitação e temperatura (que condicionam a desestabilização das camadas superficiais do terreno) são, por demais, necessárias para a compreensão dos processos.

As paisagens terrestres são modificadas constantemente por fluxos de energia e matéria em movimento contínuo, onde podemos citar a água como um importante agente causador dessas modificações na paisagem, seja ela canalizada ou não, pluvial ou fluvial (SUGUIO, 2003). Dessa afirmação, percebe-se que tem que haver um olhar minucioso, para as drenagens e sua evolução, assim como os encaixes das vertentes e seu comportamento, pois pode gerar modificações importantes, em função das energias presentes atuantes. Portanto, é salutar que pesquisas sejam realizadas na tentativa de identificar cientificamente o conjunto de fatores que geram risco às comunidades envolvidas para, assim, através do conhecimento, promova melhorias no ordenamento territorial desta parte da Amazônia.

A abordagem “Risco Geomorfológico” nos dias atuais configura-se como de fundamental importância no quesito prevenção, principalmente, nos núcleos urbanos onde se concentra a maioria da população e no meio rural devido ao aumento das áreas de plantio com aumento de sedimentos carreados por lixiviação do solo, at. No caso desta pesquisa, o reflexo de sua contribuição não difere das demais e traz consigo a preocupação de fazer o diagnóstico das áreas de risco geomorfológico em áreas urbanas.

Cientificamente, o projeto buscará diagnosticar e classificar os riscos hidrogeomorfológicos existentes nessas cidades, definindo-se como uma pesquisa inédita no ambiente do sudoeste amazônico, notadamente no Estado do Acre, que apresenta condições ambientais específicas que diferem do restante do País.

Sem dúvidas, a principal contribuição da ciência é a de promover o debate dos problemas urbanos, neste caso, associado aos riscos geomorfológicos, possibilitando a previsão e a prevenção de desastres naturais com a perda patrimonial e de vidas, impulsionados pela ocupação humana de áreas impróprias na cidade.

A elaboração da “Carta de Risco Geomorfológico Urbano” apresenta-se também como uma contribuição científica fundamental, orientando o Poder Público no ordenamento territorial

e redirecionando a ocupação dos espaços da cidade para fora das áreas consideradas de risco.

As mudanças urbanas ocorrem com o êxodo rural (LEFEBVRE, 1998), onde a movimentação das pessoas, sua condição socioeconômica definem as formas de ocupação urbana. Nesse processo, vários fatores são considerados para o sucesso ou a falência de uma organização urbanística. Nessa “dança das cadeiras”, pode ser observado também que a desordem, se estabelece pela ausência do poder público e pelo desconhecimento natural das estruturas geológicas. As ocupações nas áreas de riscos sempre estão associadas com o empobrecimento da população em geral. Isso tem levado pessoas a se concentrada em locais inadequados para moradia.

No Estado do Acre temos uma coletânea de histórias de ocupação feita considerando as necessidades daquela época, só que a ocupação continuou ao longo dos anos com o mesmo padrão, com uma diferença, antigamente as casas tinham sua frente virada para o rio e atualmente as drenagens passaram ser os fundos das habitações.

O Acre é um estado diferenciado dos demais tanto geograficamente, quanto pelo seu histórico de ocupação, onde sua história tem como cenário a imigração nordestina pelos então denominados soldados da borracha. Esse cenário se desenvolve às margens dos rios da Amazônia, ficando como uma característica cultural a convivência com enchentes e as denominadas “Terras caídas”, (Suguo e Bigarella, 1990, p. 27).

Os processos hidrodinâmicos dos rios meandrante possuem uma interação que geram feições nos sistemas rio-planície de inundação, onde gera processos geomórficos e dependendo da a intensidade e da conectividade sua evolução (vias de interação) hidrodinâmica vai alterando suas margens (Rocha, 2011).

Higashi (2006) ressalta que a desconsideração de fatores geotécnicos e ambientais frente a aceleração da expansão urbana vem apresentando problemas consideráveis para as cidades. Ele ressalta ainda, a possibilidade de direcionar o crescimento do território para áreas mais seguras através da análise de mapas que apresentam características geotécnicas da geologia.

Nesse debate o que se nota é que a evolução das áreas urbana, são acompanhadas por ações individualizadas que muitas vezes tomam dimensões não esperada. Uma simples retirada de camadas de um maciço, com o intuito de aplainar um espaço, ou o lançamento de material sobre uma vertente em evolução, é executada com frequência.

As ações naturais são intensificadas muitas vezes pelas intervenções humanas, através de uma retirada de cobertura vegetal, expondo um problema que naturalmente já tem a predisposição a se desenvolver lentamente, acaba tendo seu processo acelerado.

Nas áreas onde ocorrem camadas com indícios de expansividade deve também ser considerado do fator gravitacional considerando o “peso” das estruturas postas sobre esse material. A força exercida fará com que o material seja modelado causando deformações em forma de afundamentos nas vias, e aparecimento de fissuras nas estruturas ou a inclinação de barrotes de residências até culmina em seu desabamento, figura 5.

Figura 6 – Moradia com suas estruturas colapsada devido a movimentação do maciço – solapamento com deslizamento.



Fonte: Moraes, 2023.

2.7 Meio ambiente e suas inter-relações sociais

Enquanto não são identificadas as inter-relações que provocam os eventos de instabilidade, a comunidade convive com os problemas, fazendo uma espécie de “movimento de recuo”, sendo observado a recorrência de solapamentos e deslizamentos em evolução.

O reconhecimento das áreas de movimentação de maciços, a identificação da magnitude, e sua delimitação, não tem sido alvo de estudos sistemáticos dos gestores, apenas as áreas de inundações tem sido objeto de estudos e alertas, devido sua recorrência.

É grave a falta de conhecimento, por parte do poder público e da população em geral. Lidar apenas com situações de cheias já é uma rotina com programas de ações já elaborado, com a retirada de pessoas, as acomodações, alimentação e o retorno para suas casas e sua

higienização. Mas lidar com áreas de risco de deslizamentos, o desconhecido ainda é uma barreira real em todo mundo.

Portanto o que se busca é uma sistematização de monitoramento para colher dados que levem a respostas e orientações para as expansões urbanas que estão a cada dia em evolução, sem observar os riscos/vulnerabilidades que cada região está submetida.

Em termos de interação entre os ambientes natural e o antropizado, verifica-se que os problemas de renda, saúde, educação e moradia da população que vive nas subbacias inundáveis e poluídas demonstram estar intimamente ligadas à dinâmica geomorfológica e a rapidez do aparecimento de áreas de riscos. Dessa forma, os elementos naturais vêm se comportando de forma que eventos como deslizamentos e sedimentação das margens dos rios, são facilmente observados e vinculados às variações do regime fluvial de enchentes e secas, relacionadas a uma possível mudança climática atingindo diretamente as populações dessas áreas (MERCIER, 2021).

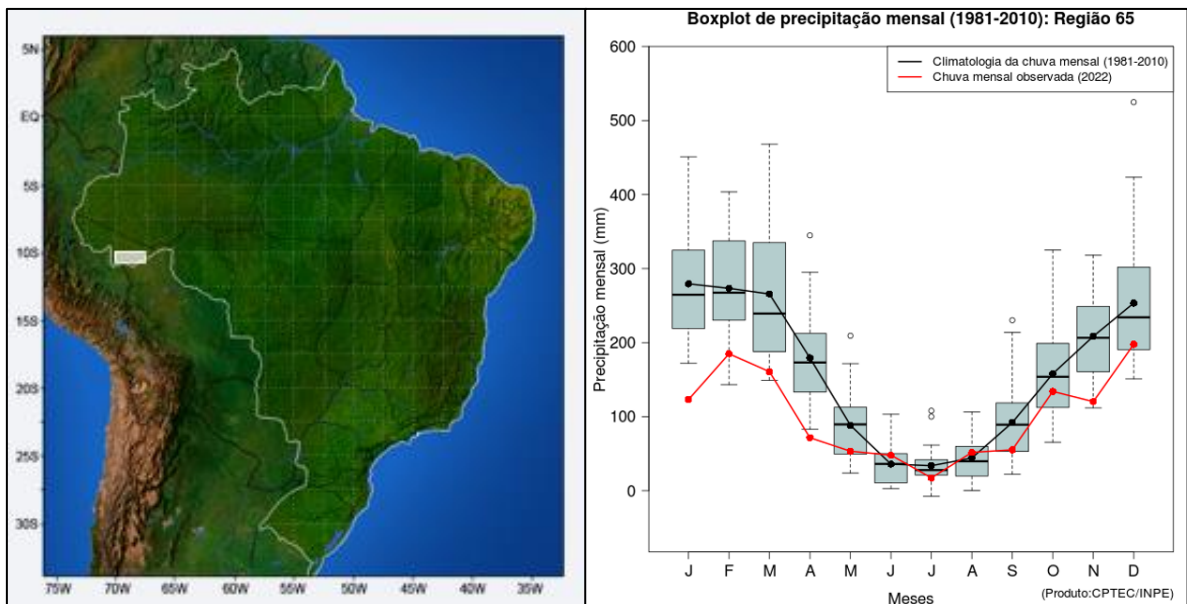
2.8 As intercorrências climáticas

Como é sabido, o clima do estado do Acre é altamente influenciado por grandes sistemas climáticos que atuam de forma decisiva na região. Dentre esses sistemas atmosféricos, podemos citar El Niño, La Niña, a Zona de Convergência Intertropical e os complexos convectivos, como as linhas de rajada. Todos esses fenômenos estão ligados à distribuição das anomalias das chuvas (FISCH *et al*, 1998; GRIMM *et al*, 2000; GLOOR, 2019).

A ação conjunta entre o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres – CENAD, vem emitindo boletim com o objetivo de apresentar o monitoramento e previsões sobre o fenômeno El Niño, e informar sobre possíveis impactos, figura 6.

Segundo SENA *et al*, (2012) o estudo do IPCC sobre as mudanças climáticas globais é outro fator a ser considerado no debate sobre o impacto negativo da variabilidade climática no estado do Acre. Em seus achados, é indicado que a região amazônica, incluindo o Acre é uma das regiões mais vulneráveis do País aos efeitos das mudanças climáticas, com o maior aumento possível da temperatura média e mudança sensível no padrão de chuvas. Estudos sobre mudanças climáticas e padrões de precipitação são comuns na literatura científica atual (AALST, 2006; LIU, 2012; GLOOR, 2019; MERCIER, 2021), figuras 6.

Figura 7: Região 65, incluindo a Bacia do Rio Acre. B: Evolução Anual de Precipitação, 1981-2010.



Fonte: CPTEC/INPE.

2.9 Aspectos geoambientais da área de estudo.

O estado do Acre está inserido no Bioma Amazônia, que tem como características clima quente e úmido, com predominância da fisionomia vegetal florestal. O Bioma Amazônia é formado por floresta ombrófila densa (floresta pluvial tropical), onde predominam árvores de grande porte (BRASIL, 2006).

Com base no mapa atual de solos do Acre, em escala 1:250.000 (ACRE, 2006), pode-se dividir o estado em três grandes pedoambientes: um situado a Leste, outro na região central e outro no extremo Oeste. No Pedoambiente Leste encontra-se a maioria dos Latossolos e Argissolos com características intermediárias para Latossolos.

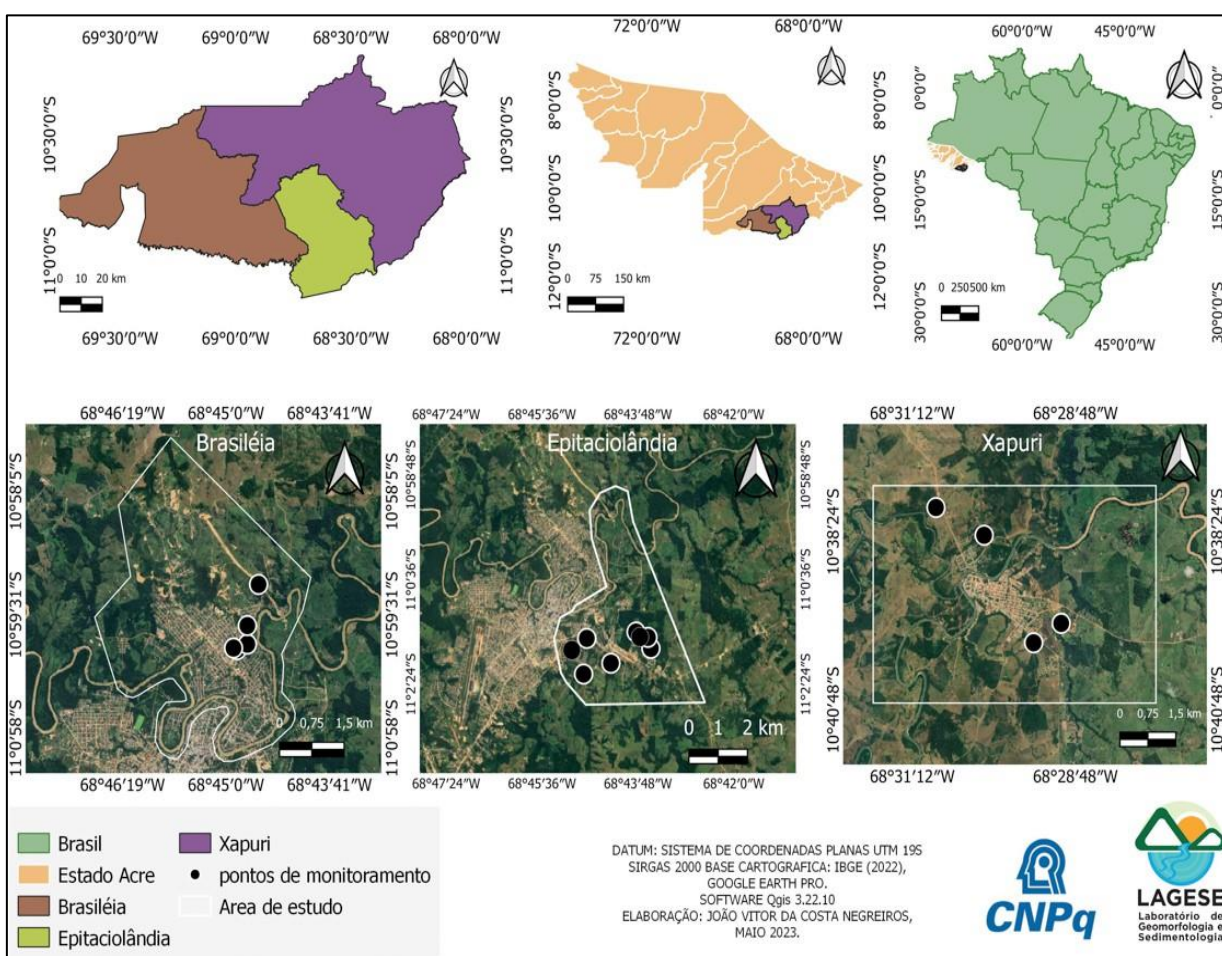
A vegetação nativa dominante é a floresta densa com sub-bosque de musáceas e, por vezes, bambu. O relevo é menos movimentado e em sua maioria, plano a suave ondulado. Nessa região, próximo à cidade de Rio Branco, ocorre também áreas de Plintossolos e outros solos com caráter Plíntico (Acre, 2010).

