

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Rafaela Teixeira Paula**

**Análise, caracterização e dinâmica em perfis de intemperismo na área urbana de Juiz de  
Fora - MG**

Juiz de Fora

2020

**Rafaela Teixeira Paula**

**Análise, caracterização e dinâmica em perfis de intemperismo na área urbana de Juiz de Fora - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Produção, processos e dinâmicas espaciais e ambientais.

Orientador: Dr. Geraldo César Rocha

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração  
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Paula, Rafaela Teixeira.

Análise, caracterização e dinâmica em perfis de intemperismo na área  
urbana de Juiz de Fora - MG / Rafaela Teixeira Paula. -- 2020.

114 f.

Orientador: Geraldo César Rocha

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de  
Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em  
Geografia, 2020.

1. NBR 6023/2018. 2. Dissertação de Mestrado. 3. Associação  
Brasileira de Normas Técnicas. I. César Rocha, Geraldo, orient. II.  
Título.

**Rafaela Teixeira Paula**

**Análise, caracterização e dinâmica em perfis de intemperismo na área urbana de Juiz de Fora - MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Produção, processos e dinâmicas espaciais e ambientais.

Aprovada em .\_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Geraldo César Rocha  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Dr. Roberto Marques Neto  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Dr. Tácio Mauro Pereira de Campos  
Pontifícia Universidade Católica – Rio de Janeiro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha família, meus pais José de Souza Paula e Célia Gonçalves Teixeira Paula, minhas irmãs Gisele Teixeira Paula e Gabriela Teixeira Paula e minha namorada Raquel Nascimento Pinheiro por todo suporte durante toda minha trajetória e todas as palavras e atitudes de apoio. Agradeço também todos os meus amigos pelos momentos inesquecíveis de amparo e descontração.

Ao meu orientador, Geraldo, por todo o conhecimento passado e todas as contribuições em minha vida acadêmica.

Aos professores Roberto e Tácio por terem aceitado participar da banca Examinadora da dissertação.

Agradeço ao Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora pela oportunidade de cursar o Mestrado e a todos os professores por todo conhecimento adquirido.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fornecimento integral da bolsa de pós graduação.

Ao Laboratório de Metalurgia do Instituto Federal de Juiz de Fora e à Paula pelo auxílio nas análises.

A todos que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento.

## RESUMO

Temas ligados a decomposição e fragmentação de rochas se encontram numa área interdisciplinar, transitando em ciências como a Geologia, Pedologia, Geotecnia, Geomorfologia e Geografia, mas geralmente não se constituem em temática principal delas, sendo deixados, muitas vezes em segundo plano. Assim, a proposta para esse projeto foi investigar o material de intemperismo, considerado como o local onde acontecem esses processos. Investigou-se diversos pontos em que o material aflora na área urbana de Juiz de Fora e a representatividade desses materiais em ambiente tropical, partindo da premissa de que os mesmos são representativos da dinâmica intempérica dos trópicos úmidos. Visando contribuir com os conhecimentos acerca da estruturação física da região, foi realizada uma caracterização dos perfis de intemperismo na cidade de Juiz de Fora, em termos físicos e mineralógicos. Objetivou-se também compreender como e quais comportamentos dos perfis intempéricos, ocasionados por suas respectivas características, podem afetar a sociedade, como no caso da ocorrência de movimentos de massa. Para cumprir os objetivos do projeto, além de uma revisão bibliocartográfica, três fases foram seguidas. A primeira etapa corresponde a descrição do perfil e dos materiais que o constituem, além de análises feitas em campo e amostragem. A segunda fase correspondeu a análises feitas em laboratório, e a terceira a tabulação e interpretação dos resultados. Em campo foram medidas as estruturas e espessuras dos perfis; em laboratório foram analisados cor, textura, consistência, mineralogia, rocha de origem e grau de alteração. Observa-se que as rochas de origem condicionaram dois grandes grupos de perfis de intemperismo com características bem diferentes entre eles, sendo a textura o principal diferenciador. Em um grupo predomina material mais arenoso, com a presença bastante marcante de minerais primários mais resistentes como o quartzo. No outro grupo tem-se a predominância de material mais argiloso com minerais secundários predominantes. A respeito da cor nota-se uma variação entre as cores vermelho, amarelo, e bruno, predominantemente. Em alguns casos a cor é homogênea por todo o horizonte, já em outras situações há predomínio de uma cor e presença de alguns pontos isolados com coloração. Em grande parte dos pontos observa-se a presença de planos estruturais como fraturas e/ou falhas herdadas das rochas. Os planos estruturais medidos apresentam duas direções preferenciais, N-S (se aproximando de NNW-SSE), NE-SW (mais especificamente NNE-SSW). Tais direções predominantes coincidem com as direções das grandes estruturas geológicas da região, e isso é indício de autoctonia do material. No que se refere aos ângulos de mergulho, a maioria dos planos medidos apresenta ângulos menores que 20°; no entanto, é

importante se considerar a presença de ângulos de mergulho nos intervalos de 20° a 45° e 70° a 90°. Essas estruturas geológicas, quando favoráveis a movimentação em massa, aparecem como uma das causas principais desse evento. Em um dos perfis de intemperismo, onde foi aplicado métodos de avaliação de risco, a presença de planos e lineamentos mergulhando para fora do perfil foi definitiva para a movimentação em massa. O material estudado desempenha papel importante no contexto geral da paisagem, funcionando como material de origem para os solos, base de grande parte da superfície onde se instalam edificações. Assim, ele deve ser bem conhecido para ser bem utilizado, sem oferecer riscos a população, como pode acontecer em alguns casos onde favorece a ocorrência de movimento de massa ou a erosão.

**Palavras-chave:** Perfis de intemperismo. Mineralogia. Estabilidade em perfis de intemperismo.

## ABSTRACT

Themes related to the decomposition and fragmentation of rocks are found in an interdisciplinary area, named weathering, that goes through sciences such as Geology, Pedology, Geotechny, Geomorphology and Geography, but that is not considered as the main theme. Thus, the proposal OF this project was to investigate the weathering material, considered as the place where these processes occur. Several sites where this material occurs in the urban area of Juiz de Fora town were investigated, as well as the representativeness of these materials in a local tropical environment, based on the premise that it is representative of the weathering in the humid tropics. In order to contribute with the knowledge about the physical structure of the region, a characterization of the weathering profiles in the town of Juiz de Fora was carried out, in physical and mineral terms. Other objective included how and what are the comportament of weathering profiles, caused by their characteristics, can affect society, as in the case of mass movements. To fulfill the project's objectives, in addition to a bibliographic review, three phases were followed. The first one corresponds to the description of the weathering profile and ITS materials, in addition to the analysis done in the field and also the sampling. The second phase corresponds to the analyzes made in the laboratory and the third corresponds to the tabulation and interpretation of the results. In the field, structures and thicknesses of profile structures were measured; in the laboratory, color, texture, consistency, mineralogy, original rock and degree of alteration were analyzed. It is observed that the rocks of origin conditioned two large groups of weathering profiles with very different characteristics between them, being the texture the main differential. In one of the groups, sandy material predominates, with a very marked presence of more resistant primary minerals such as quartz. The another group has a predominance of clay minerals. the color have a variation between red, yellow and brown, predominantly. In some cases, the color is homogeneous for the entire horizon, while in other situations there is a predominance of only one color and the presence of some isolated colored points. In most of the sites, there are planes of fractures and / or faults inherited from the rocks. The selected measured planes have two preferred directions: N-S (next to NNW-SSE), NE-SW (closest to NNE-SSW). Such directions predominate, coinciding with the directions of the great geological structures in the region, and this is an indication of the material's autochthony. About the diving angles, most of the measured planes have angles less than 20 °; however, it is important to consider the presence of diving angles in the ranges of 20 ° to 45 ° and 70 ° to 90 °. These geological structures, when favorable to mass movement, appear as one of the main causes of this event. In one of the weathering profiles, where some risk assessment methods were applied, the



presence of plans dip to the outside of the profile, was definitive for mass movement. The studied material plays an important role in the general context of the landscape, functioning as source material for the soils, substrate of the large part of the surface where buildings are installed. Thus, it must be well known for being well used, without offering risks to the population, as it can happens in some cases where there is an occurrence of mass movement or erosion.

**Keywords:** Weathering profiles. Mineralogy. Stability in weathering profiles.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Perfil de intemperismo .....	17
Figura 2 - Ciclo geoquímico.....	23
Figura 3 - Toposseqüência mostrando a transformação de solos com horizonte B latossólico em solos com horizonte B textural .....	28
Figura 4 - Classificação do grau de alteração das rochas.....	29
Figura 5 - Classificação dos Riscos ambientais enfatizando os geológicos exógenos .....	40
Figura 6 - Localização do perímetro urbano de Juiz de Fora, MG.....	42
Figura 7 - Unidades litológicas da área urbana de Juiz de Fora.....	46
Figura 8 - Classes hipsométricas da área urbana de Juiz de Fora .....	48
Figura 9 - Classes de declividade da área urbana de Juiz de Fora .....	48
Figura 10 - Unidades pedológicas da área urbana de Juiz de Fora .....	49
Figura 11 - Hidrografia do município de Juiz de Fora .....	51
Figura 12 - Uso e ocupação do solo na área urbana de Juiz de Fora.....	53
Figura 13 - Mapa de Riscos a escorregamentos na área urbana de Juiz de Fora - MG.....	55
Figura 14 - Localização dos pontos de estudo .....	56
Figura 15 - Localização dos pontos submetidos a análise de Raios-X e MEV .....	60
Figura 16 - Formato de difratograma e gráfico da porcentagem de minerais encontrados .....	61
Figura 17 - Portões lógicos utilizados para a construção da Árvore de Falhas .....	63
Figura 18 - Esquema da análise de Causa e Consequência.....	64
Figura 19 - Litologia com os pontos de estudo .....	65
Figura 20 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Grama .....	66
Figura 21 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Filgueiras .....	67
Figura 22 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no Dom Bosco.....	67
Figura 23 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Santa Cecília .....	68
Figura 24 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Borboleta.....	68
Figura 25 - Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no Manoel Honório .....	69
Figura 26 - Direção dos principais planos estruturais da região .....	70
Figura 27 - Diferenciação de cores no perfil (ponto MAN HON 3) .....	73

Figura 28 - Diferenciação de cores no perfil (ponto SAN.C.2).....	73
Figura 29 - Coloração - amostra BOR.11.....	74
Figura 30 - Coloração - amostra GRAM.2.....	75
Figura 31 - Perfil com granulometria fina (MAN.H. 2).....	75
Figura 32 - Perfil com granulometria grossa (GRA.2).....	76
Figura 33 - Carga sedimentar de granulometria grossa (Bairro Filgueiras).....	77
Figura 34 - Fotos de campo e da amostra de mão (GRAM.8).....	78
Figura 35 - Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (GRAM.8).....	78
Figura 36 - Imagens do MEV (GRAM.8) com aumento de 76x (a), 300x, (b) e 1000x (c).....	79
Figura 37 - Fotos de campo e da amostra de mão (LIN.2).....	80
Figura 38 - Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (LIN.2).....	80
Figura 39 - Imagens do MEV (LIN.2) com aumento de 81x (a), 300x, (b) e 1000x (c).....	81
Figura 40 - Fotos de campo e da amostra de mão (MAN.H.7).....	82
Figura 41 - Imagens do MEV (MAN.H.7) com aumento de 86x (a), 305x, (b) e 1000x (c).....	82
Figura 42 - Fotos de campo e da amostra de mão (SAN.C. 2).....	83
Figura 43 - Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (SAN.C. 2).....	84
Figura 44 - Imagens do MEV (SAN.C. 2) com aumento de 87x (a), 300x, (b) e 984x (c).....	84
Figura 45 - Fotos de campo e da amostra de mão (BOR.8).....	85
Figura 46 - Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (BOR. 8).....	85
Figura 47 - Imagens do MEV (BOR.8) com aumento de 84x (a), 287x, (b) e 1001x (c).....	86
Figura 48 - Perfil não alterado (MAN.H 14).....	87
Figura 49 - Material fracamente alterado (BOR 9).....	88
Figura 50 - Material moderadamente alterado (MAN.H.1).....	88
Figura 51 - Material muito alterado (BOR. 8).....	89
Figura 52 - Material completamente alterado (SAN. C.7).....	89
Figura 53 - Cicatriz de movimento de massa no bairro Dom Bosco (próximo ao pórtico sul da UFJF) .....	90
Figura 54 - Cicatriz de movimento de massa no bairro Manoel Honório.....	90
Figura 55 - Cicatriz de movimento de massa no bairro Santa Cecília.....	91

Figura 56 - Árvore de Falhas do evento movimento de massa .....	92
Figura 57 - Análise de Causa e Consequência do evento movimento de massa.....	95

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 e 2 - Total mensal de precipitação (mm) e média mensal de temperatura (°C) máxima e mínima entre os anos 2009 e 2018 .....	54
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação de grau de consistência de saprolitos .....	59
Tabela 2 - Graus de alteração .....	62
Tabela 3 - Síntese dos resultados (GRAM.8).....	79
Tabela 4 - Síntese dos resultados (LIN.2) .....	81
Tabela 5 - Síntese dos resultados (MAN.H. 7).....	83
Tabela 6 - Síntese dos resultados (SAN.C. 2) .....	84
Tabela 7 - Síntese dos resultados (BOR.8) .....	86

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	15
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	16
3.1	OBJETIVO GERAL .....	16
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
4.1	CONCEITOS E HISTÓRICO .....	17
4.2	INSTABILIDADE ESTRUTURAL E RISCOS .....	36
<b>5</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	42
5.1	GEOLOGIA .....	42
5.2	RELEVO .....	47
5.3	PEDOLOGIA .....	49
5.4	HIDROGRAFIA .....	50
5.5	VEGETAÇÃO .....	51
5.6	CLIMA .....	53
5.7	MOVIMENTO DE MASSA EM JUIZ DE FORA – MG .....	55
<b>6</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	56
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	65
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	98
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	102
	<b>ANEXO</b> .....	112

## 1 INTRODUÇÃO

Há uma interpenetração da unidade de interpretação da Geografia com com outras ciências. Geologia, Pedologia e Geotecnia são importantes ciências, com quem a Geografia estabelece um diálogo. Pode-se considerar que o objeto de estudo da Geologia são as rochas, da Pedologia são os solos e a Geotecnia utiliza estes materiais com aplicação na engenharia. O material de intemperismo é resultado da desintegração física e decomposição química da rocha que, associados a outros processos como a pedogênese, dá origem ao solo. O material de intemperismo muitas vezes é dado somente como produto de intemperismo da rocha ou material de origem do solo. É um dos objetos de estudo da Geologia e Pedologia, mas ainda não é bem esclarecido por essas e outras áreas da Geociências, principalmente na literatura brasileira.

A respeito disso, Bigarella (1994) ressalta que, academicamente, temas ligados a decomposição e fragmentação de rochas se encontram numa área interdisciplinar, transitando em ciências como a Geologia, Pedologia, Geotecnia, Geomorfologia e Geografia, mas geralmente não se constituem em temática principal delas, sendo deixados, muitas vezes em segundo plano.

Assim, a proposta para esse projeto foi investigar o material de intemperismo, considerado como o local onde acontecem esses processos. Analisou-se diversos pontos em que o material aflora na área urbana de Juiz de Fora e investigou-se a representatividade desses materiais em Domínio Tropical Atlântico, partindo da premissa de que tais materiais são representativos da dinâmica intempérica dos trópicos úmidos.

O clima influi na determinação do tipo de intemperismo predominante, principalmente pela temperatura e umidade, que determinam o predomínio dos processos químicos sobre os físicos e o grau de alteração (BIGARELLA, 1994). O intemperismo (principalmente o químico) em condições tropicais é fundamental no desenvolvimento dos regolitos e das formas de relevo. Nessas condições há o desenvolvimento de duas superfícies que limitam os regolitos: a superior (em contato com a atmosfera, sujeita aos processos erosivos) e a inferior (em contato com a rocha) (MARTINS et. al, 2008).

Thomas (1994) faz as seguintes considerações sobre os fatores climáticos que influenciam na dinâmica superficial nos trópicos úmidos: o grau de intemperismo da rocha é variado em profundidades diferentes; a alta pluviosidade é um fator determinante no intemperismo das rochas; as altas temperaturas da água da chuva aceleram o intemperismo; os agentes do intemperismo são predominantemente ácidos orgânicos e ácidos carbônicos e



nítricos; as rochas se deterioraram antes da recente dissecação da paisagem; em geral, quando não estão muito fraturadas as rochas magmáticas e metamórficas são mais resistentes ao intemperismo do que as sedimentares; o regolito rico em argila combinado com altas pluviosidades favorecem os escorregamentos; os movimentos de massa tem papel importante na exposição da rocha fresca ao intemperismo.

Juiz de Fora apresenta uma caracterização física favorável a alguns desses fatores como a caracterização climática, quadro geomorfológico e geológico. Apresenta clima tropical sazonal (AGEVAP, 2012), com duas estações bem definidas, uma quente e chuvosa e outra fria e seca (ASSIS et. al., 2011). O município apresenta vales profundos e encostas com elevadas declividades, em um relevo predominantemente composto por morros e morrotes (PJF, 1996). Esta característica, associada a índices pluviométricos elevados no período chuvoso, provocam situações intensas da dinâmica superficial e subsuperficial, que favorece, entre outras coisas, a ocorrência de movimentos de massa. Além disso, de acordo com Duarte (1998) geologicamente a região de Juiz de Fora é caracterizado por falhas de empurrão com imbricamento de contatos entre rochas metassedimentares, gnaisses, biotita gnaise, quartzitos, rochas calcissilicáticas e granada quartzito e ortogranulitos. Este sistema de falhas tem escamas de formas arredondadas e se estendem na direção NE-SW. No centro e nos arredores da cidade de Juiz de Fora há evidências de zonas de deformação tardia, destacando-se falhas e zonas de cisalhamento de direção N-S ou NW-SE. Esse quadro geológico, principalmente o sistema de falhas, juntamente com as fraturas, resultou numa considerável fragilidade geológica para a região que conta também com a presença de alguns tipos de rochas metamórficas foliadas que, quando mergulhadas para fora do perfil, podem favorecer a movimentação em massa.

Segundo Bigarella (1994), o estudo do manto intempérico fornece dados importantes que podem auxiliar na interpretação da paisagem, das condições ambientais subatuais ou do passado geológico mais recente e na previsão de comportamentos dos materiais envolvidos e como podem afetar a sociedade. Neste sentido, os estudos sobre os produtos do intemperismo, sua distribuição e movimentação tem papel importante no entendimento das vertentes.