Todo a área da pesquisa pertence a bacia hidrográfica do Rio Acre, com clima equatorial tropical úmido, que banha as regionais do Alto e Baixo Acre, sendo margeado pelos municípios de Assis Brasil, Brasileia, Epitaciolândia, Xapuri, Rio Branco e Porto Acre. Todos do mesmo estado, com sua foz localizada no município de Boca do Acre no Amazonas onde é um dos maiores contribuintes da bacia do rio Purus, sendo contribuintes para a formando da Bacia

3 Área de Estudo

Foi escolhido os municípios de Xapuri, Epitaciolândia e Brasiléia, para identificar e analisar as suscetibilidades ao risco de áreas densamente ocupada e de áreas afastadas conforme indica a direção de crescimento da malha urbana. Com isso foi identificado os pontos de monitoramento onde seria investigado os elementos presentes que desencadeiam processos de eventos de riscos, figura 9.

Figura 9: Localização das áreas de estudo e sua delimitação.



Fonte: Negreiro et al 2023.

4 Hipótese de trabalho

As cidades da Regional do Alto Acre, como Xapuri, Epitaciolândia e Brasiléia, apresentam áreas de risco hidrogeomorfológico devido à sua formação geológico-geomorfológica, ao comportamento das redes de drenagem e ao crescimento urbano ao longo dos anos. Portanto, a elaboração de uma Carta de Risco Geomorfológico Urbana é essencial para orientar a ocupação de novas áreas nessas cidades.

5 Objetivo geral

Identificar áreas de risco nas cidades de Brasília, Epitaciolândia e Xapuri, analisando a mineralogia dos maciços nessas regiões e sua relação com as camadas e contatos geológicos, para elaborar uma carta de Risco Geomorfológico Urbana que destaque os agentes responsáveis por movimentações de massa e processos associados.

5.1 - Objetivos específicos

Os estudos ora apresentados têm como objetivos específicos o seguinte:

- a) Realizar o mapeamento em escala de detalhe nas cidades que fazem parte da Regional do Alto Acre (Brasília, Epitaciolândia e Xapuri).
- b) Identificar em campo, com apoio de imagens, as áreas com potencialidade para serem consideradas de risco hidrogeomorfológico nas cidades pesquisadas;
- c) Analisar variáveis geomorfológicas com enfoque para a declividade, hipsometria, características dos sedimentos, rugosidade e aspectos evolutivos da rede de drenagem, como forma de embasar a classificação de risco correspondente.
- d) Elaborar a Carta de Risco Geomorfológico Urbano – CRISGEU, como documento final, na versão “Poder Público” e “Cidadão” que deverá ser entregue ao Poder Público local na tentativa de orientar e ordenar a ocupação da cidade e aos cidadãos que ocupam as áreas de risco, orientando-os e informando-os da problemática local.

6 Material e Métodos

O desenvolvimento da pesquisa, ocorreu em quatro etapas:

Etapa 1: A primeira etapa foi desenvolvida em gabinete, onde foi realizada a busca por dados publicados sobre a região para identificar os problemas já apontados, e conhecidos. Nessa etapa identificou-se que a CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), havia delimitado a região de inundação das três cidades no ano de 2015 (CPRM, 2015). Com isso, decidiu-se que a poligonal para esse estudo, deveria ser fora da área de risco de inundação já identificada.

Etapa 2: A segunda etapa, envolveu a identificação de possíveis áreas de risco, e suas localizações, usando imagens do *Google Earth*. Foi também feita prévia identificação de estruturas que se destacavam como anomalias, nas imagens que identificavam possíveis movimentos de massa. Após estudar detalhadamente as imagens de cada cidade, foram selecionados os pontos de coleta e pesquisa bem como sua localização.

Etapa 3: A terceira etapa constituiu-se das atividades de campo para identificação dos pontos de pesquisa, e verificar as reais condições e características ambientais locais e comparar com o que foi identificado em gabinete. A atividade foi realizada em 3 etapas de campo executadas em janeiro e junho de 2023, e janeiro de 2024, onde, para cada cidade destinou-se 1 (um) dia de campo para localização e identificação dos pontos amostrais, com orientação de mapas e planilhas produzidos em gabinete.

Etapa 4: A quarta etapa constituiu-se no tratamento dos dados coletados, os quais envolveram a utilização também na segunda etapa, uso de GPS (*Global Positioning System*), modelo Garmin Edge 830 e observações gerais do ponto de monitoramento quanto a sua declividade das vertentes, evolução, causas e agentes atuantes, superficialidade do lençol, tipo de material (argiloso e sua característica expansiva ou não, arenoso, lateríticos etc.), proximidade das redes de drenagem).

Etapa 5: Foram coletados dados do nível hidrostático de 31 poços, sendo 18 em Xapuri, 10 em Epitaciolândia e 13 em Brasiléia para identificar o fluxo subterrâneo, cujos dados estão em fase de tabulação, para correlacionar com as movimentações de maciço nos dois períodos, seco e chuvoso.

Etapa 6: Para medir a compactação do solo utilizou-se amostras nos três municípios e executado o método da geotécnico da engenharia Civil o Índice de suporte de Califórnia-ISC (CBR), que é capaz de verificar a resistência máxima de compactação do solo. Sendo Realizado dois corpos de prova para o CBR e a análise de extração do material, para isso foi utilizado o laboratório de solos da engenharia civil na UFAC.

Etapa 7: Foram medidos uma sequência de poços tubular, poços amazonas e nascentes, utilizando-se de um medidor de nível de água da marca HS Hidrosuprimento.

Etapa 8: Para a análise do crescimento da mancha urbana, realizou-se uma análise espaço-temporal referente aos anos de 1990, 2010 e 2021, com imagens extraídas do satélite *Landsat 5* e *7* (anos de 1990 e 2010) e *CBERS 4A* (ano de 2021) baixadas do sítio eletrônico do INPE. O procedimento foi realizado utilizando-se ambiente SIG no *software QGis 3.22* através do *plugin SCP* para classificação semiautomática. Para a construção da mancha urbana dos anos 1990 e 2010 utilizamos imagens do satélite *LandSat 5*, utilizando a composição colorida das bandas 5,4,3. No ano de 2022 utilizamos imagens disponibilizada e desenvolvida pelo Inpe em parceria com a Agência Espacial Chinesa o *CBERS 4A*, com as respectivas bandas 3,2,1. Dessa forma, foi possível elaborar os mapas com a espacialização dos pontos de monitoramento e as tabelas para demonstrar os valores do índice de crescimento da malha urbana nos municípios estudados. Portanto, a utilização de imagens orbitais no desenvolvimento deste trabalho, tornou-se essencial para demonstrarmos a real expansão urbana dessas áreas na regional do Alto Acre.

Etapa 9: Foram coletadas 118 amostras em furos de sondagem até a profundidade de 5 metros, e em taludes até a profundidade também de 5 metros. As amostragens seguiram uma linha estabelecida com direção NW/SE, em uma sequência de pontos representativos em área urbana e fora desta. As amostras foram encaminhadas para o laboratório LAMUTA, do Curso de Geologia da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, para realizar análise dos argilominerais presentes nas amostras. Já em laboratório, foram utilizados os seguintes materiais: balde de 14l, béquer de 250 ml, béquer de 50 ml, balão volumétrico de 1lt, pipeta de 50 ml, cadinho de cerâmica grande, pistilo de cerâmica grande, estufa, balança analítica,

peneiras com malhas de 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,053 mm. Foram necessários esses materiais citados, para realizar os procedimentos a seguir.

- **Procedimentos - Preparação inicial:** As amostras de solo foram secas em estufa a 59°C por um período suficiente para a completa remoção de umidade (figura 10,11).

Figura 10, 11 – Estufa utilizada para secagem de amostras de solo a 59°C.



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

Após a secagem, as amostras foram maceradas com o auxílio de um cadinho e pistilo de cerâmica grandes, até obter um material homogêneo e pulverizado (figura 12,13).

Figura 12,13 – Maceração manual das amostras de solo (esquerda) até a obtenção de um material homogêneo e pulverizado (direita).



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

- **Dissolução:** Para cada amostra, 1 kg de solo foi dissolvido em 2 L de água da torneira, utilizando baldes de 14 L. A mistura foi agitada vigorosamente para garantir a suspensão uniforme das partículas do solo (figura 14,15).

Figura 14,15 – Exemplo das amostras dissolvidas em água para posterior flotação.

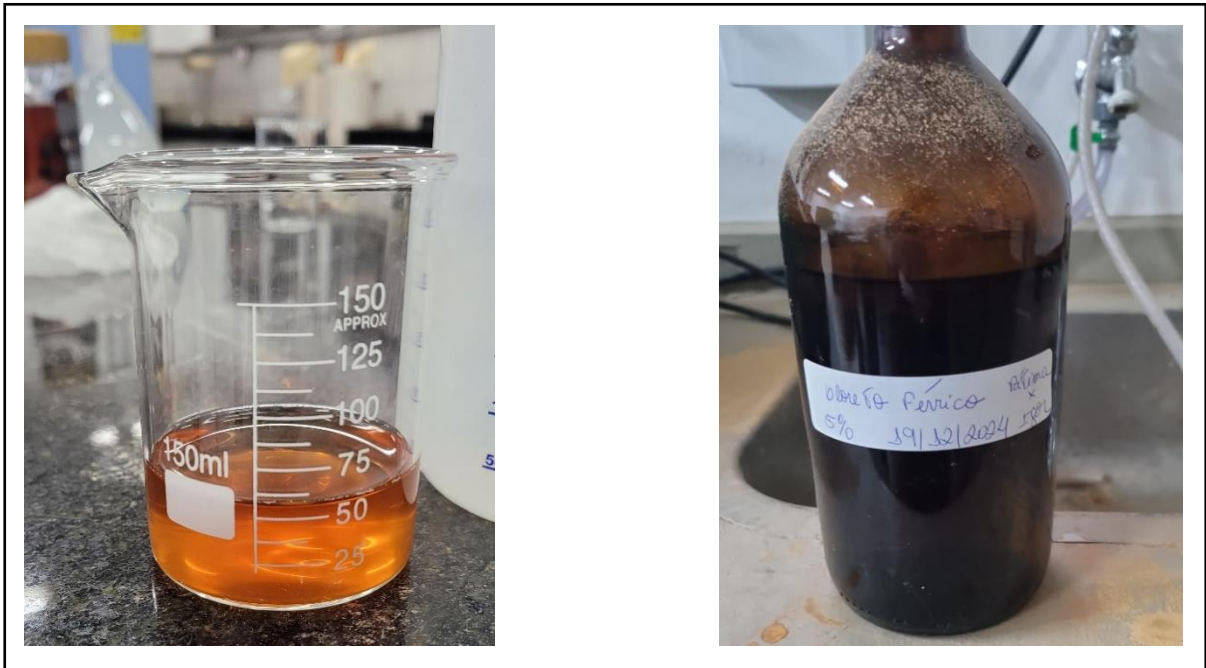


Fonte: Técnico UFMT, 2025.

- **Flotação das partículas em suspensão:** Para promover a flotação das partículas, foi utilizado cloreto férrico a 5% como reagente (figura 13). Utilizamos 40ml do reagente em 1000ml de água para gerar uma solução 2N (2 g/L de água) em balões volumétricos de 1 L. Com a finalidade de testar a quantidade de reagente por amostra, foi realizado um teste com a mesma concentração de 2N em diferentes quantidades por amostras, variando entre 200 e 400ml, de 50 em 50ml (figura 14). Foi avaliado a turbidez, que deveria ser de aproximadamente 6 ntu*. A quantidade de 350ml foi a com melhor resultado com turbidez de 5,93 ntu*. Sendo assim, 350mL da solução de cloreto férrico foram adicionadas a cada mistura de solo e água, utilizando uma pipeta de 50mL para garantir precisão. Esse procedimento foi repetido até finalizar as amostras.