Visando contribuir com os conhecimentos acerca da estruturação física da região, objetivou-se realizar uma caracterização dos perfis de intemperismo na cidade de Juiz de Fora, em termos físicos e mineralógicos. Objetiva-se também compreender como e quais comportamentos dos perfis intempéricos, ocasionados por suas respectivas características, podem afetar a sociedade, como no caso da ocorrência de movimentos de massa.

## **2 JUSTIFICATIVA**

A proposta da pesquisa almejou auxiliar no avanço do estudo do material de intemperismo em Juiz de Fora, com ênfase nos saprolitos, material ainda pouco estudado, que apresenta características e graus diferentes de alteração, principalmente no Brasil, país que oferece condições ideais ao desenvolvimento de mantos de intemperismo muito espessos. Há a necessidade de aprofundamento dos estudos e da obtenção de dados desta natureza em todo o país.

O trabalho fornece informações sobre características físicas, mineralógicas e estruturais de perfis de intemperismo na área urbana de Juiz de Fora e apresenta as possíveis causas de movimentos de massa da cidade, envolvendo todo esse material; esses dados poderão alimentar modelos de previsão de movimentos de massa, sendo uma das potencialidades desse trabalho a prevenção de riscos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar uma análise de perfis de intemperismo, enfatizando as propriedades físicas e mineralógicas e sua instabilidade em Juiz de Fora, MG.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Compreender a distribuição espacial dos saprolitos;
- Realizar análise de risco a movimento de massa e entender como as características dos saprolitos influenciam nesse evento.
- Entender como as estruturas influenciam na ocorrência de movimentos de massa.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

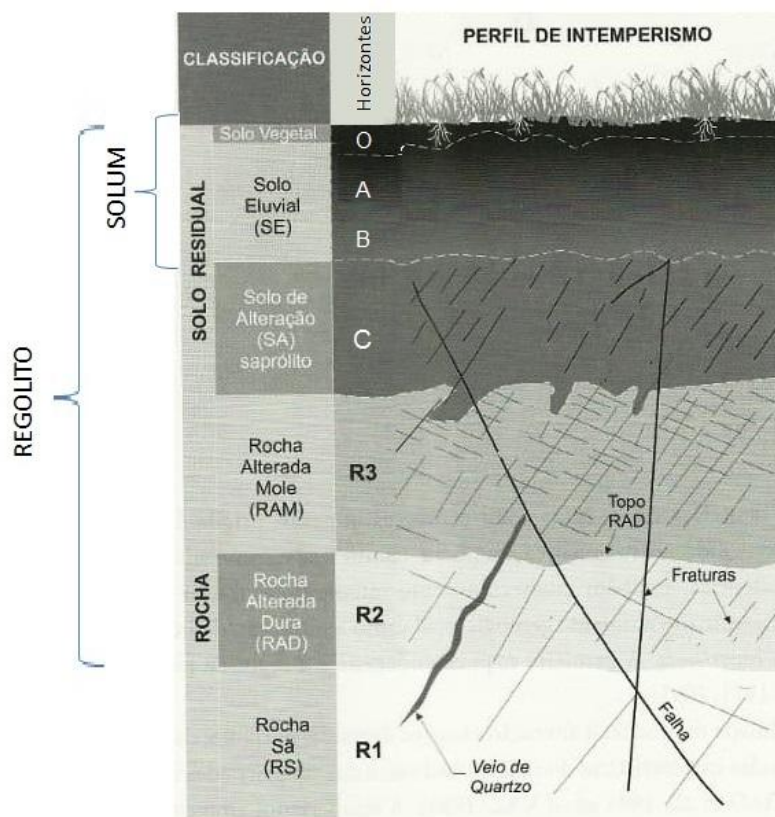
### 4.1 CONCEITOS E HISTÓRICO

#### *Perfil de intemperismo*

Para Vieira (1975) e Lepsch (1975) (apud BARROS, 1991), na Geologia, o perfil de intemperismo é o conjunto de camadas horizontais situadas em uma seção que vai da superfície até o material original, tendo, então, um limite inferior definido como a zona de encontro entre o solo e a rocha. Para a Pedologia, a ciência dos solos, cada uma dessas camadas correspondem aos horizontes pedológicos, de modo que “os horizontes são zonas do solo, aproximadamente paralelas, que possuem propriedades resultante dos efeitos combinados dos processos genéticos” (VIEIRA, 1975 apud BARROS, 1991, p.14).

Para a Pedologia, um perfil de intemperismo característico apresenta os horizontes O, A, B, C (Saprólito) e R (rocha em variados estágios de alteração), como demonstrado na figura 1.

Figura 1– Perfil de intemperismo



Fonte: adaptado de Frazão (2012)

De acordo com Press et. al (2013), o regolito compreende o material alterado, heterogêneo e desagregado sobreposto ao substrato rochoso, que pode incluir partículas da rocha-matriz alterada e são, argilominerais, de óxidos de ferro e de diversos metais e outros produtos do intemperismo. Para Leinz e Amaral (1987), o termo regolito se refere, a todo o material incoerente, arenoso, argiloso, podendo conter fragmentos de rocha e solo, que recobre a superfície terrestre sobre a rocha fresca e inalterada, podendo ser designado também como manto de alteração. Em uma linguagem mais simples, pode-se dizer que o regolito corresponde a todo o material que está sobre a rocha, resultado de seu intemperismo.

Em termos pedológicos, o regolito é o conjunto dos horizontes O, A, B e C. Este material inclui o saprolito (horizonte C) e o solum (horizontes O, A, B).

A rocha é um agregado sólido natural inorgânico, formado de um ou mais minerais, que constitui parte essencial da crosta terrestre (TEIXEIRA et. al, 2009). O horizonte C é a rocha alterada ou intemperizada (saprolito ou alterita), que, dependendo da intensidade do intemperismo, pode herdar características da rocha original. O horizonte B é o horizonte em que ocorre acumulação de argila, matéria orgânica e compostos oxidados de ferro e alumínio. O horizonte A é geralmente mais escuro, rico em matéria mineral e matéria orgânica; apresenta, geralmente, alta atividade biológica e recebe substâncias provenientes da decomposição orgânica dos restos acumulados no horizonte O. O horizonte O é rico em restos orgânicos em vias de decomposição e é onde se estabelece a vegetação (TOLEDO 2014).

O saprolito pode ser compreendido como o produto de alteração da rocha, resultado do ataque de agentes intempéricos físicos e químicos. Para Toledo (2014) o saprolito (horizonte C) corresponde ao material situado sobre a rocha fresca (horizonte R) e, abaixo do solum (horizontes O, A e B). Pode ser considerado o material de transição da rocha para o solum, visto que o saprolito, ou horizonte C formará os outros horizontes do solo quando associado à pedogênese, como a interação com a matéria orgânica. Lepsch (2011) explica que o saprolito é o limite inferior não muito bem definido do solo. Segundo Stoops et. al (2010), saprolitos são produtos a longo prazo do intemperismo, que podem ter mais de 20 milhões de anos na maioria das áreas tropicais, atingindo profundidades superiores a 150 m em alguns locais

A conceituação de solo varia de acordo com a área de estudo, não apresentando uma concepção consensual para autores de áreas de estudo como a Engenharia, a Engenharia Agrícola, a Biologia e a Geologia. De acordo com Bloom (1970), essa divergência se deve pelos objetivos de estudo de cada área e pelas diversas fases de imaturidade e maturidade pela qual o solo passa em sua história de formação.

Para o estudo de âmbito agrícola a concepção de solo é a camada em que as plantas fixam suas raízes e retiram os nutrientes necessários a seu crescimento (LEPSCH, 2011). Na superfície há uma pequena camada de material vegetal decomposto, chamado de húmus.

Para a Geologia o solo pode ser entendido como camada da superfície da Terra que foi suficientemente intemperizada por processos físicos e químicos, acrescentando a interferências de processos biológicos, de modo a suportar o crescimento de plantas e suas raízes (BLOOM, 1970). Toledo (2014, p. 136) traz uma definição de solo como “materiais intemperizados reorganizados e associados à matéria orgânica”.

Para a Pedologia, a ciência que estuda os solos, uma das mais conceituações mais adequadas de solo foi deliberada por *Soil Survey Manual*, como

A coleção de corpos naturais que ocupam partes da superfície terrestre, os quais constituem um meio para o desenvolvimento das plantas e que possuem propriedades resultantes do efeito integrado do clima e dos organismos vivos, agindo sobre o material de origem e condicionado pelo relevo durante certo período de tempo” (SOIL SURVEY MANUAL apud LEPSCH, 2011).

Os fatores de formação do solo se confundem com os fatores de intemperismo, sendo o solo um resultado final do processo intempérico associado a diversos processos e materiais que promovem a pedogênese. Podem-se citar cinco principais fatores de formação do solo, clima, material de origem, organismos, relevo e tempo (LEPSCH, 2011)

Para a formação do solo, além do intemperismo da rocha, a pedogênese é um processo essencial. É nesse processo que ocorrem modificações e reorganizações estruturais dos minerais formadores do solo e introdução de matéria orgânica ao sistema.

#### *Histórico de estudo sobre o perfil de intemperismo*

De acordo com Schaefer et. al (1997), o estudo mais detalhado do material de intemperismo surgiu com o nascimento da Pedologia, como um ramo da área de Geociências, assim como a Geologia e a Geomorfologia. No início, a ciência pedológica teve fortes ligações com a Geologia e, conseqüentemente as primeiras tentativas classificatórias foram sobretudo influenciadas pelos conhecimentos geológicos (BARROS, 1991). Antes dos avanços nos estudos detalhados de todo o perfil intempérico tinha-se o saprolito somente como o resultado da decomposição da rocha e material de origem do solo, e o solo era reconhecido como fator de produção vegetal e estudado essencialmente com fins agrícolas (SCHAEFER et. al 1997). Com o surgimento da Pedologia passou-se a estudar o perfil de intemperismo a partir da diferenciação existente ao longo do perfil intempérico, a essas zonas

diferentes a Pedologia chama de horizontes e, assim, os horizontes passaram a ser mais bem detalhados, reconhecendo que estes eram corpos naturais independentes com propriedades distintas.