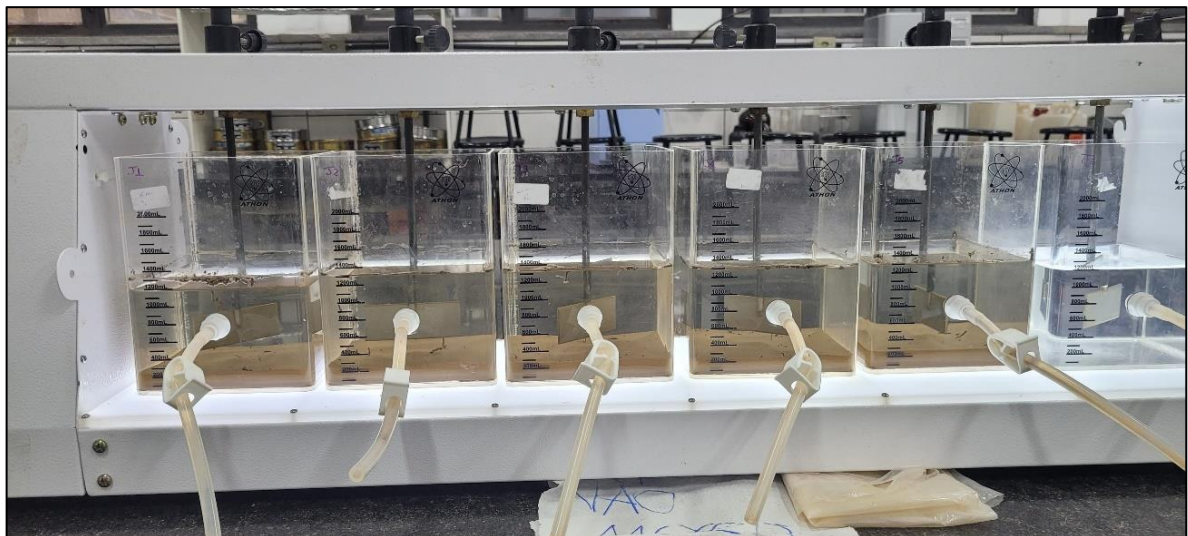
*NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez)

Figuras 16,17 – Cloreto férrico a 5% utilizado como reagente de flotação.



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

Figura 18 – Teste realizado em *Airtest* com diferentes quantidades de solução de cloreto férrico (2N) para flotação de amostras de solo. Quantidades variando de 200 a 400 ml, de 50 em 50 ml, da esquerda para a direita.



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

- **Separação das partículas e secagem final:** Após a flotação, a água limpa sem partículas em suspensão foi cuidadosamente retirada (figuras 16 e 17). O material restante foi transferido para a estufa, onde permaneceu a 59°C até a completa secagem.

Figuras 19,20 - Preparo das amostras de solo após flotação, com a retirada da água (esquerda) e a acomodação em formas para serem transferidas para estufa (direita).



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

- **Separação granulométrica e retirada de amostra de argila:** Após a secagem final, o material foi submetido a uma separação granulométrica utilizando peneiras com malhas de 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,053 mm (figura 18; esquerda). Na fração da peneira de malha 0,053 mm contendo argila foi retirada uma amostra de aproximadamente 1g para ser encaminhada para identificação mineralógica no LaMuTA (Laboratório Multiusuário de Técnicas Analíticas) UFMT. Após separada, cada amostra foi pesada em balança analítica de precisão de 0,001g (direita). Esse processo permitiu classificar as partículas do solo em diferentes faixas granulométricas, de acordo com o tamanho.

Figuras 21,22 – Material utilizado para separação granulométrica de solo. Peneiras com malhas de 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm e 0,053 mm (esquerda) e balança analítica de precisão de 0,001g (direita).



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

Etapa 10: Após, a etapa 9, onde envolveu a preparação das amostras para a separação da fração argila, foi retirada uma amostra de aproximadamente 1g para ser encaminhada para identificação mineralógica no LaMuTA (Laboratório Multiusuário de Técnicas Analíticas) UFMT. O método utilizado no laboratório para a análise mineralógica, foi por meio de análises de microscopia ótica, difração de raios X (DRX), utilizando lâminas, para realizar a leitura dos argilominerais presentes nas amostras.

Para realizar as leituras foi utilizado o Software Match, gerando dados que possibilitam a identificação da composição química de cada mineral presente. Análise em anexo.

7 Resultados

7.1 Movimento de massas local

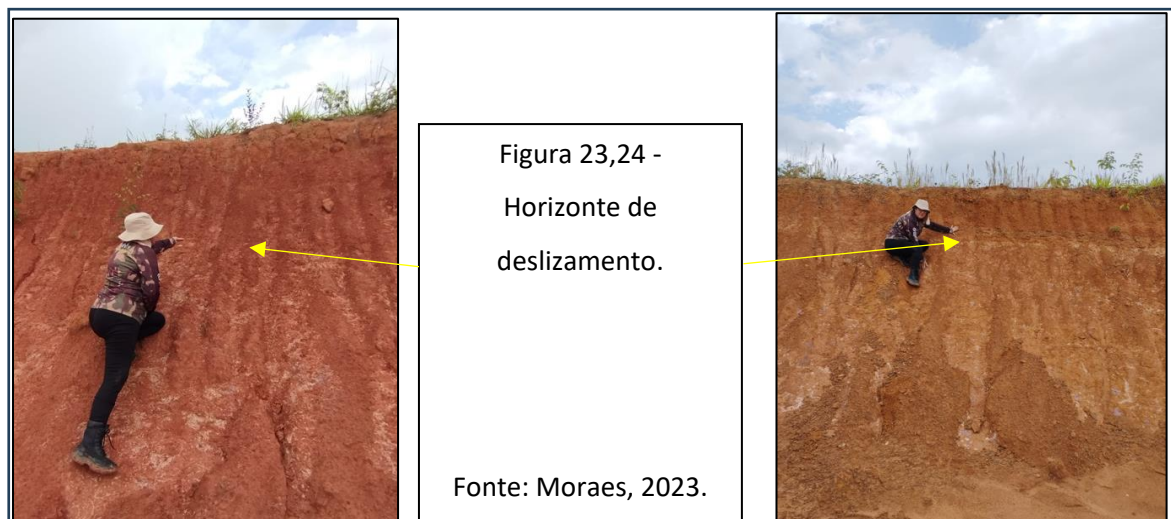
Os movimentos de massas identificados nas áreas de estudo e que culminam com solapamentos e deslizamentos, são frequentes tanto nas áreas ocupadas, como em locais ainda não ocupados. Nas áreas urbanas, onde a ocupação se desenvolve de maneira desordenadas, tem a consolidação através de infraestruturas diversas como regularização de lotes, construção de casas, prédios, e implantação de malha viária, dentre outras, tem sido uma situação onde não se considera os elementos da natureza.

A deflagração de eventos de risco cresce a cada tomada de decisão sem critérios, nisso o que se vê é uma cidade crescendo juntamente com erosões e deslizamentos. A convivência com o risco se torna natural.

O que os estudos verificaram é que esses eventos estão ligados com fatores como a composição do solo, a inclinação do terreno e a presença de água que influenciam os movimentos de massa. Quando é aplicado uma força sobre o material, e essa força, supera a resistência do solo ou rocha, ocorre o deslizamento, que pode variar desde pequenos escorregamentos até grandes deslizamentos de terra.

A geologia local, formada por um pacote argiloso, é composto por diferentes camadas, onde existe uma determinada camada que apresenta um comportamento de barreira húmida, onde na superfície desse horizonte argiloso, cria-se uma película que impede a permeabilidade das águas infiltradas. Nesse horizonte ocorre o deslizamento que vai mover as camadas superiores em direção da maior declividade, figuras 23,24.

Figuras 23,24: Horizonte de deslizamento.



As tentativas de parar esse movimento de forma simplificada, usando pneus, madeiras até obras em alvenarias sem o devido dimensionamento vetorial, é uma ação quase impossível. Assim, no avanço do movimento do maciço, muitas infraestruturas particulares e públicas são colapsadas, restando o recuo dessas áreas por pessoas e pelos gestores públicos.

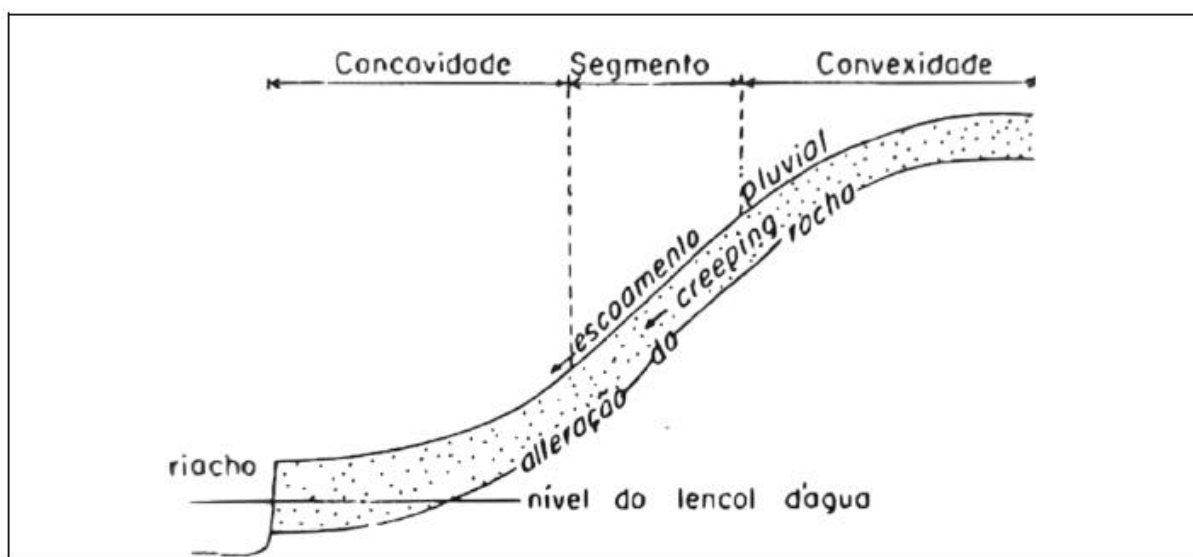
7.2 Formas de Vertentes

Vertente são superfície inclinada, não horizontal, que se estende desde o topo de uma elevação até a base. Christofolletti (1980), Para Jan Dylík (1968), a vertente apresenta uma forma tridimensional. Nos estudos geomorfológicos, as vertentes são áreas onde processos como erosão, intemperismo e movimentos de massa modificam continuamente o relevo.

A caracterização das vertentes é fundamental para podemos representar uma área podendo ser realizada em perfil ou em plano. Para Max Derruau (1963) o perfil típico de uma vertente apresenta uma forma com convexidade na parte superior e concavidade na parte inferior, separados por um ponto de inflexão ou um segmento.

A declividade variar de uma vertente para a outra, as vertentes consideradas normais, (Figura 25), a inclinação é geralmente menor que o ângulo de repouso dos materiais, o que favorece a estabilidade do solo e minimiza os riscos de deslizamento. Christofolletti (1980).

Figura 25 – Composição da vertente normal ou regular por Max Derruau (1963).



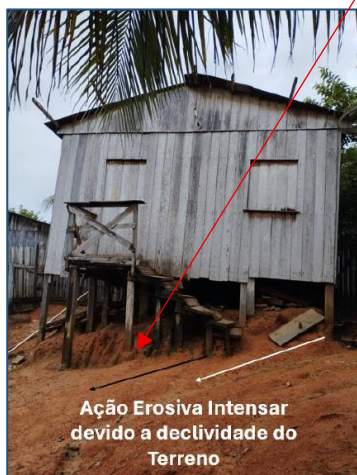
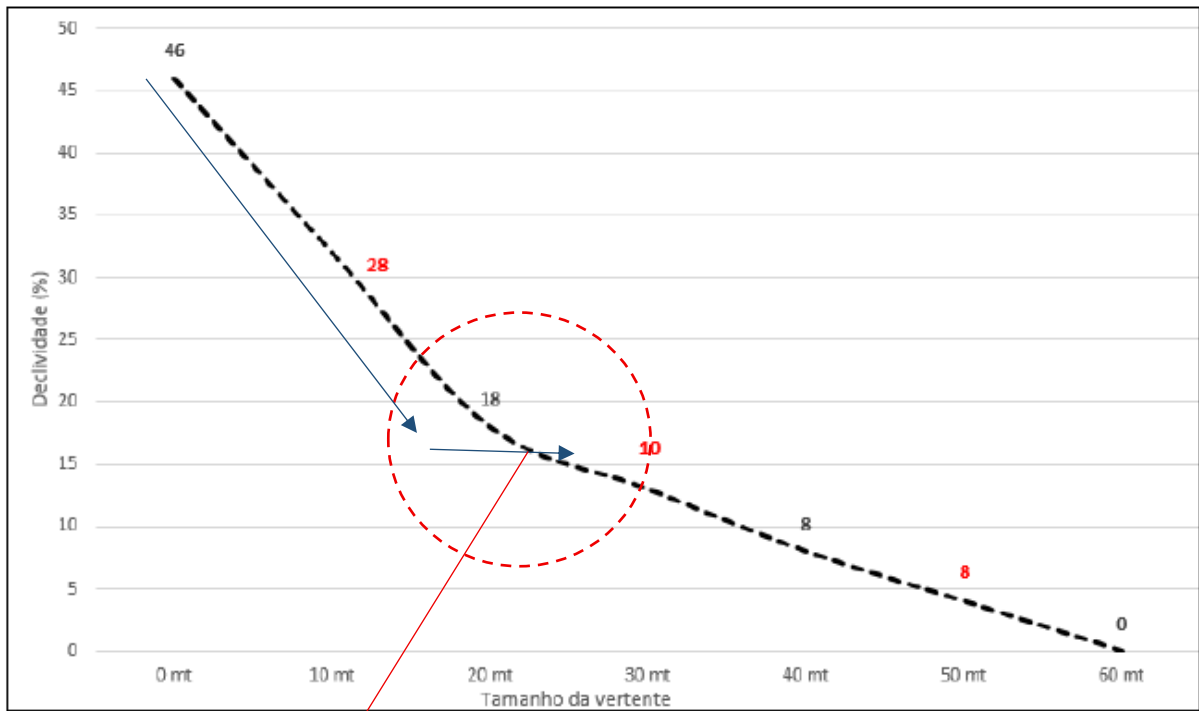
Fonte: Christofolletti, 1980. p. 39.

Os métodos para analisar e determinar as formas das vertentes são numerosos. A utilização dos perfis é uma técnica descritiva. Para Christofolletti (1980, p.44)

O método mais utilizado na análise de perfis de vertentes envolve a divisão das unidades em três tipos principais de forma: retilíneas, convexas e côncavas. Esse processo tem por mérito a simplicidade e o fornecimento de bons resultados em muitas pesquisas geomorfológicas.

Os locais onde apresentam movimentação de massa, esta associada com a declividade das vertentes. Nelas podemos verificar que da distância da sua crista até o sopé, existe uma flexão de solapamento, que aponta exatamente o local que acontecerá a ruptura e a exposição da camada onde a infiltração é barrada tornando a direção vertical da entrada da água para uma direção vertical. Quando essa encosta atinge esse ponto, fica bem complexa a interrupção do evento. A figura 26 e 27 a seguir, demonstra o que foi observado em campo.

Figura 26 e 27 – ponto de flexão do talude.



Essa residência encontra-se no centro do evento descrito, com sua infraestrutura sendo retorcida pelo movimento de solapamento e de escorregamento.

Essa representação é recorrente nas três cidades, corroborando com as pesquisas, e demonstrando que as ações têm que acontecer anterior a deflagração de um evento como o representado nas figuras.

7.3 Expansão Urbana

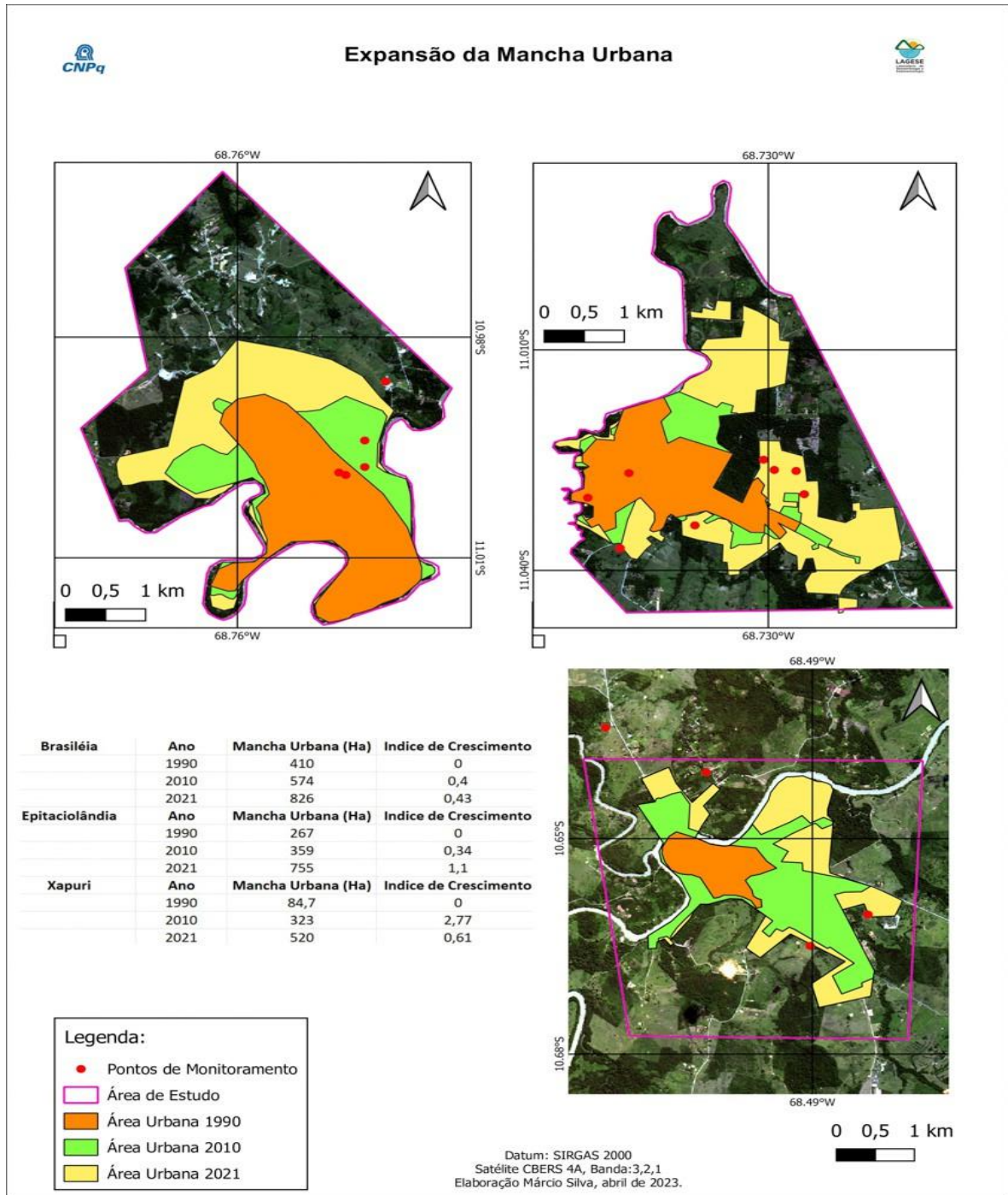
Um resultado expressivo que vem sendo observado, é a evolução da expansão urbana em direção as áreas onde as cotas são mais altas. Esse movimento vem crescendo devido as recorrentes inundações delimitando espaços como áreas de risco, conforme indicado pelo Serviço Geológico do Brasil.

A ocupação das áreas mais altas, tem sido a saída para remover pessoas das áreas de inundações, no entanto, esse deslocamento é feito de forma desestruturada, aplicando a emoção junto com a necessidade real, tornando a ação de forma prática e não pensada e com segurança. Não considerar as áreas vulneráveis à ocupação, representa a inoperância das políticas públicas, em viabilizar uma ocupação dos espaços com estudos para a proteção não dar gestão, quando ignora apresentam eventos de movimentações de massa que evoluem para áreas de riscos, causando perigo a vidas humanas e prejuízos através de infraestruturas afetadas.

Olhando para os índices de crescimento das cidades, observa-se o cenário do deslocamento de uma população, onde, Brasileia sai de 0 em 1990, para 0,43 em 2022. A cidade de Ekitaciolândia apresenta o índice de 0 em 1990 para 1,1 em 2022, e Xapuri o índice de 0 em 1990 para 0,61 em 2022. Dentre os três municípios o que apresentou maior índice de crescimento foi a cidade de Ekitaciolândia.

A respostas dos dados apresentado apresentam que a cidade de Brasileia apresenta processos de desmoronamento do talude do Rio Acre em suas margens. A evolução desse evento ao longo do rio, atingem áreas urbanas de Brasileia e Ekitaciolândia. Esses eventos estão cada vez mais avançando e de forma rápida para áreas ocupadas, conforme apontado no estudo de Almeida *et. al*, (2014).

Figura 28 - Índice de crescimento da expansão urbana de Brasília, Epitaciolândia e Xapuri.



Fonte: Silva et al, 2023

7.4 Apresentação da Rugosidade e o relevo das cidades de Brasília, Epitaciolândia e Xapuri.

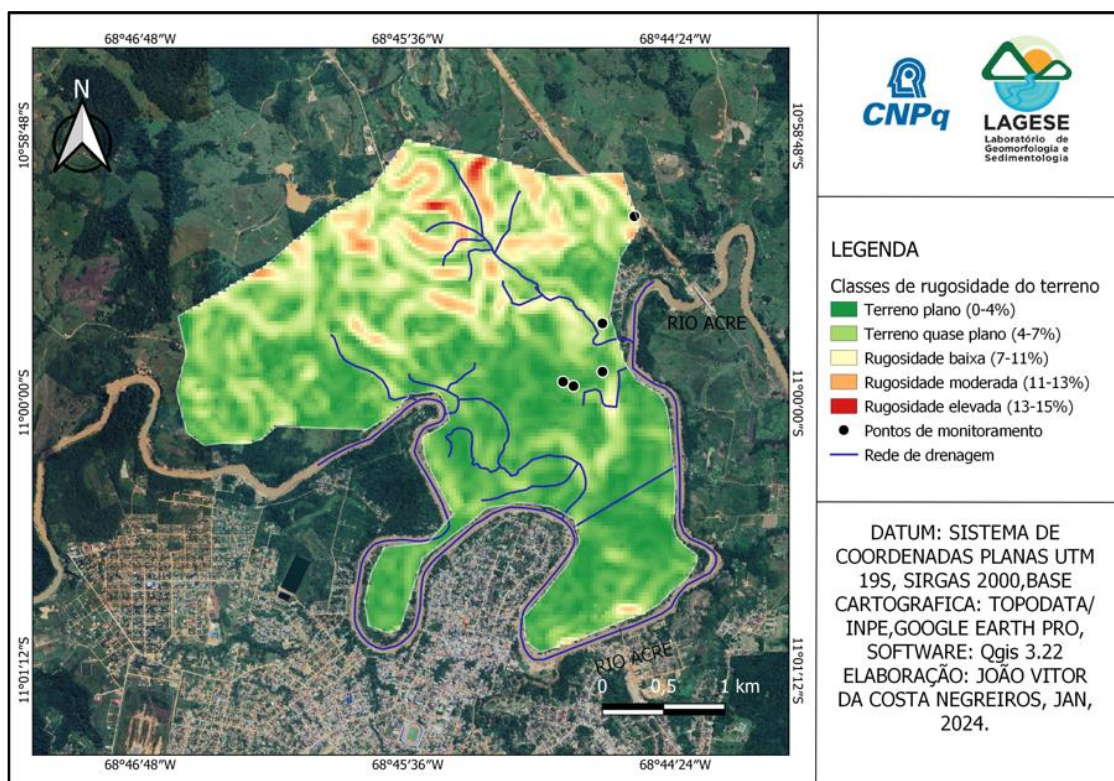
No município de Epitaciolândia, encontra-se uma rugosidade maior devido ao relevo mais acidentado, com vertentes profundas. Nos afloramentos estudados

identificou-se que as encostas têm problemas com movimentação de maciços. Até o presente estudo está sendo atribuído essa movimentação, possivelmente, com a presença de camadas de argilas expansivas, que se comportam no período de maior precipitação com a hidratação dessas e no verão a desidratação.

A seguir apresenta-se a elaboração de figuras da rugosidade de cada cidade de estudo. O que se observou foi que das três cidades a que a que mais apresentou rugosidade foi a cidade de Epitaciolândia, seguida por Brasileia que apresenta pouca rugosidade, porém muita área de planície de inundação, que tem sido a cada ano um problema atinge a população, chegando esse ano de 2024 considerada a segunda maior inundação da bacia do rio Acre.