Segundo Barros (1991), os primeiros estudiosos das Geociências, os naturalistas, que seriam os profissionais mais aptos a iniciarem os estudos das superfícies intemperizadas, se dedicavam a trabalhar com aspectos fisiográficos relativos a tipos de paisagem e dados geográficos, identificação e tipologia de espécies vegetais, zoologia, descrição e exploração mineralógica e litológica, bastante voltado para o viés econômico. Com estes temas em foco, o estudo do manto intemperizado e do solo foram deixados de lado.

Segundo o IBGE (2015) as bases da Pedologia foram lançadas em 1880 na União Soviética pelo cientista V. V. Dokuchaev (1846-1903), ao reconhecer que o solo não era um simples amontoado de materiais não consolidados, em diferentes estágios de alteração, mas sim um resultado de uma complexa interação do clima, organismos e topografia, agindo durante certo período de tempo sobre o material de origem e o alterando, de modo a produzir o solo, com toda a sua heterogeneidade.

Dokuchaev teve papel extremamente importante no desenvolvimento de tais estudos, motivados por uma acentuada crise na produção agrícola da Rússia, com o desenvolvimento de um sistema de classificação de solos em 1886, e aprimorado por ele em 1900. Essas classificações foram se aprimorando por outros estudiosos como Sibirtsev, Zakharov, Glinka, Gedroiz, Hilgard, Whitney, Coffey e Marbut (SCHAEFER et. al, 1997).

Na América Central e do Sul há evidências que demonstram um amplo conhecimento dos solos, com uma classificação inicial por parte de grupos indígenas para fins agrícolas (CARNEIRO, 1961). Este autor cita dois exemplos de classificação de solos produzidas por 2 tribos indígenas, Kuikúru e Xicrins. A primeira classifica os solos como Buro-imek (Solo negro, turfoso); Core-imek (Solo amarelado, mais pobre); Ueraw-imek (Solo vermelho, mais rico); Cada-law Solo (cinzento, gleizado); Coba (Solo pedregoso qualquer) Ubaracaw-Coba (Solo pedregoso, com quartzo leitoso). A segunda tribo, Xicrins, parte da nação Kayapó, Carajás agrupava os solos em: Pukaká (Solo branco); Pukanrik (Solo vermelho); Pukatuk (Solo negro); Pukangrãngrã (Solo amarelo) Pukakru (Pedra, Solo pedregoso) Pukangú (Solo úmido) Pukatudji (Solo seco e duro). Nota-se que os parâmetros principais utilizados eram cor, consistência, umidade e fertilidade, basicamente, variáveis muito utilizadas pelas classificações atuais.

Entre os séculos XVII e XVIII houve crescimento do saber técnico relacionado a fertilidade do solo (SCHAEFER et. al, 1997), principalmente com o desenvolvimento da

agricultura, alavancando então, um estudo voltado para a geoquímica dos solos. Neste sentido, IBGE (2015) completa que a motivação para os primeiros estudos do solo surgiu com o intuito de corrigir ou elevar sua fertilidade natural, neutralizar a acidez, agrupar solos apropriados para determinadas culturas e preservar os solos contra a erosão.

Mas ainda assim o crescimento do tema em âmbito científico não apresentou avanços significativos. Por este motivo este período foi denominado por Schaefer et. al (1997) pré-Pedologia. Para esse autor o nascimento da ciência do solo e sua divulgação ocorre nas últimas décadas do século XIX, entre 1860 e 1880 pelo mundo, e no início do século XX no Brasil. O Instituto Agrônomo José Augusto Trindade – PB é considerado por IBGE (2015) pioneiro no estudo de solo no Brasil, considerando que o primeiro mapa de solos foi realizado em 1947, quando foi confeccionado o Mapa Agrológico da Bacia de Irrigação do Açude São Gonçalo (PB). 1947 foi também o ano da criação da Comissão de Solos, do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônomicas - CNEPA, do Ministério da Agricultura. Com isso os levantamentos de solos no Brasil tomaram grande impulso.

Em 1970, com o reconhecimento da potencialidade dos recursos naturais da Amazônia, o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM desenvolveu um projeto de sensoriamento remoto dessa região utilizando radares, o projeto Radam (1983). Dado o sucesso do projeto, decidiu-se estender o trabalho para todo o território nacional, passando a se denominar projeto RadamBrasil. O projeto rendeu ao país coletas de informações e produção de mapas de diversas temáticas relacionadas a recursos minerais, vegetação, uso e ocupação da terra, solos, entre outros, de todo o território nacional. O RadamBrasil foi então um trabalho marcante no estudos de diversas áreas da Geociências, entre elas o estudo dos solos (CPRM, 2018).

Foi a partir desse período que houve significativo amadurecimento dos conceitos pedológicos, alguns válidos e aplicados aos dias de hoje, desenvolvidos essencialmente pela Pedologia norte-americana nos primeiros anos do século XX, país que lidera a Ciência dos Solos a nível mundial, reforçada com o lançamento da “Soil Taxonomy”, em 1975 (IBGE, 2015). No Brasil, a primeira tentativa de desenvolvimento de um Sistema Classificação de Solos surgiu em 1980 pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa de Agropecuária) (CPRM, 2018). Ela reflete uma tentativa de agrupar os conceitos expostos nas antigas classificações brasileiras e americanas.

Juntamente com o RadamBrasil, a Embrapa executou os maiores levantamentos pedológicos do Brasil em pequena escala. Já o acervo de trabalhos locais, com maior nível de detalhamento, foi produzido pela iniciativa privada, através de interesses de exploração



agrícola, conservação do solo, irrigação e drenagem, estudos ambientais (Estudos de Impactos Ambientais - EIA e seus respectivos Relatórios de Impactos Ambientais - RIMA) entre outros (IBGE, 2015).

Na área da Engenharia, o trabalho de Vargas (1953) foi um dos pioneiros a sistematizar as “divisões” do perfil de intemperismo do Brasil, através de estudos de solos residuais do sul do país. Este autor estrutura o manto intempérico em: camada imediatamente acima da rocha sã (camada de rocha em início de alteração só removida com explosivo); camada de solo residual jovem (apresenta a estrutura original da rocha de origem, além de rigidez extremamente variável, é denominada de solo saprolítico); manto superficial de solo residual maduro - inclui uma camada fina superior de solo úmido e um solo argiloso ou arenoso.

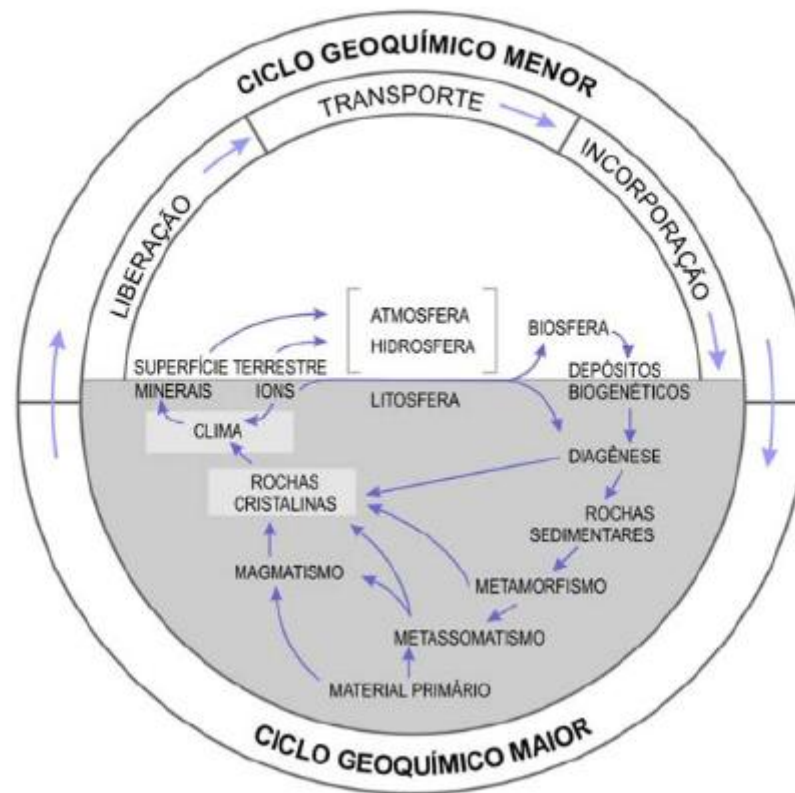
Campos (1984) destaca o trabalho de Deere e Patton (1971), onde o perfil de intemperismo é dividido em 3 horizontes (I, II e III) e suas subdivisões (A, B e C): Horizonte I-A: colúvio, geralmente com a presença de matéria orgânica; Horizonte I-B: solo maduro no qual o solo não guarda nenhuma herança da rocha; Horizonte I-C: Solo de alteração da rocha (saprolito), com manutenção de estruturas reliquias das rochas; Horizonte 2-A: transição de saprolito e rocha alterada, heterogênea, com presença de núcleos menos alterados; Horizonte 2-B: rocha alterada em que o material mantém a estrutura da rocha original, apresentando alteração nas propriedades físico-químicas como cor, permeabilidade e resistência; Horizonte III: rocha essencialmente sã, que apresenta início de alteração junto as faces de intemperismo (CAMPOS 1984).