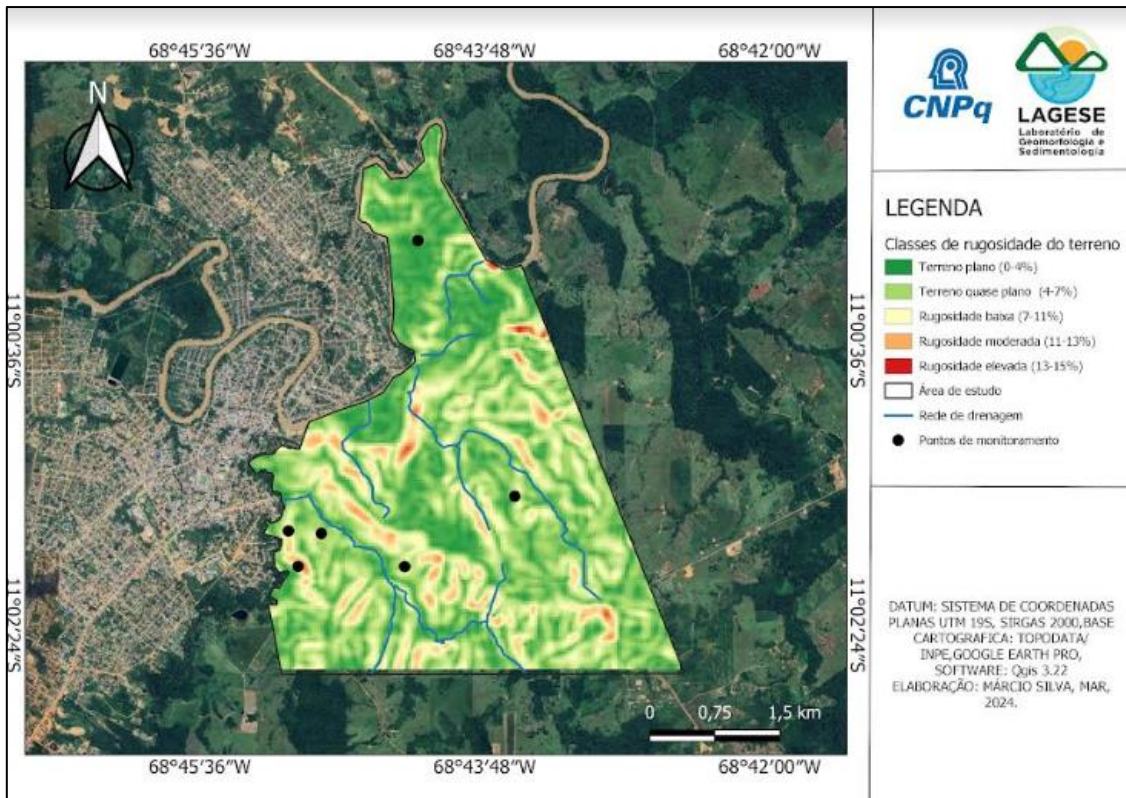
A cidade de Xapuri também apresentou características parecidas com Brasília, com extensas áreas de inundações e áreas de baixa rugosidade menor, sendo definido o rio Acre e rio Xapuri como os elementos divisores de elevação.

Figura 29 – Apresentação da rugosidade da cidade de Brasília



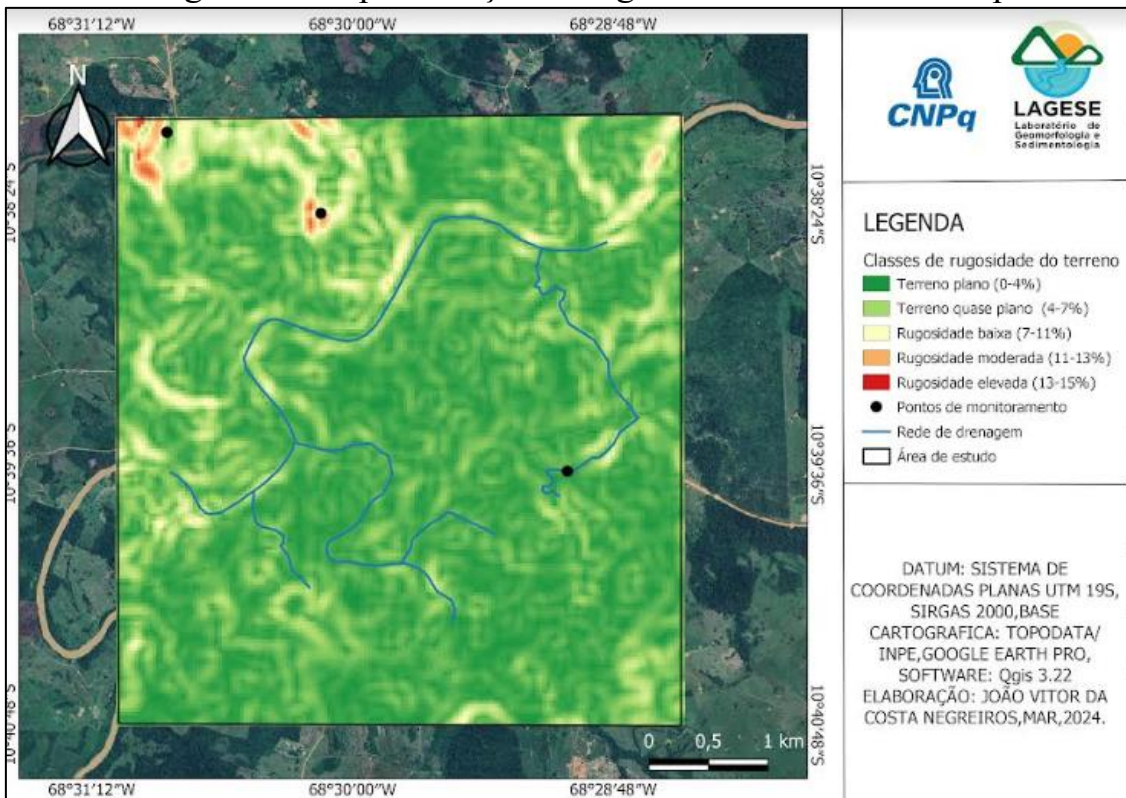
Fonte: Negreiro et al, 2023

Figura 30 – Apresentação da rugosidade da cidade de Epitaciolândia.



Fonte: Silva et al, 2023

Figura 31 – Apresentação da rugosidade da cidade de Xapuri.



Fonte: Negreiro et al, 2023

Com os resultados elaborados a partir das etapas já citadas, evidencia-se o crescimento da malha urbana sobre a região, sem planejamento dos espaços pelas sedes municipais, conforme o esperado.

O avanço da ocupação entre os anos de 1990 a 2021, ocorreu fortemente nas áreas de pesquisa, estabelecendo-se 17 pontos para monitoramento nas três cidades pesquisadas.

As pesquisas iniciais demonstraram que a cidade de Xapuri apresentou uma anomalia no aumento de sua malha urbana em 5,14 vezes em duas décadas, possivelmente em função de êxodo rural que vem ocorrendo cada vez mais, devido à formação de latifúndios em detrimento das pequenas propriedades.

No decorrer da última década observou-se um padrão de crescimento ao longo das vias de acessos desses municípios, onde Eptaciolândia está se desenvolvendo em direção a rodovia BR-317 e Xapuri em direção da rodovia Estadual AC-485. Nessas cidades a expansão da malha urbana vem se distanciando das margens do rio Acre para locais fora da sua planície inundaçã, devido a recorrência de inundações cada vez mais extremas, causando prejuízos econômicos e sociais para a população local.

Apesar dos estudos já realizados, conforme citado anteriormente, o crescimento das cidades também vem ocorrendo próximo às inúmeras redes de drenagens urbanas, contribuintes do canal principal rio Acre, culminando com o surgimento de novas áreas de risco fora da influência direta do canal principal. Essas áreas apresentam ocupação desordenada sendo afetadas pela falta de manutenção da rede de esgoto das cidades de Brasileia, Eptaciolândia e Xapuri.

Um dos locais monitorados na pesquisa, encontra-se em área residencial de alto padrão econômico em Eptaciolândia. Nesse local observa-se a existência de uma sequência de camadas argilosas, e diferentes aspectos físicos e geotécnicos, fazendo com que as camadas se acomodem de forma que desencadeiem movimentação em função do ângulo e de ações antrópicas.

Observou-se que algumas camadas não permitem a infiltração pluviométrica, em uma profundidade de aproximadamente 2 m. Para a implantação do residencial foi retirada a camada mais drenante, expondo a camada argilosa formada por material expansivo, ou seja, a camada composta por argilo - minerais que em contato com os períodos de precipitação pluviométrica é hidratado provocando uma

susceptibilidade a deslizamentos, em função do seu ângulo de acamamento, e produzindo gretas de contrações no período de ausência de precipitação.

No município de Xapuri encontrou-se um relevo mais suave em relação aos demais, pois ele possui uma menor influência de redes de drenagens internas no município. Observou-se em um dos pontos de monitoramento, no caso no bairro da Sibéria na margem direita do rio Acre, uma grande quantidade de óxido de ferro que, possivelmente, tem correlação com o nível freático, a uma profundidade média de 1,5 m e 4 m.

Neste local, já ocorreu um solapamento resultado dessa característica e, conseqüentemente, diferentes comportamentos geotécnicos que facilitam o deslizamento do solo úmido apoiador, sobre a camada de óxido de ferro e de argilas expansivas. Nessa área, por ser mais plana ao longo do rio Acre, observou-se vários meandros abandonados do rio Acre, que estão servindo tanques de criação de peixes e alguns recebendo dejetos de esgoto doméstico do município, no entanto, a área que se encontra à esquerda do rio Acre apresenta as terras mais altas, mas com o mesmo padrão de material e de comportamento.

Na pesquisa em tela, as inundações não são foco principal pois já foram objetos de análises com produção de relatórios e mapas de delimitações pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil (2012, 2015, 2019, 2020). Nesses relatórios são discutidos e indicado a planície de inundação do rio Acre e pontos de áreas de riscos, com concentrações de deslizamentos causados principalmente pela ação do rio Acre em suas margens.

Sternberg (1998), faz menção a esse tipo de evento chamando de “terras caídas”, onde descreve que as águas promovem retoques constantemente as terras marginais das drenagens amazônicas. Essas áreas são objetos de observação, onde se correlaciona as formas de ocupação e os níveis de antropização que vem ao longo das últimas duas décadas se acelerando, com aumento populacional nas cidades.

Os estudos têm demonstrado que o avanço da expansão urbana, vem ocorrendo de forma desordenada e acelerada, na direção das regiões ora indicada como região de maior fragilidade e de potencial de risco. Para entender os processos, e quais são os elementos que indicam o início de um determinado evento, seja ele pequeno ou grande, tanto em extensão e velocidade, foi necessário se afastar das áreas já identificadas pelos estudos da CPRM, buscando conhecer a geologia e

sua deposição, uma vez se tratar de uma região de deposição sedimentar.

7.5 Análise de CBR, Expansão e Infiltração

Durante as idas a campo, foram coletadas 6 amostras específicas, e representativas sendo 2 em Xapuri, 2 em Epitaciolândia e 2 em Brasiléia. As amostras foram utilizadas para ensaios de CBR em laboratório, para verificar se os resultados que são usados para análise de estruturas de asfaltos, poderia ter correlações com a infiltração de água e compactação de um maciço.

O método de Califórnia CBR é utilizado para avaliar a resistência de materiais, especialmente solos, por meio de ensaios de compressão. Ele ajuda a determinar como esses materiais se comportam sob carga, o que é muito útil em projetos de engenharia civil, como na construção de fundações e obras de infraestrutura.

Para as pesquisas, os ensaios ajudaram nos resultados onde indicaram que a área de estudo apresenta solos bastante compactados, condição que reduz a retenção de água no solo e favorece tanto o escoamento superficial quanto os processos erosivos, Watanabe (2017).

A compactação do solo também impede o movimento descendente de água no perfil, dificultando a infiltração, como destacado por Hernani (2002). Esse processo ocorre quando o solo é pressionado, resultando no reordenamento de suas partículas e na diminuição dos espaços entre elas, conforme descrito por Hamza (2005).

A tabela de solos ótimos para o CBR (California Bearing Ratio) geralmente apresenta valores que indicam a qualidade do solo para uso em projetos de pavimentação e fundações. Solos com valores de CBR mais altos, como acima de 80%, são considerados excelentes, enquanto valores mais baixos, abaixo de 5%, indicam solos de baixa resistência.

Assim, o ensaio tem como finalidade determinar o valor relativo de ISC para o teor de umidade ótimo e a massa específica aparente seca máxima de solos, assim como os valores de expansão do solo. A partir disto, pode-se classificar solos com capacidade de suporte suficiente para a utilização em subleito ou camadas de um pavimento rodoviário (BOWLES, 1980).

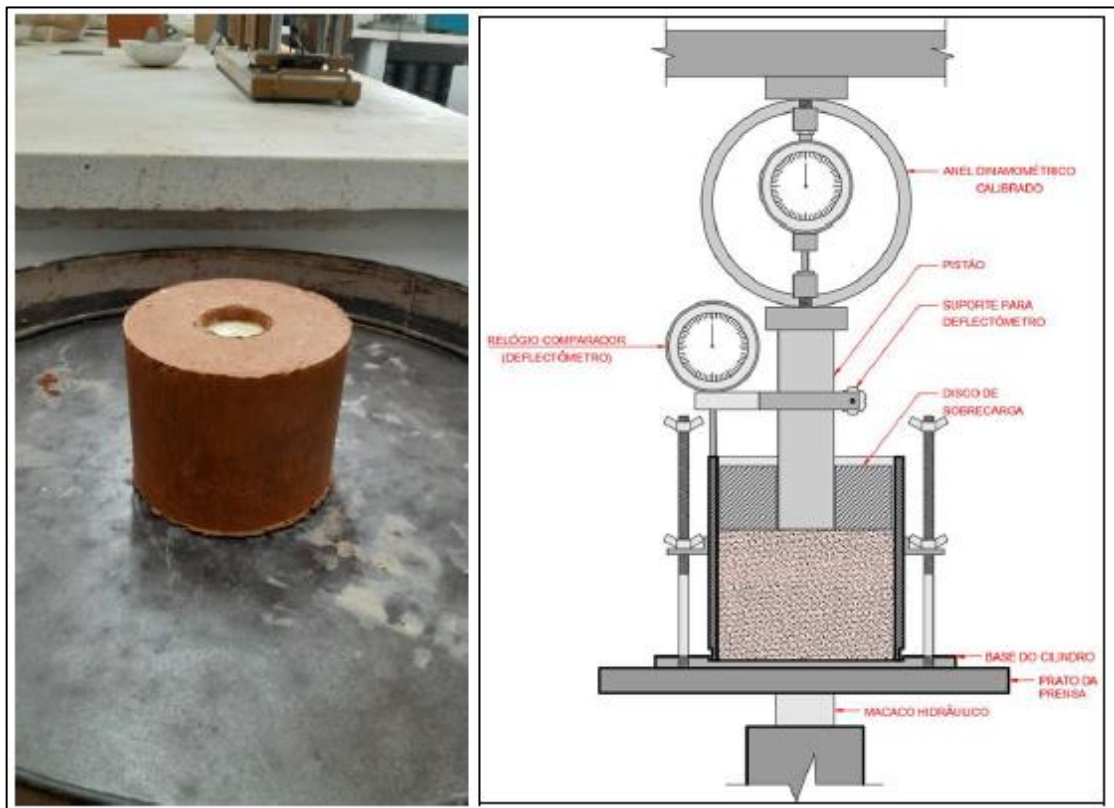
Os resultados obtidos nos ensaios foram que as amostras dos materiais dos três municípios, encontram-se abaixo do valor de 5%, revelando que os solos tem baixa resistência. Isso demonstra que tem que ser avaliada quais tipo de construção que devem

ocupar em determinadas regiões.