Com isso o autor separa basicamente o perfil em 2 partes, a primeira parte mais superficial, a que dá o nome de solo residual, que contempla a rocha já em estado de alteração e solo maduro, e outra parte inferior, a rocha em início de alteração ou rocha sã. Segundo Campos (1984), os horizontes superficiais, ou seja, o solo incipiente e avançado, deve ser estudado pela Mecânica de Solos, e a rocha alterada (o que chama de “solo saprolítico”) ou sã deve ser estudado pela Mecânica de Rochas.

Estudos semelhantes do perfil de alteração se deram até a década de 1980 com uma ênfase no estudo da Mecânica de Solos e de Rochas, apresentando grande desenvolvimento no estudo da física do perfil intempérico.

O estudo da química dos materiais geológicos ganha destaque em 1979, quando Rose et. al (1979 apud LICHT, 2001) propõem o esquema do ciclo geoquímico, reformulado por Fortescue (figura 2).

Figura 2– Ciclo geoquímico



Fonte: Fortescue (1967) (apud LICHT, 2001)

O ciclo geoquímico expõe a redistribuição de elementos químicos no sistema geológico a medida que as rochas são submetidas a determinados processos que alteram quimicamente seus minerais, no que Rose et. al (1979) chamam de Ambiente Supergênico e Ambiente Hipogênico.

Ao se formarem, tanto rochas ígneas, sedimentares e metamórficas, em sua gênese através dos processos de cristalização do magma, diagênese e cristalização dos sedimentos e metamorfismo, apresentam agregação mineral e reorganização química. Quando as rochas são expostas na superfície alguns processos promovem também esse reordenamento químico. Ao serem soerguidas, erodidas e intemperizadas as rochas são decompostas e alteradas pelo intemperismo físico, químico e biológico, através de diversas reações químicas, liberando sedimentos físicos e químicos que podem ser transportados, se depositar e sofrer diagênese, dando origem a outra rocha (LICHT, 1979).

Acrescentando a situação em que os sedimentos liberados das rochas não são transportados e depositados em bacias sedimentares e, considerando a entrada da matéria orgânica no sistema, há a possibilidade do material sofrer pedogênese e dar origem ao solo.

Esse caso, que não tinha sido contemplado no ciclo geoquímico de Rose (1979), por se tratar de uma visão estritamente geológica, é abordado no ciclo geoquímico proposto por Fortescue (1967), uma adaptação do ciclo produzido por Mason (1960), segundo Licht (2001).

Na década de 1980 houve um grande aprofundamento dos estudos geoquímicos com trabalhos como o de Brito (1981), que incorpora a abordagem química a pesquisas geotécnicas em estudos de perfis de alteração, ao estudar solos residuais provenientes de rocha ácida do Estado do Rio de Janeiro. Além de desenvolver estudos geotécnicos e químicos, a autora também envolve mineralogia a pesquisa, através do uso de análises técnicas como a Espectrometria de Fluorescência de Raios-X, a Difração de Raios-X, e a Microscopia Óptica, entre outros métodos físicos.

O método de difração de raio X é utilizado para a investigação da estrutura atômica e molecular da matéria. Segundo Costa (2015), essa técnica auxilia no entendimento da micromorfologia e é um estudo importante para compreender a gênese do solo e avaliar as práticas agrícolas. A difração de raios X resulta de um processo em que os raios X são dispersos pelos elétrons dos átomos componentes de um material, sem mudança de comprimento de onda, sendo obedecidas certas condições geométricas (SILVA, 2013). A natureza dos raios-X e as condições em que esses difratam permitem o estudo das substâncias cristalinas (CAMARGO, 1986). Os átomos dos cristais funcionam como redes de difração para os raios X, o que possibilita que substâncias bem cristalizadas sejam identificadas por essa radiação (SILVA, 2013).

Num determinado mineral de estrutura cristalina, os átomos que o compõe funcionam como obstáculos ao serem submetidos aos raios - X (SILVA, 2013). Após colidirem com o material, os raios X mudam a sua direção de propagação, porém, mantém o comprimento de onda da radiação incidente (JENKINS; SNYDER, 1996). Através do ângulo de difração e da intensidade é possível fazer a reprodução atômica do material (SILVA, 2013).

As abordagens químicas e mineralógicas seguem avançando juntamente com a abordagem mecânica na década seguinte, que, com o trabalho de Menezes Filho (1993) objetiva identificar os condicionantes geológicos e geomorfológicos responsáveis pela atual conformação de um perfil de alteração de gnaiss facoidal típico do Rio de Janeiro, ressaltando o aspecto do horizonte de transição rocha-solo em clima tropical, reconhecendo rochas em diferentes graus de alteração e caracterizando-as por suas propriedades físicas, mineralógicas, químicas e mecânicas. O autor enfatiza o intemperismo causado por fatores físicos e afirma que o intemperismo químico somente será efetivo quando há a presença de

fraturamento interno. Com isso tem-se uma nova abordagem, destacando-se também as descontinuidades das rochas.

Já em 1998, na obra de Cerri e Amaral (1998) os estudos sobre os perfis de intemperismo são incorporados aos estudos de riscos geológicos, ganhando maior aplicabilidade no meio social. Com isso, os trabalhos passam a ser mais completos, abordando agora a parte mecânica, dinâmica química e mineralogia dos materiais geológicos.

Tais estudos se estendem pelas décadas de 1990 e 2000, sendo que Lima et al. (2002 apud BRANT, 2005), correlacionaram também variáveis físico-químicas com variáveis geotécnicas de um saprolito biotita-gnaïsse da região do Espinhaço da Gata-PE. Os autores correlacionaram as feições mineralógicas e geoquímicas com os índices de caracterização e de compressibilidade, através dos Índices de vazios (corresponde a relação entre o volume de vazios (Vv) e o volume das partículas sólidas (Vs) do solo); limite de Atterberg (corresponde a variação do estado de consistência do solo de acordo com a variação do teor de umidade) (DOLINAR; SKRABL, 2013).

Entre 1980 e 1995, em um acordo entre a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a COFECUB (Comité Français d'Évaluation de la Coopération Universitaire et Scientifique avec le Brésil) permitiu ao Departamento de Geografia da USP o desenvolvimento de um programa de ensino e pesquisa em pós-graduação, com a participação da École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, do Centre de Géomorphologie CNRS, de Caen e do Centre ORSTOM de Caiena, com o tema "Análise estrutural da cobertura pedológica e suas aplicações nos ambientes tropicais". O programa compreendia estudos teóricos e práticos, com levantamento e cartografia de coberturas pedológicas nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Minas Gerais. Essa temática resultou na produção de dissertações de mestrado e teses de doutorado. Tal projeto e seus resultados científicos representaram uma significativa contribuição ao conhecimento da pedogênese da dinâmica pedológica atual, relacionada a gênese e evolução dos relevos. Estes estudos permitiram a compreensão correta dos solos, de seus funcionamentos, de suas histórias (gêneses) e suas distribuições espaciais, além de suas relações com as outras ciências da natureza, como a Geomorfologia (QUEIROZ NETO, 2002).

Em geral considera-se a evolução do perfil de intemperismo de forma vertical, a partir do intemperismo da rocha, com formação do saprolito e, a partir da pedogênese desse material, a formação do solum. No entanto, há que destacar que a evolução do perfil de intemperismo ocorre de maneira vertical, da base para o topo e do topo para a base, e lateral, ao longo das diferentes seções de uma vertente, o que define a diferenciação dos tipos de solo

pela da vertente. Segundo Queiroz Neto (2010) o desenvolvimento diferenciado do solo ao longo de toda a vertente é estudado pela topossequência.

A respeito de variação e distribuição sistemática e repetitiva dos solos e suas propriedades ao longo das vertentes Milne (1935 e 1936) propunha o conceito de “*catena*” e se remete a formação de “cadeias” de diferentes tipos de solos ao longo da vertente. Catena é, segundo Milne (1936 apud QUEIROZ NETO, 2002) uma

unidade prática de mapeamento [...] que agrupa solos que, a despeito de estarem colocados em pontos diferentes de um sistema natural de classificação, tendo em vista suas diferenças morfológicas e fundamentais, estão, no entanto relacionadas na sua ocorrência por condições topográficas e se repetem nas mesmas posições uns em relação aos outros, sempre que aquelas condições estão presentes. (MILNE, 1936 apud QUEIROZ NETO, 2002, p. 77).

A variação das propriedades do solo dentro de uma catena depende de processos eluviais, iluviais e coluviais e sua intensidade é determinada pelas condições de drenagem ao longo da vertente (QUEIROZ NETO, 2010; MALINOWSKA; SZUMACHER, 2013).

Para Tricart e Kilian (1979), a medida que o solo se espessa com a pedogênese profunda do substrato rochoso, a morfogênese seria pouco atuante. Em contrapartida, quando há predomínio dos processos da morfogênese haveria maior erosão, provocando a diminuição da espessura dos solos até sua eliminação, impedindo a pedogênese. Haveria, portanto, segundo os autores, uma oposição entre pedogênese e morfogênese.