As infraestruturas, serão afetadas diretamente com o emprego de uma carga acima do recomendado, podendo causar o início do processo de solapamento seguido de deslizamento pelo excesso de peso aplicado no maciço, sem a devida compensação de forças vetoriais.

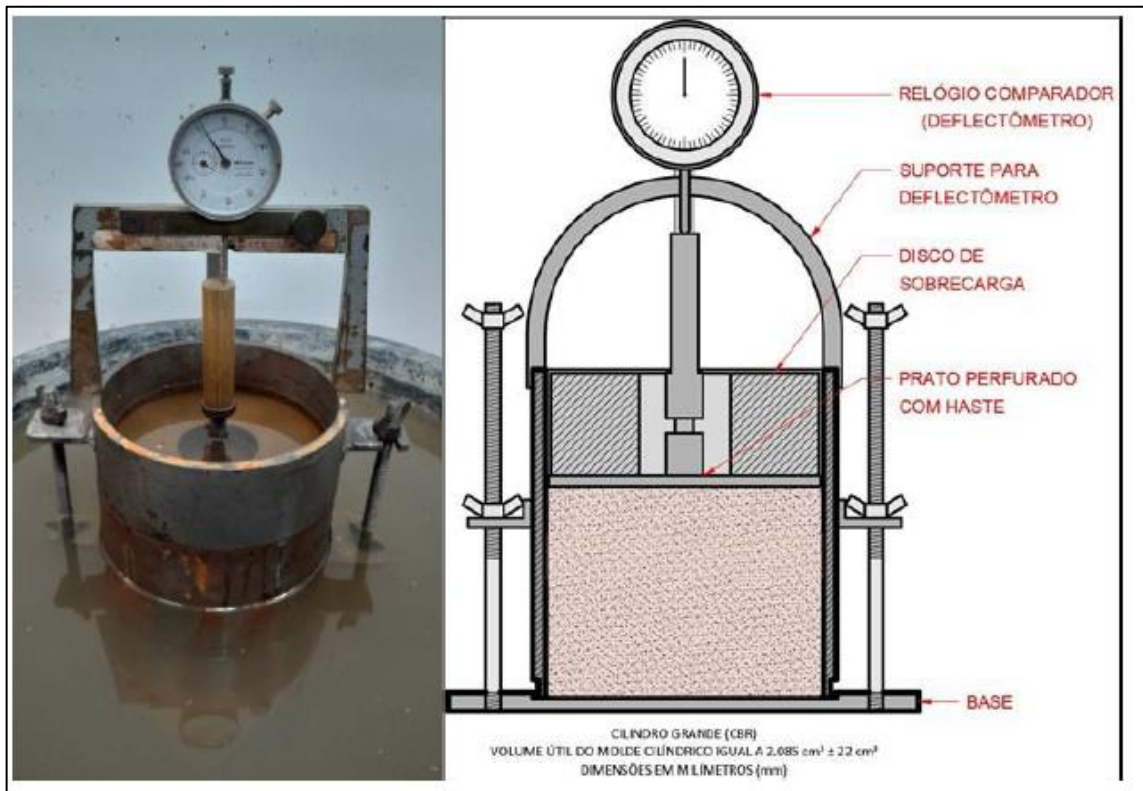
A seguir demonstramos os ensaios executados e o padrão de medição usado. Figura 32,33.

Figura 32: Compactação-CBR



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

Figura 33 - Expansão-CBR.



Fonte: Técnico UFMT, 2025.

7.6 Análise mineralógica.

Foram analisadas 10 amostras sendo 8 da área de Brasília e 2 da área de Epitaciolândia. Em Brasília foram coletadas amostras nos intervalos de 0,5;1;2;2,5;3;4,7 metros de profundidade, nas profundidades 0,5 e 2,5 foram analisadas duas amostras.

- Amostra B3 - 0,5m: Minerais encontrado - Tapiolite-(Fe) - Fe Nb O - 81,%; Ceriopalladifosfida - Ce Pd₂ P₂ - 18,5%.

- **Gênese da Tapiolite-(Fe)**

Ambiente de Formação:

- ✓ Tipo de rocha: Pegmatito granítico do tipo LCT (Lítio-Césio-Tântalo).
- ✓ Ambiente tectônico: Províncias anorogênicas (intrusivas em zonas estáveis do cráton).
- ✓ Estágio: Cristalização tardia de fluidos residuais ricos em elementos incompatíveis.

- **Gênese da Ceriopalladifosfida**

Ambiente de Formação:

- ✓ Pode ocorrer em depósitos de platina (por exemplo, em complexos máfico-ultramáficos como os de Norilsk, Rússia ou Bushveld, África do Sul).
- ✓ Pode ser identificada como uma fase intersticial ou acessória em estudos de microscopia eletrônica de minerais metálicos.
- ✓ Não há nome aprovado pela IMA especificamente para “CePd₂” até hoje (junho de 2025), mas fases similares já foram descritas em estudos geoquímicos e metalogenéticos.

➤ Amostra B11 2m: Minerais encontrado - Platina-vanádio – 45,3%; Li₂ O₄ S – 29,1%; Li₂SO₄;

- **Gênese da Platina-Vanadio**

Ambiente de Formação:

- ✓ O composto com fórmula Pt₃V (platina-vanádio) é conhecido como uma fase intermetálica entre platina (Pt) e vanádio (V). No entanto ainda não há um mineral natural oficialmente reconhecido pela IMA com a fórmula Pt₃V.
- ✓ Mesmo assim, esse composto é conhecido em contexto metalúrgico e pode existir como fase intermetálica natural rara em ambientes geológicos extremos, especialmente em depósitos de elementos do grupo da platina (PGEs).
- ✓ Nome (sintético): Não há nome oficial; apenas designado como fase Pt₃V.
- ✓ Tipo de composto: Intermetálico (liga metálica cristalina)
- ✓ Sistema cristalino: Cúbico (estrutura A15 ou similar, dependendo da síntese)
- ✓ Classe química: Metal intermetálico binário (PGEs + elemento de transição)

Gênese provável da fase Pt₃V:

- ✓ Embora não reconhecida como um mineral válido, a fase Pt₃V pode se formar em contextos naturais sob condições muito específicas.

Ambientes geológicos favoráveis.

- ✓ Depósitos máfico-ultramáficos ricos em PGEs e metais de transição (como V, Cr, Ni, Cu).
- ✓ Ex.: Bushveld Complex (África do Sul), Norilsk-Talnakh (Rússia), Stillwater (EUA), Complexo de Niquelândia (Brasil).

- ✓ Ambientes com segregação sulfídica, onde PGEs se concentram nas últimas.
- ✓ Ambientes redutores de alta temperatura, onde intermetálicos podem se cristalizar diretamente a partir de líquidos residuais ricos em metais.
- ✓ Mecanismo de formação.
- ✓ Pt e V se concentram em bolsões residuais ricos em metais no final da cristalização magmática.
- ✓ A formação de sulfetos e arsenetos remove outros elementos, permitindo que Pt e V permaneçam em solução metálica.
- ✓ Ocorre então a cristalização direta do intermetálico Pt₃V, muitas vezes como fases microscópicas incluídas em outros minerais opacos, como pentlandita, laurita ou sperrilita.

Importância científica

- ✓ Embora não mineral aprovado, Pt₃V é estudado por sua estabilidade a altas temperaturas e possíveis propriedades catalíticas e eletrônicas.

- Nome: Sulfato de lítio

- ✓ Classe química: Sulfato

Composição:

- ✓ 2 átomos de lítio (Li⁺)
- ✓ 1 íon sulfato (SO₄²⁻)

O sulfato de lítio aparentemente não ocorre naturalmente, sendo um composto um composto sintético. Não há registro oficial de sua ocorrência como mineral natural reconhecido pela IMA (International Mineralogical Association) até hoje. Apesar de não formar um mineral próprio, Li₂SO₄ pode existir temporariamente como fase solúvel em ambientes geológicos muito específicos

Gênese (formação) do sulfato de lítio – contexto geológico possível:

- ✓ Ambientes salinos e evaporíticos.
- ✓ Salmouras ricas em lítio e enxofre (ex: Salar de Atacama, Bolívia, Argentina, Tibete).
- ✓ Pode ocorrer como fase solúvel transitória em:

Lagos salinos.

- ✓ Evaporação de águas ricas em Li⁺ e SO₄²⁻.

- ✓ Não se cristaliza como mineral, mas pode ser detectado em análises de águas e soluções concentradas.

8 Conclusão

As pesquisas apresentaram análises geológicas-geomorfológicas significativas sobre as cidades de Xapuri, Epitaciolândia e Brasília. No aspecto socioeconômico, as cidades enfrentam um quadro desafiador, caracterizado por alto grau de desigualdades, onde esse contexto pode agravar a vulnerabilidade social da população, tornando-a mais suscetível aos riscos ambientais e desastres naturais.

Os estudos foram executados com o intuito de oferecer subsídios para o desenvolvimento de políticas públicas que busquem prevenir e mitigar desastres decorrentes da ocupação de áreas de risco na área urbana e rural do município.

Este trabalho revela sua importância social ao identificar áreas críticas e suscetíveis a riscos hidrogeomorfológicos, fornecendo ao poder público dados essenciais para a formulação de estratégias que minimizem os impactos negativos da urbanização e promovam a segurança das populações que habitam essas áreas de risco.

O estudo alcança seus objetivos ao contribuir para o planejamento urbano mais sustentável e seguro, visando à redução dos impactos de desastres naturais e a melhoria da qualidade de vida da população.

Reforçando a relevância desta pesquisa, que demonstra as áreas de risco hidrogeomorfológicos, no perímetro urbano do município de Epitaciolândia, que podem provocar mortes, danos econômicos e materiais na população que reside na localidade.

As áreas apresentam condições geotécnicas incompatíveis com ocupação sem os devidos cuidados e mapeamentos de áreas com alto grau de riscos. Essa análise vem ajudar a esclarecer que existem formas de ocupações que não desafiam questões naturais e não expõem pessoas ao risco.

Os estudos da mineralogia, apresentou dados pontuais, devido a problemas que ocorreram ao longo das pesquisas. Os problemas apresentados levaram a necessidade de recorrer a dilatação de prazo para conclusão da Dissertação, que mesmo assim não pode ser satisfatório devido ter que enviar as amostras para o laboratório MAMUTA na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. Uma vez que tivemos a insatisfação de depararmos com laboratórios fechados e falta de materiais, levando a mais atrasos.

Ainda estamos aguardando os dados que esperamos ainda poder usá-los, e trouxemos para essa pesquisa alguns dados de mineralogia que ainda precisa ser analisada a sua confiabilidade. Mas verificamos que os poucos dados trouxeram um ambiente com minerais que tem sua gênese formada em um ambiente de alta temperatura. Se aceitarmos que os

minerais estão revelando essa gênese, podemos estar de frente de uma nova leitura da geologia local. Mas para isso será necessário a confirmação dos dados em laboratório.

Quanto a questão do ponto de flexão de camadas, essa revelou que o material existente é formado por estrutura plástica e com aumento de seu volume com a hidratação dessa camada. Essa constatação é a resposta para a forma que ocorre os deslizamentos, ou seja, o maciço das cidades de Xapuri, Brasiléia e Epitaciolândia possui camadas expansivas que no movimento de hidratação e desidratação vai ocorrendo a abertura de espaços com saída de materiais finos que ao longo do tempo ou dos eventos iniciam micros solapamentos até apresentar seu reflexo em uma dimensão macro, onde ocorre os eventos.

Portanto, em reconhecer os aspectos naturais de um maciço se torna imprescindível para as três cidades. Essa pesquisa ainda será revisada para que possa se adequar ainda mais nos aspectos geotécnicos que são necessários.

9 Referências

AALST, M. K. V. The impacts of climate change on the risk of natural disaster – Climate, Red Cross/Red Crescent Centre on Climate Change and Disasters, Netherlands. 2006.

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000. 2. ed. Rio Branco: SEMA, 2010.

ADAMY, A. CPRM. Serviço Geológico Brasileiro. Avaliação Preliminar dos Efeitos da Inundação Em Brasileia, Acre Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>. Acesso em: 12 jan./2024.

ALMEIDA, L.; SANTOS, W. L.; ARCOS, F.O. Estudo da Dinâmica Erosiva do Rio Acre na Área Urbana de Brasiléia-Acre: Riscos Geomorfológicos na Fronteira Brasil-Bolívia. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 286-290, 2014.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras - Edição Especial. Brasília: ANA, 2015.

AQUINO, E.B. Análise Geotécnica e Caracterização Geomecânica de um solo Expansivo em Teresina-Piauí - Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife-PE, Brasil, amandabarbosaeng@gmail.com Silvio Romero De Melo Ferreira Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Recife-PE, Brasil, sr.mf@hotmail.com. 2022.

ARCOS, F. O.; SANTOS, W. L.; LIMA, K. D. J. V. L. Processos Erosivos Às Margens do Rio Acre: O Caso Área Central Do Município De Rio Branco, Acre, Brasil. *Revista Geonorte*, Edição Especial, V.2, N.4,p.622–633, 2012.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., WISNER, B. Em risco: perigos naturais, vulnerabilidade das pessoas e desastres (1ª ed.). Routledge. 1994. DOI: <https://doi.org/10.4324/9780203974575>.

BOURDEAU-BRIEN, M., KRYZANOWSKI, L. Natural disasters and risk aversion, *Journal of Economic Behavior & Organization*, v. 177, 2020, p. 818-835, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.07.007>.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL. Folha SC 19 – Rio Branco: geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de recursos naturais, v. 15, 1976.

BROWN, P., DAIGNEAULT, A.J., TJERNSTRÖM, E., ZOU, W. Natural disasters, social protection, and risk perceptions, *World Development*, v. 104, 2018, p. 310-325, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.12.002>.

CARRAPA, B., DECELLES, P. Geocene exhumation and basin development in the Puna of northwestern Argentina. *Tectonics*, 27(1), 1-19.2008.

CARVALHO, S., OLIVEIRA, A., PEDERSEN, J.S., MANHICE, H., LISBOA, F., NORGUET, J., WIT, F., SANTOS, F.D. A changing Amazon rainforest: Historical trends and future projections under post-Paris climate scenarios. *Global and Planetary Change*, v. 195, 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103328>.

CARVALHO, A.L. *et al.* EPISÓDIO DE TERRAS CAÍDAS NO RIO AMAZONAS: caso Costa da Águia, Parintins–Am. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2009.

Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres, CENAD. Informação sobre procedimentos para eventos de riscos. Disponível em <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-de-defesacivil/informacoes-uteis/centro-nacional-de-gerenciamento-de-riscos-e-desastres-cenad>, Acessado em 05 dez/2023.

CHARVÉRIAT, C. Natural Disasters in Latin America and the Caribbean: An Overview of Risk (October 2000). IDB Working Paper No. 364, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1817233> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1817233>.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. v. 1. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1981.

COZZUOL, M.A. The Acre vertebrate fauna: age, diversity, and geography. *J. South Am. Earth Sci.*, 21 (2006), pp. 185-203.

CHRISTOFOLETTI, A. GUERRA, C.E.C. MAGNAVITA, I. M. P. MARTINS, M. R.; TAVARES, A.C. Contribuição a Análise Morfométrica das Regiões das Bacias do Jequitinhonha e Extremo Sul, no Estado da Bahia. Universidade Estadual Paulista, UNESP.

Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. 1981.

DECELLES, P.G. Early to middle Tertiary foreland basin development and the history of Andean crustal shortening in Bolivia - Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA. 2003.

DECELLES, P. G., Horton, B. K. (2003). Early to middle Tertiary basin development and the history of Andean crustal shortening in Bolivia. *Geological Society American Bulletin*, 58-77.

FISCH, G.; MARENGO, J.A., NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. *Ciências do Ambiente - Acta Amaz.* 28 (2) - Jun 1998. <https://doi.org/10.1590/1809-43921998282126>.

GLOOR, E. The fate of Amazonia. *Nat. Clim. Chang.* 9, 355–356, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0465-1>.

GRIMM, A.M., BARROS, V.R., DOYLE, M.E. Variabilidade climática no sul da América do Sul associada a eventos El Niño e La Niña, *Journal of Climate* , 13 (1), 35-58. 2000. Disponível em: <<https://journals>.

HEWITT, K. *Regions of Risk: A Geographical Introduction to Disasters* (1st ed.). Routledge, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4324/9781315844206>.

HOORN, C., WESSELINGH, F. P. The Development of the Amazonian Mega-Wetland (Miocene; Brazil, Colombia, Peru, Bolivia). *A Look into the Past*, 2010, Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781444306408.CH8>.

HORBE, A.M.C., RODDAZ, M., GOMES, L.B., CASTRO, R.T., DANTAS, E.L., CARMO, D.A. Provenance of the Neogene sediments from the Solimões Formation (Solimões and Acre Basins), Brazil, *Journal of South American Earth Sciences*, v. 93, 2019, p. 232-241, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2019.05.004>.
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.05.026>.

HORTON, B.K. Early to middle Tertiary foreland basin development and the history of Andean crustal shortening in Bolivi - Department of Earth and Space Sciences, University of California, Los Angeles, California, USA.2003.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. População de Brasília, Epitaciolândia e

Xapuri. 2022 Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ac/riobranco.html>>. Acesso em novembro de 2022.

IMPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. <https://www.gov.br/inpe/pt-br>. 2024.

JORDAN, T. E., Isacks, B. L., Allmendinger, R. W., Brewer, J. A., Ramos, V. A., Ando, C. J. (1983). Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society America Bulletin*, 95(7), 341–361.

KAUFMAN, A.J. & Knoll, A.H. 1995. Neoproterozoic variations in the C-isotopic composition of seawater: stratigraphic and biogeochemical implications. *Precamb. Res.*, 73:27-49.

KOBIYAMA, M., MENDONÇA, M., MORENO, D.A., MARCELINO, I.P.V.O., MARCELINO, E.V., GONÇALVES, E.F., BRAZETTI, L.L.P., GOERL, R.F., MOLLERI, G.S.F., RUDORFF, F.M. *Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos*. 1ª ed. Curitiba/PR: Organic Trading, 2006.

LATRUBESSE, E.M., et al. Paleoenvironmental Model for The Late Cenozoic Of Southwestern Amazonia: *Paleontology and Geology*. 1997.

LATRUBESSE, E.M., COZZUOL, M, SILVA, S.A.F., RIGSBY, C.A., ABSY, M.L., JARAMILLO, C. The late Miocene paleogeography of the Amazon basin and the evolution of the Amazon river system. *Earth Sci. Rev.*, 99 (2010), pp. 99-124.

LEFEBVRE, H. *A Produção do Espaço*. Trad. Doralice Barros Pereira e Sérgio Martins. 4. ed. Paris: *Éditions Anthropos*, 2000.

LIU, Y. Sociedade: Realizando o sonho urbano da China. *Natureza*, v. 509, n. 7499, pág. 158-160, 2014.

LEFEBVRE, H. *A Revolução Urbana*. Trad. Sérgio Martins. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1998.

MERCIER, D. *Spatial impacts of climate change*. ISTE and Wiley & Sons, Inc. London: 2021.

NOGUEIRA, A.C.R., SILVEIRA, R., GUIMARÃES, J.T.F. Neogene–Quaternary sedimentary and paleovegetation history of the eastern Solimões Basin, central

Amazon region, *Journal of South American Earth Sciences*, v. 46, 2013, pp: 89-99, <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.05.004>.

PLUMMER, P.S., GOSTIN, V.A. Shrinkage Cracks: dissection or synaeresis? *Journal of Sedimentary Petrology*. v. 51, n. 4. p. 1147-1156, 1981.

REICHERT, J.M. e al. Selamento Superficial e Infiltração de Água em Solos do Rio Grande do Sul. Dissertação UFRGS. 1992.

RODDAZ, M. T. et al Forebulge dynamics and environmental control in Western Amazonia: The case study of the Arch of Iquitos (Peru). 2015.

RODDAZ, M. T, et al Cenozoic sedimentary evolution of the Amazonian foreland basin system. In: Horn, C., Wesseling, F. (Org.), *Amazonia: Landscape and Species Evolution – a Look into the Past*, (61-88). Oxford: Wiley-Blackwell. 2010.

SANTOS, W. L. Dinâmica Hidroecogeomorfológica em Bacia de Drenagem: Efeitos do uso e ocupação da terra no sudoeste amazônico – Acre – Brasil. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013b.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J.J. Ambientes fluviais. Florianópolis: EDUFSC, 1990. 181p.

HIGASHI, R. R. Metodologia de uso e ocupação dos solos de cidades costeiras brasileiras através de SIG com base no comportamento geotécnico e ambiental. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2006.

SILVEIRA, R. R. Cronoestratigrafia e interpretação paleoambiental de depósitos miocenos da Formação Solimões, Região de Coari, AM. 2005. 93 p. Dissertação(Mestrado) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

TORANI, S. A. e al. importância da educação sobre desastres e emergências: um artigo de revisão. *Revista de Educação e Promoção da Saúde*. 2019.

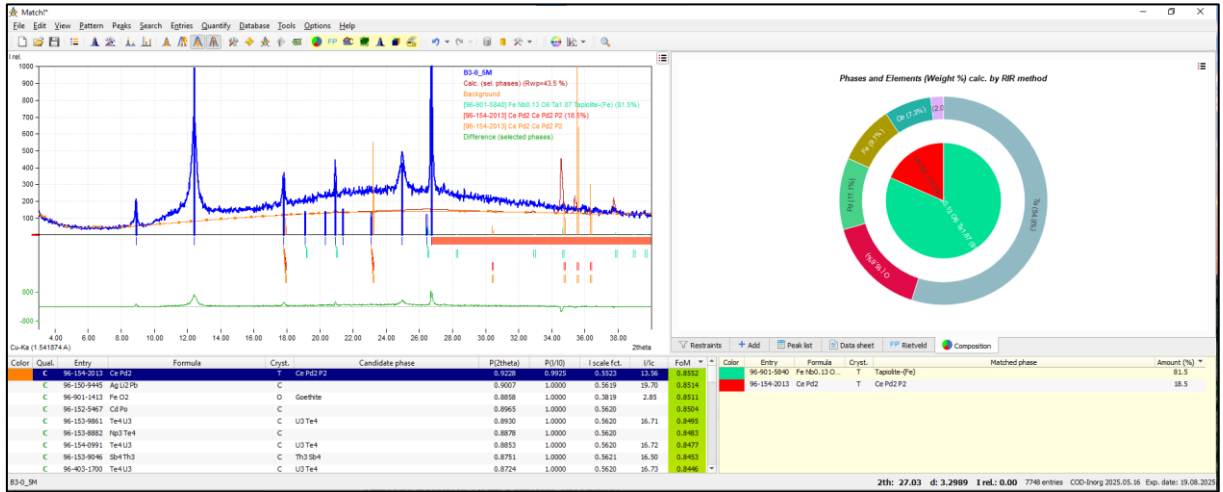
MMA. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) Diretrizes Metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil. 2006.

STERNBERG, H.O'R. A água e o homem na várzea do Careiro. Belém: Museu Paraense

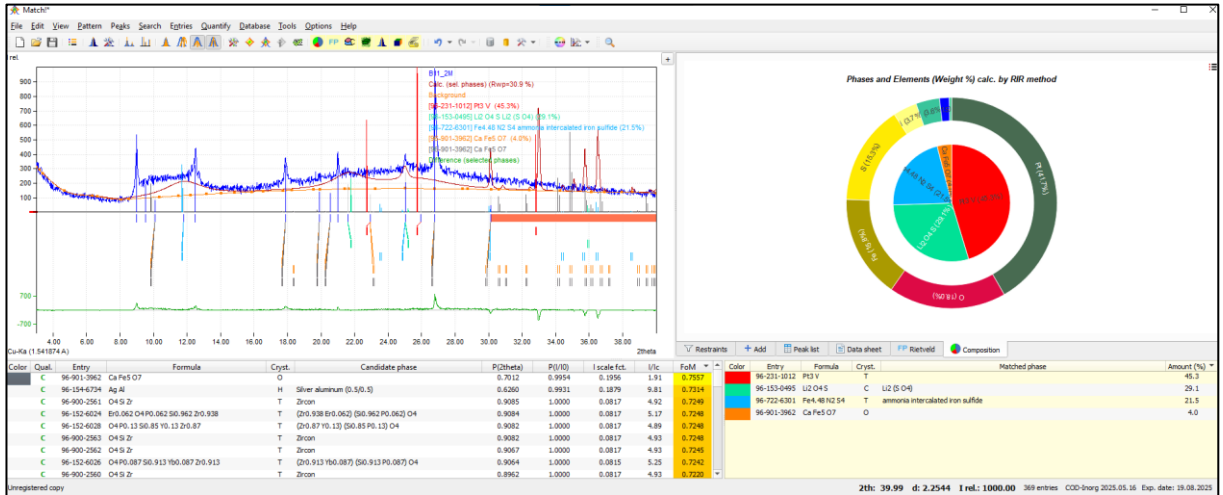
Emílio Goeldi. (1998).

ZUQUETT, L. V. (1993), Importância do Mapeamento Geotécnico no uso do Meio Físico: Fundamentos e Guia para Elaboração – Tese – Escola de Engenharia de São Carlos. 1995.