O conceito de catena via as sucessões de solos ao longo das encostas como uma simples justaposição de perfis verticais e Tricart e Kilian colocam pedogênese e morfogênese como processos antagônicos. No entanto, Queiroz Neto (2002/2010/2011) propõe uma nova forma de se entender a evolução do solo afirmando que para a Pedologia, a superação da visão verticalista dos perfis de solo ao longo das vertentes pela análise estrutural da cobertura pedológica é fundamental. Essa visão reducionista foi substituída pela percepção do solo como um meio contínuo, cujas diferenciações são devidas ao movimento interno das soluções (QUEIROZ NETO, 2002) e

Não há antagonismo entre pedogênese e morfogênese, os dois processos atuam conjuntamente no estabelecimento do modelado. A constatação da continuidade dos horizontes, mesmo com transformações, do topo à base das colinas, mas mantendo o paralelismo com a forma da vertente, indica o desencadeamento, não necessariamente atual, de processos solidários e simultâneos que prosseguem até agora, o que envolve também a ideia de convergência e de manutenção da funcionalidade (QUEIROZ NETO, 2010 p.23).

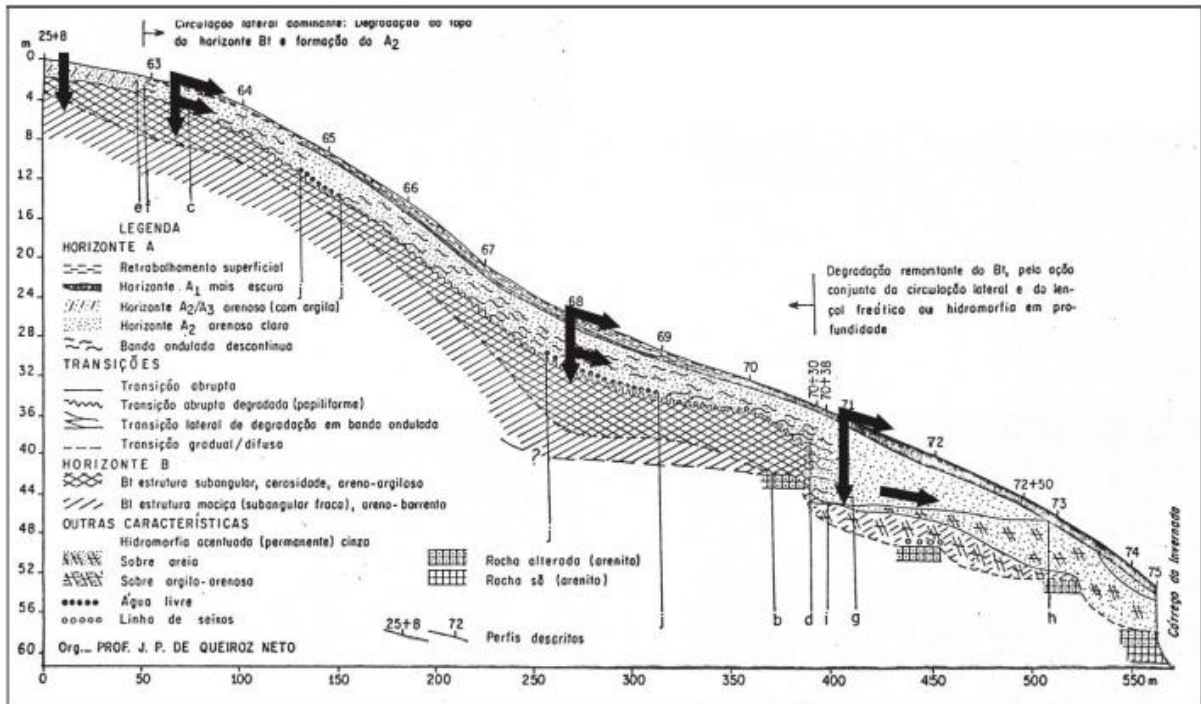
O projeto “A Análise estrutural da cobertura pedológica” levou a novas interpretações da gênese dos solos e suas distribuições nos relevos, permitindo a superação da visão reducionista do perfil vertical de solo pela noção de cobertura pedológica, como um continuum que recobre as vertentes (QUEIROZ NETO, 2002). O estudo da gênese, do funcionamento e da dinâmica dos solos através da análise estrutural da cobertura pedológica representa a preocupação dos pedólogos em compreender a distribuição dos solos nas vertentes e nas paisagens, suas causas e fatores, isto é, procura interpretar os processos responsáveis por essa distribuição (QUEIROZ NETO, 2002).

O autor enfatiza que deve-se considerar a evolução dos solos de forma lateral na vertente, de modo que, predominantemente, as partes altas das vertentes seriam as zonas de entrada de água e lixiviação e as partes baixas seriam de acumulação.

Desta maneira, o solo, esse corpo contínuo, organizado e estruturado como cobertura pedológica, apresenta diferenciações verticais e laterais ao longo das encostas, de modo que a presença de horizontes diferentes se sucedem verticalmente, como se observa numa trincheira, e também lateralmente. Essas coberturas pedológicas recobrem extensivamente as encostas, sendo interrompidas apenas por afloramentos de rocha, corpos d’água ou sedimentações de fundo de vale (QUEIROZ NETO, 2002).

Há uma tendência de registros de horizontes B latossólicos na parte superior da vertente, passando gradativamente e lateralmente para horizontes B textural nas partes inferiores da vertente, como mostrado na figura 3, além de modificações de cor, textura, estrutura, porosidade, mineralogia e outros atributos físico-químicos dos solos (QUEIROZ NETO, 2011; ESPÍNDOLA, 2010). Segundo o autor, há nesse caso, perda de argila no topo e convexização no topo da vertente, mas mantendo o paralelismo dos horizontes. No trecho médio da vertente há acúmulo de água, acentuamento da perda de argila e maior modificação da vertente dando início a uma concavidade.

Figura 3 – Topossequência mostrando a transformação de solos com horizonte B latossólico em solos com horizonte B textural



Fonte: Fernandes Barros (1985) e Castro (1990)

É preciso ter em conta que não há necessariamente antagonismo entre pedogênese e morfogênese, os dois processos atuam conjuntamente no estabelecimento do modelado. A continuidade dos horizontes do topo à base das colinas, mesmo com transformações laterais, indica o desencadeamento de processos solidários e simultâneos que prosseguem até agora; isso envolve também a ideia de convergência e de manutenção da funcionalidade. O paralelismo das organizações pedológicas com a forma da vertente é um indicador desse fato (QUEIROZ NETO, 2011).

Nota-se que os estudos sobre o manto de alteração se desenvolveu a medida que os estudos a respeito de solo foram se intensificando. No entanto os estudos a respeito da Pedologia têm ainda muito a avançar, principalmente no Brasil, especificamente sobre o saprolito.

### *Classificação, fatores e graus de intemperismo*

Intemperismo é a quebra e alteração de materiais na superfície da Terra, resultando em produtos que estão em equilíbrio com as novas condições físicas e químicas impostas (OLLIER, 1975). Teixeira et. al (2009) definem o intemperismo como o conjunto de modificações de ordem física (desagregação) e química (decomposição) que as rochas sofrem ao aflorar na superfície da Terra. Através desse processo há alteração das características

físicas (onde se altera forma, textura e resistência, por exemplo) e químicas das rochas (como a alteração da composição química e estrutura cristalina).

O termo intemperismo está associado ao termo alterabilidade e Frazão (2012) utiliza o termo durabilidade para a caracterização de materiais rochosos ainda não totalmente alterados e o termo degradação para o processo de deterioração da rocha, perdendo sua “qualidade”, pelo ponto de vista da engenharia civil. De acordo com essa visão, para identificação da qualidade da rocha usa-se a terminologia grau de alteração, para informar o quanto o material está alterado; e alterabilidade para informar a potencialidade da rocha se alterar com o tempo.

O tipo e a taxa de intemperismo dependem da intensidade dos processos, sendo amplamente controlado pelo clima e pela suscetibilidade do material a ser alterado que, por sua vez, dependem da presença de estruturas em sua composição (HUNT, 1970). A resistência ao cisalhamento de um solo residual, entre outros fatores, depende do seu grau de intemperismo, sendo que a medida que a rocha se decompõe, ela vai perdendo sua resistência (CAMPOS, 1984).

O estabelecimento de uma classificação do estado de alteração de uma rocha em campo, segundo Frazão (2012), pode ser feito a partir de critérios visuais, guiados pela coloração e táteis, guiados pela coerência, com o auxílio de instrumentos como martelo geológico. Neste sentido, o autor estabeleceu um roteiro para avaliação preliminar do estado de alteração de rochas e graus de coerência, apresentados na figura 4.

Figura 4 – Classificação do grau de alteração das rochas

PARÂMETRO	ROCHA	SIGLA	CARACTERÍSTICAS
ESTADOS DE ALTERAÇÃO	Sã	A1	Macroscopicamente, não há indícios de alteração física ou química; minerais apresentam brilho.
	Pouco alterada	A2	Alteração incipiente dos minerais; em geral, a rocha exibe pouca descoloração.
	Medianamente alterada	A3	Minerais medianamente alterados; em geral, não apresentam brilho.
	Muito alterada	A4	Minerais muito alterados; em geral, pulverulentos e friáveis; totalmente sem brilho.
GRAUS DE COERÊNCIA	coerente	C1	Material quebra com dificuldade ao golpe do martelo e produz poucos fragmentos que são de bordas cortantes; superfícies são dificilmente riscáveis por lâmina de aço.
	Medianamente coerente	C2	Material quebra com relativa facilidade ao golpe do martelo (esfarela) e produz fragmentos com bordas quebráveis por pressão dos dedos; superfícies são riscáveis por lâmina de aço.
	Pouco coerente	C3	Material quebra com muita facilidade ao golpe do martelo (esfarela) e produz fragmentos que podem ser partidos manualmente; superfícies são riscáveis por lâmina de aço, que deixa sulcos profundos.
	Não coerente	C4	Material quebra facilmente com a pressão dos dedos e se desagrega; pode ser cortada por lâmina de aço.

Fonte: Frazão (2012)



A caracterização do estado de alteração pode ser feita também através da comparação de amostras de rocha sã com amostras da mesma rocha já em alteração. Para a caracterização da rocha e de seu grau de alteração, Frazão (2012) utiliza métodos laboratoriais baseados, principalmente, em normas brasileiras ou estrangeiras.

O tamanho e a quantidade de argilominerais podem descrever o grau de alteração, justamente por serem tipos de minerais que podem ser resultado do intemperismo parcial ou total de outros minerais das rochas. De acordo com Frazão (2012), a composição química da rocha pode oferecer importantes informações sobre o seu estado de alteração e sobre a sua alterabilidade. Em geral, ao sofrer intemperismo a rocha passa por processos de alteração mineralógica e perde íons através da lixiviação, sendo Na, K, Ca, Mg entre outros, mais mobilizáveis do que silício, alumínio e ferro, o que ocorre em grande intensidade em ambientes tropicais úmidos. Dessa forma, pode-se afirmar que quanto maior a presença de silício, alumínio e ferro, mais laterítico é o material e mais alterada é a rocha.

Para Frazão (2012) a decisão pela adoção de qualquer dos métodos deve depender das características das rochas em estudo (composição mineralógica, estrutura, textura, estado de alteração presumível ou identificado) e do tipo de uso pretendido, além do tempo disponível para execução dos ensaios.

Outro autor que dedicou seus estudos a esse tipo de análise foi Ollier (1965). Ele propõe uma escala para classificação de graus de intemperismo usando como base a resposta do material quando submetido a esforços do martelo geológico, dos pés, das mãos e seu comportamento ao ser colocado em contato com a água, resultando na seguinte classificação:

1- O material pode ser quebrado em pedaços com ajuda do martelo geológico (rocha fresca).

2- O material pode ser facilmente quebrado com o martelo geológico (pouco alterado).

3- O material pode ser quebrado com os pés mas não com as mãos (medianamente alterado).

4- O material pode ser quebrado com as mãos. Quando entra em contato com a água não se desintegra (alterado).

5- O material pode ser quebrado com as mãos. Quando entra em contato com a água se desintegra (muito alterado).

Melton (1965) propõe a seguinte categorização:

1- Rocha fresca, com poucos sinais ou sinais ausentes de alteração.

2- Rocha com indícios de alteração exterior e sem alteração interior.

3- Rocha com superfície profundamente corroída e interior com manchas. A amostra quebra após impactos com o martelo geológico.

4- Material parcialmente decomposto, ainda coeso, mas podendo ser quebrado pelo impacto suave do martelo geológico ou pelas mãos.

5- Material totalmente decomposto, sem resistência, facilmente quebrado pelas mãos e não resiste a quedas de 30 a 60 cm de altura.

Já Thomas (1994) faz uma abordagem acerca do grau de alteração conciliando a mineralogia, classificada como minerais primários e minerais secundários, com o grau de dureza do material.

Para Frazão (2012), alteração da rocha é sua desagregação e decomposição promovida por agentes físicos e químicos naturais, que transformam essa rocha num produto diferenciado na ocorrência do intemperismo; processos físicos, químicos e biológicos operam de forma conjunta, e a predominância de um desses processos determinam o tipo de intemperismo. Quando há intemperismo físico as rochas tendem a se desintegrar por processos mecânicos, sem se alterarem quimicamente. Esse tipo de intemperismo pode ocorrer por diversos fatores, sendo os principais: a variação de temperatura durante o dia e ano, causando expansão e contração térmica que, por sua vez, causa o desgaste da rocha; o congelamento de água nas fissuras das rochas resultando na exerceção de pressão na rocha causada pela expansão do volume da água ao ser congelada; cristalização de sais dissolvidos na água no interior de fissuras das rochas, que ocorre quando há a precipitação de sais antes dissolvidos na água exercendo pressão sobre a rocha; abrasão, que é nada mais que o desgaste do assoalho rochoso causado pelo atrito com fragmentos de rocha transportados pelo vento, pela água ou pelo gelo, provocando a formação de estrias e facilitando, assim, o intemperismo (TEIXEIRA et. al, 2009).

No caso de intemperismo químico há alteração química e destruição da estrutura cristalina dos minerais que constituem a rocha. Os processos mais importantes que promovem o intemperismo químico são as reações químicas entre os elementos que compõem os minerais das rochas com elementos constituintes de soluções da água e dos gases. Dentre essas reações pode-se citar hidratação, hidrólise, oxidação, redução e carbonização (TOLEDO, 2014). Destaca-se o papel determinante da água no processo intempérico químico, que funciona como reagente ou portador dos produtos das reações (BLOOM, 1970).

Além dos processos físicos e químicos destacam-se também os processos físico-biológicos e químico-biológicos que podem também promover intemperismo. Tais processos são uma associação de atividades ou processos orgânicos com processos físicos e químicos do

intemperismo. Como exemplo pode-se citar a escavação, remoção e alteração do material geológico por micro, meso e macro organismo; o crescimento de raízes de plantas no interior de fissuras nas rochas, exercendo pressão e auxiliando no intemperismo físico; e o incremento de ácidos orgânicos através da decomposição da matéria orgânica (HUNT, 1972).

O fenômeno de alteração das rochas depende de fatores intrínsecos relativos a gênese da rocha como a sua composição, características químicas e microfissuras; e extrínsecos, que são fatores relativos ao ambiente em que estão expostas por determinado tempo, como os fatores climáticos em geral, temperatura, quantidade de água disponível, forças bióticas etc. (FRAZÃO, 2012). Em geral, consideram-se cinco os fatores principais que controlam o intemperismo: clima, relevo, organismos, litologia e o tempo (TEIXEIRA et. al, 2009; LEPSCH, 2011; PRESS et. al, 2013).

O clima determina o tipo, a intensidade e a velocidade da alteração através da distribuição da temperatura, precipitação e os tipos de vegetação característicos de cada região (BLOOM, 1970). As mudanças climáticas ao longo do tempo geológico causaram mudanças na distribuição da vegetação, e isso reflete no posicionamento atual dos perfis de intemperismo (HUNT, 1972). Com isso, principalmente pela variação de temperatura e quantidade de água, sabe-se que há predomínio do intemperismo físico em regiões de clima seco e predomínio de intemperismo químico em regiões de clima úmido.

O relevo influi no regime de infiltração e drenagem das águas na superfície, controlando a velocidade de escoamento e infiltração. Hunt (1972) confirma que os processos de alteração intempérica são afetadas pela situação topográfica, principalmente por influenciarem na distribuição da água, controlarem a frequência em que a superfície é molhada e seca.

A fauna e a flora atuam no sentido de fornecer matéria orgânica para as reações químicas, na remobilização do material, alteração das estruturas do perfil, no fornecimento de matéria vegetal para decomposição, modificação do microclima e proteção da superfície contra a erosão (OLLIER, 1975); liberam ácidos orgânicos e promovem o intemperismo físico e químico através das raízes das plantas, principalmente. Nos trópicos, onde as camadas espessas de solo intemperizado dificultam o acesso da água à rocha fresca, as raízes das árvores podem penetrar muito profundamente até chegar na rocha (STOOPS et. al., 2010). Segundo Hunt (1972) somente quando a vida se desenvolveu na Terra, em suas diferentes formas, os processos químicos do intemperismo e o desenvolvimento do solo puderam começar. Antes disso, a Terra era composta por um grande amontoado de rocha fundida, solidificada ou desagregada. Tal fato indica que a superfície terrestre de épocas anteriores ao

aparecimento de vida na Terra era demasiadamente diferente dos solos desenvolvidos sob os tipos de vegetação presentes hoje.

O efeito da biota sobre a taxa de intemperismo pode ser devido a liberação de ácidos orgânicos e a complexação do alumínio em solução, aumentando assim a solubilidade aparente do alumínio e indiretamente aumentando a taxa de dissolução da gibbsita (STOOPS et. al, 2010).

O homem pode ser também considerado um agente intempérico. Hunt (1972) afirma que o homem passou a ser um agente geológico quando começou a criar rebanhos de gado e outros animais, praticar a agricultura, necessitando, assim de irrigação e construir cidades, por exemplo. São atividades que podem afetar direta ou indiretamente na alteração das rochas, mesmo que em menor intensidade do que os processos naturais.

A litologia (ou material de origem) influencia na resistência diferenciada aos processos de alteração intempérica, além disso, o tamanho e arranjo dos grãos podem determinar características que podem acelerar ou retardar as reações. Algumas das propriedades que podem influenciar no grau de alteração e nas características do material intemperizado são estrutura das rochas, cimentação, dureza e textura, sua foliação, mineralogia e orientação dos minerais, suas estruturas moleculares, incluindo composição química e dureza, clivagem e tamanho do mineral (HUNT, 1972). De acordo com Bigarella et. al (1994) a maior ou menor resistência ao intemperismo depende da composição mineral da rocha, onde rochas constituídas por minerais suscetíveis a decomposição química são rapidamente intemperizadas e exemplifica com gnaisses com alta taxas feldspáticas. Dentro dessa questão destacam-se também as estruturas presentes na litologia, sendo que planos de falha e fratura interferem no sentido de oferecer maior facilidade ao intemperismo, facilitando a entrada de agentes intempéricos. Para Ollier (1965) quando a concentração desses planos encontra-se pouco espaçadas o intemperismo é mais homogêneo e quando são mais espaçadas o intemperismo é concentrado e resulta num intemperismo esferoidal.