AMOSTRA B3-0,5M



AMOSTRA B11-2M



ANEXO: FICHAS DA ANÁLISE DO ÍNDICE DE CALIFÓRNIA-CBR



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE – UFAC
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS – CCET
LABORATÓRIO DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS – LET

ÍNDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - CBR

E - 1

Rodovia:	Trecho:	Sub-Trecho:	Nº
Estaca:	Furo:	Prof.:	Material:
			Estado:

Golpes:	Operador:	Data:
Molde Nº 469	Peso: 4215	Volume: 2331

Peso água absorvida = 110g.

	Não saturado	Saturado
Molde + solo úmido	8.785	8895
Molde	4215	4215
Solo úmido	4570	4680
Densidade úmida	1.960	2.007
Cápsula nº	15	42
Cap. + solo úmido	89.95	96.91
Cap. + solo seco	60.32	83.73
Peso da água	9.63	13.18
Peso da cápsula	20.26	29.51
Peso do solo seco	40.06	54.22
Umidade %	24.0	24.3
Umidade média %	24.15	24.45
Densidade seca	1.579	1.613

Umidade higroscópica	Cápsula nº
	Cap. + solo úmido
	Cap. + solo seco
	Peso da água
	Peso da cápsula
	Peso do solo seco
	Umidade (%)
	Umidade média (%)

Água de molde	Dens. apar. max. seca
	Umidade ótima (hot)
	Umidade higroscópica (h hig.)
	hot - h hig
	Peso do solo com umid. natural
	Peso do solo seco
	Água a adicionar
	P. mat. Dens. Max. úmido
	P. mat. Dens. Max. + molde

h = 127.80

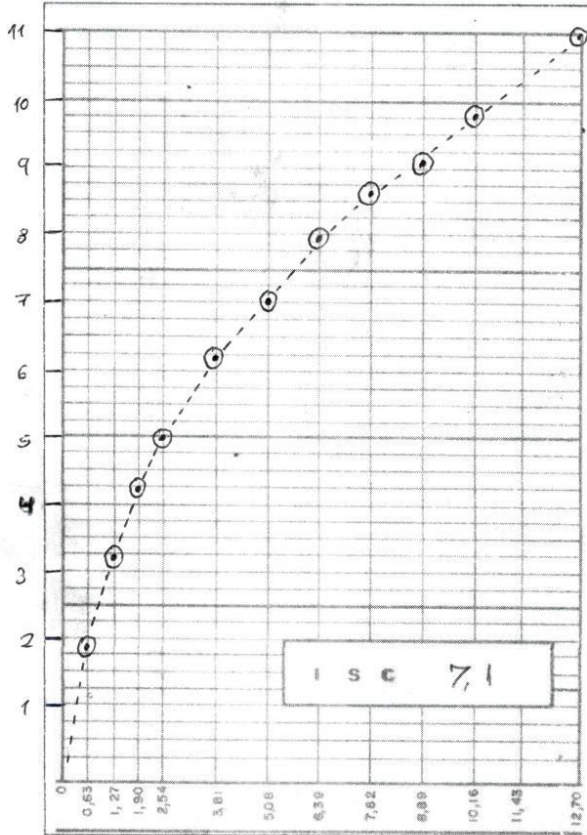
EXPANSÃO

Data:	Hora: 14:00	Leitura:	Diferença:
02-08-24	00	0,00	
03	24		
04	48		
05	72	1,75	
06-08-24	96	1,75	1,75

PENETRAÇÃO

Penetração mm	Tempo min.	Leitura extensômetro	Pressão kg/cm²
0,63	0,5	19	1,86
1,27	1,0	33	2,23
1,90	1,5	43	4,21
2,54	2,0	51	4,99
3,81	3,0	63	6,17
5,08	4,0	72	7,05
6,35	5,0	81	7,94
7,62	6,0	88	8,62
8,89	7,0	94	9,21
10,16	8,0	100	9,80
12,70	10,0	113	11,07

Operador: Data:



RESUMO

Densidade máxima	1.564
Umidade ótima	23.9
Índice de Suporte Califórnia - I S C	7.1
Expansão	1.4

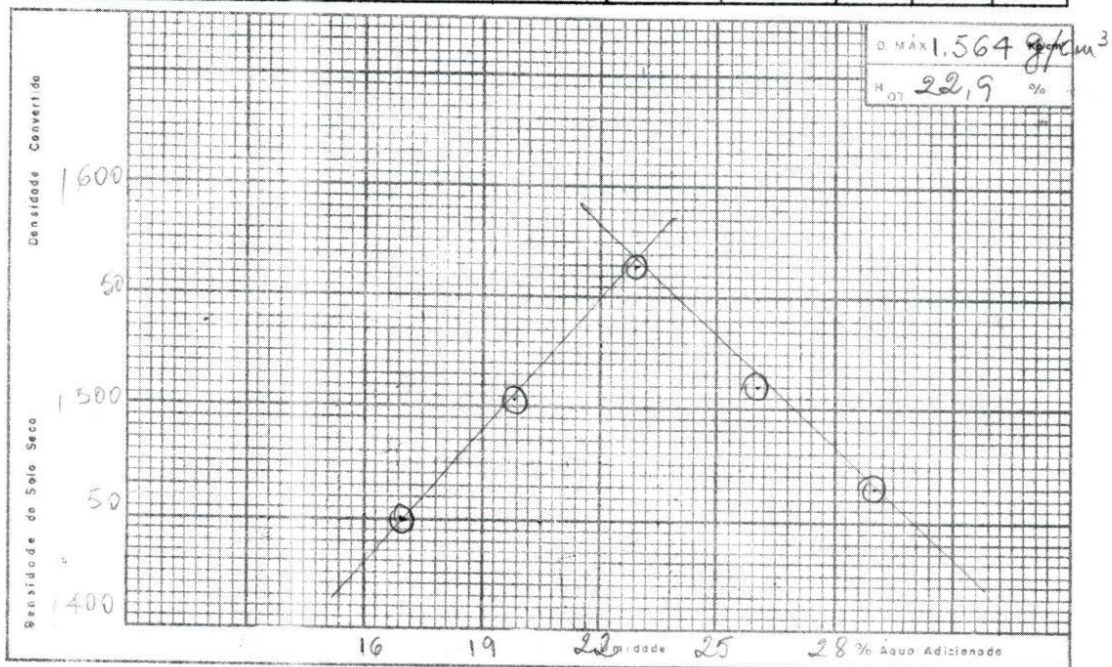
Obs.:



COMPACTAÇÃO

Rodovia:	Trecho:	Sub-Trecho:	Nº E1
Estaca:	Furo:	Prof.:	Material:
% mat. rot. # nº 4	Proctor:	Golpes	Operador:
			Data: 26-07-24

							Umidade higroscópica	
Cápsula Nº							37	24
Cáp+solo+água							98,07 g	68,95 g
Cáp+solo seco							85,72 g	66,98 g
Água							2,35 g	1,97 g
Cápsula							29,20 g	19,31 g
Solo seco							56,52 g	47,67 g
Umidade (h)							4,15 %	4,13 %
Umid. Méd./Fc							Hm= 4,15	Fc= 0,960
Umid. Calcul.	29,2 %	%	10,7 %	19,8 %	22,9 %	26,0 %	Peso do material (g)	
Água adicionada	720 g	g	360 g	450 g	540 g	630 g	3000	
% Água adicion.	24 %	%	12 %	15 %	18 %	21 %	Peso mat. seco (g)	Água
M+S+A (g)	3960		3753	3865	3990	3970	2880	120
Molde (g)	2014		2014	2014	2014	2014	Molde	Peso
Solo + água (g)	1946		1739	1851	1976	1956	Nº 01	2014
Dens. úmida	1.893		1.092	1.800	1.922	1.903	Nº	
Dens. Convert.							Nº	
Dens. seca	1.465		1.450	1.503	1.564	1.510	Nº	
							Nº	





E-2

INDICE DE SUPORTE CALIFORNIA - CBR

Rodovia:	Trecho:	Sub-Trecho:	Nº
Estaca:	Furo:	Prof.:	Material:
			Estudo:

Golpes:	Operador:	Data:
Molde Nº 458	Peso: 4.197	Volume: 2355

para agua absorvida = 100g.

	Não saturado	Saturado
Molde + solo úmido	8.820	8.920
Molde	4.197	4.197
Solo úmido	4.623	4.723
Densidade úmida	1.963	2.005
Cápsula nº		26 34
Cap. + solo úmido		69.22 67.94
Cap. + solo seco		59.58 58.62
Peso da água		9.64 9.32
Peso da cápsula		19.81 19.79
Peso do solo seco		39.77 38.83
Umidade %		24.2 24.0
Umidade média %		24.1
Densidade seca	1.596	1.616

Umidade higroscópica	Cápsula nº.	
	Cap. + solo úmido	
	Cap. + solo seco	
	Peso da água	
	Peso da cápsula	
	Peso do solo seco	
Umidade (%)	Umidade (%)	
	Umidade média (%)	

Água de moldagem	Dens. apar. max. seca	
	Umidade ótima (hot)	23.0
	Umidade higroscópica (h hig.)	3.65
	hot - h hig	19.35
	Peso do solo com umid. natural	6.000
	Peso do solo seco	5.789
	Água a adicionar	1.120
	P. mat. Dens. Max. úmido	
P. mat. Dens. Max. + molde		

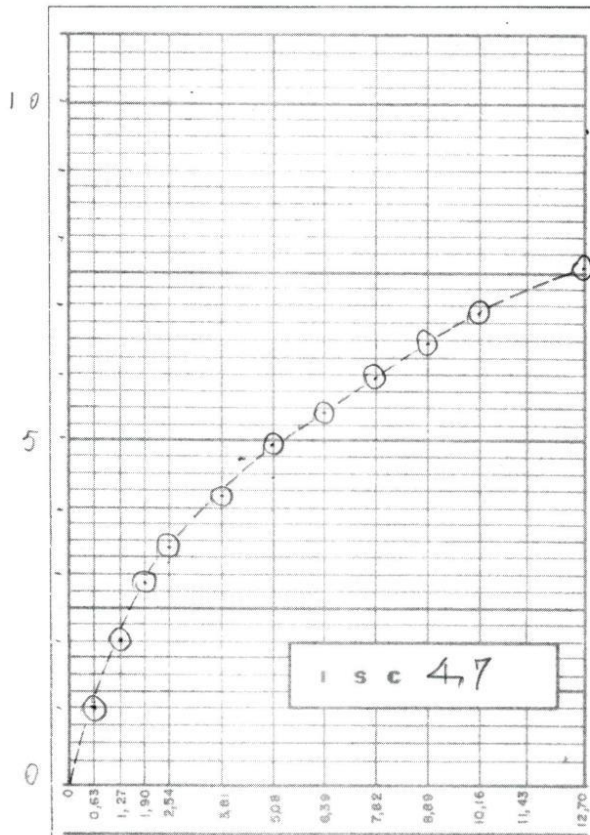
EXPANSÃO h_{CP} = 128.60

Data:	Hora:	Leitura:	Diferença:
25-07-24	9:30	1.00	
26		2.85	
27			
28			
29-07-24		3.31	2.31

PENETRAÇÃO K = 0.098

Penetração mm	Tempo min.	Leitura estensômetro	Pressão kg/cm²
0,63	0,5	11	1,08
1,27	1,0	21	2,06
1,90	1,5	28	2,74
2,54	2,0	34	3,33
3,81	3,0	43	4,21
5,08	4,0	50	4,90
6,35	5,0	55	5,39
7,62	6,0	60	5,88
8,89	7,0	65	6,37
10,16	8,0	69	6,76
12,70	10,0	77	7,55

Operator:	Data:
-----------	-------



RESUMO

Densidade máxima	1.606
Umidade ótima	23.0
Índice de Suporte Califórnia - I S C	4.7
Expansão	1.8

Obs.:



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE - UFAC
CENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - CCET
 LABORATÓRIO DE ENSAIOS TECNOLÓGICOS - LET

COMPACTAÇÃO

E - 2

Rodovia:	Trecho:	Sub-Trecho:	Nº
Estaca:	Furo:	Prof.:	Material:
Estudo:			
% mat. ret. # n°4	Proctor:	Golpes	Operador:
			Data: 23.07.24

							Umidade higroscópica	
Cápsula Nº							11	13
Cáps+sol+água							71,33 g	69,20 g
Cáps+sol seco							69,30 g	67,51 g
Água							2,03 g	1,69 g
Cápsula							14,15 g	20,57 g
Solo seco							55,15 g	46,94 g
Umidade (h)							3,7 %	3,6 %
Umíd. Méd./Fc							Hm= 3,65	Fc= 0,965
Umíd. Calcul.	%	16,1 %	19,2 %	22,3 %	25,4 %	28,5 %	Peso do material (g)	
Água adicionada	g	330 g	450 g	540 g	630 g	720 g	3.000	
% Água adicion.	%	12 %	15 %	18 %	21 %	24 %	Peso mat. seco (g)	Água
M + S + A (g)		3835	3925	4025	4030	3985	2894	106
Moldo (g)		2014	2014	2014	2014	2014	Molde	Peso
Solo + água (g)		1821	1911	2011	2016	1971	Nº 01	2014
Dens. úmida		1771	1859	1.956	1961	1917	Nº	
Dens. Convert.							Nº	
Dens. seca		1,526	1,559	1,599	1,564	1,492	Nº	
							Nº	