O intemperismo ocorre de forma diferenciada nos diferentes tipos de rocha, sendo dependente de suas propriedades físicas e químicas. Em geral, o tipo de rocha influencia a natureza do saprolito. Os saprolitos são comumente profundos em litologias ricas em quartzo em ambiente tropical, como granito, gnaiss granítico, xistos e arenitos, mas são rasos em litologias calcárias, basálticas e máficas sem a presença de quartzo (STOOPS et. al., 2010).

Em rochas ígneas como o basalto, a estrutura é maciça e granulação é fina. A medida que a massa solidificada esfria, desenvolvem-se craqueladas de contração que são orientadas perpendicularmente as principais superfícies de resfriamento, isto é, as rachaduras são

verticais. Tais rochas têm muitas entradas para a água, estão mais sujeitas ao intemperismo do que rochas que são quebradas apenas por juntas amplamente espaçadas (OLLIER, 1965). Além disso, as rochas basálticas contêm uma alta proporção de minerais que são facilmente intemperizáveis (HUNT, 1972). Já as rochas ígneas com outros tipos de estrutura como o granito, o avanço da alteração ao longo da rocha ocorre de maneira diferencial, dependente dos diferentes minerais e suas diferentes resistências, resultando no aparecimento de diversos blocos e matacões (BIGARELLA, 1994).

Nas rochas sedimentares os sedimentos estão solidificados em camadas ou estratos. Entre essas camadas a água pode se infiltrar e provocar o intemperismo (HUNT 1972). Por ser constituído de sedimentos resultado de intemperismo pretérito (de rochas ígneas, sedimentares ou metamórficas), as rochas sedimentares apresentam intemperismo dependente das propriedades de seus constituintes. Esses sedimentos, resultado de intemperismo passado, podem ser, de acordo com Bigarella (1994), detritos grosseiros não mais susceptíveis a ação intempérica, argilas como produto de intemperismo passado ou sedimentos químicos transportados em solução. Tais sedimentos estão cristalizados pela ação de agentes cimentantes que, por sua vez, também interferem no intemperismo desse tipo de rocha. Para Namowitz (2005) há quatro tipos de cimentos mais comuns: o silicoso, o carbonático, o ferruginoso e o argiloso, sendo o silicoso e o ferruginoso os mais resistentes a alteração, enquanto que o cimento de carbonato de cálcio, que se dissolve mais facilmente pela ação da água em  $\text{CO}_2$ , e o argiloso são muito pouco resistentes ao intemperismo. Entre as rochas sedimentares, aquelas que apresentam maior quantidade de argila podem ser intemperizadas mais facilmente, ao contrário das rochas que apresentam em sua composição materiais mais grosseiros como o quartzo (BIGARELLA, 1994).

Já nas rochas metamórficas, as estruturas, em geral foliadas, também facilitam a infiltração da água e agentes intempéricos (HUNT 1972), ainda mais intenso nos casos de xistosidade, onde há orientação de minerais em planos. Por serem resultado do processo de metamorfismo de outros tipos de rocha, o intemperismo nessas rochas depende em grande medida também da natureza da rocha original e do tipo de metamorfismo que sofreu (BIGARELLA, 1994).

O tempo é o período no qual a rocha está exposta aos demais agentes intempéricos e indica o estágio de intemperismo (TEIXEIRA et. al, 2009). Para Aires-Barros (apud FRAZÃO 2012) o conceito de alterabilidade das rochas é a aptidão maior ou menor, da rocha a se alterar, ou seja, de apresentar maior ou menor modificação de suas propriedades ao longo do tempo. Considerando isso, tem-se que a alteração das rochas está diretamente relacionada a

características das rochas, que conferem ao material maior ou menor facilidade de alteração. Dentre as propriedades genéticas das rochas que interferem na sua maior ou menor resistência destaca-se composição mineralógica, textura (tamanho dos grãos), estruturas internas (xistosidade), porosidade, expansividade e microestruturas dos minerais. A presença de estruturas pós-genéticas (fraturas e falhas) e as condições hidrológicas atuantes são os principais fatores que governam a susceptibilidade dos maciços rochosos a processo intempérico (VAZ, 1996 apud FRAZÃO 2012).

Em suma, o intemperismo das rochas é controlado por: tipo e estrutura da rocha parental; processos que atuam sob a rocha; período de tempo em que a rocha está exposta aos processos (HUNT, 1972).

O resultado do processo de intemperismo são os sedimentos. Entre esses sedimentos encontra-se fragmentos de rocha, que podem ser alterados ou frescos; fragmentos dos minerais das rochas, frescos ou alterados total ou parcialmente; matéria orgânica, água e elementos em solução. Os produtos do intemperismo estão sujeitos aos outros processos do ciclo supérgeno – erosão, transporte e sedimentação (PRESS et. al, 2013).

A esses produtos, Hunt (1972) chama de depósitos superficiais e afirma que são produzidos através da desintegração física e decomposição química dos minerais e das rochas.

Para Toledo (2014), os processos de desagregação e decomposição das rochas por intemperismo ocorrem na superfície, a partir de uma interação entre litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera, transformando as rochas duras em materiais inconsolidados, os sedimentos, que podem ser erodidos, transportados e depositados.

Quando os sedimentos são depositados em zonas topográficas mais baixas e são soterrados por outros sedimentos, em depósitos sedimentares, consolidam-se e tornam-se rochas sedimentares pela pressão e por processos de litificação. As rochas sedimentares são introduzidas novamente no ciclo natural das rochas, sendo incorporadas aos processos geológicos da dinâmica interna, podendo formar novas rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares. No entanto, quando os materiais inconsolidados pelo processo de intemperismo não são erodidos, transportados e depositados em depósitos sedimentares para se consolidar em rocha novamente, esse material intemperizado pode passar pelo processo de pedogênese e dar início ao processo de formação de solos.

O material de intemperismo pode ter sua origem de forma alóctone ou autóctone. Quando os sedimentos, resultado do intemperismo da rocha não são transportados para outro lugar (elúvio) e a atuação da pedogênese ocorre diretamente sobre a rocha de origem, considera-se que a formação do solo foi autóctone (LEINZ e AMARAL, 1987). A estes

materiais Hunt (1972) chama de depósitos residuais. Para esse autor o manto de intemperismo pode preservar algumas estruturas das rochas, principalmente no saprolito. Isso depende das propriedades das rochas e do grau de alteração.

Os processos de intemperismo causam uma diferenciação vertical na rocha, e promovem a formação do manto de alteração, perfil de intemperismo ou regolito (TOLEDO, 2014).

## 4.2 INSTABILIDADE ESTRUTURAL E RISCOS

### *Instabilidade estrutural em perfis de intemperismo*

Muitas vezes os eventos causados por fenômenos naturais em determinado local estão ligados a posição no globo e ao quadro físico que apresentam. Esses eventos podem ser de ordem geológica, geomorfológica, hidrológica e climatológica (CERRI; AMARAL, 1998). Cada tipo de fenômeno, isoladamente ou associados, pode trazer consequências significantes. Juiz de Fora, cidade localizada em ambiente tropical úmido, é muito afetada por eventos de ordem climatológica relacionados a alta precipitação na época chuvosa que, associada a outras características físicas, traz muitos transtornos a população.

A definição de ambiente tropical vai além de estar situada entre os trópicos, e deve considerar a combinação dos elementos físicos da área. Temperatura e pluviosidade são parâmetros importantes na classificação de um ambiente tropical. Umidade relativa do ar e a evapotranspiração também podem ser parâmetros pois também afetam a Geomorfologia dessas regiões. A intensidade desses parâmetros climáticos determina a natureza dos processos geomorfológicos e as formas superficiais nos trópicos úmidos (FANIRAN; JEJE, 1983). Nas áreas tropicais a grande concentração de energia solar torna os processos naturais mais agressivos e incontroláveis (CONTI, 1989).

O intemperismo químico em ambientes tropicais é fundamental no desenvolvimento de regolitos espessos e das formas de relevo. De acordo com Tardy (1997) condições tropicais permitem o desenvolvimento de duas formas de relevo, uma superior que está em contato com a atmosfera e sujeita a processos erosivos e outra inferior, o limite mais profundo por onde atuam a água e os processos de intemperismo químico.

Alguns dos principais problemas ambientais em países de clima tropical são associados a deslizamentos de terra, escorregamentos e processos erosivos (CERRI; AMARAL, 1998). A grande maioria das obras de engenharia tais como estradas, aterros,

pontes, túneis e edificações, são levadas a efeito sobre materiais de alteração ou materiais de intemperismo das rochas e não propriamente sobre a rocha sã (BARTON, 1974).

Na área da Engenharia Civil tem sido numerosos os problemas provocados pelas modificações das características iniciais das rochas por processos de alteração, que podem levar a sua degradação, podendo afetar negativamente o desempenho e a segurança de edificações (GUIDICINI; NIEBLE, 1984). Os principais problemas relatados na literatura podem ser resumidos em:

1. Modificação da distribuição granulométrica;
2. Aumento da porosidade e da capacidade de absorção d'água;
3. Diminuição da resistência mecânica e aumento da deformabilidade;
4. Prejuízo da aderência dos fragmentos ao cimento.

(FRAZÃO, 2012).

As feições estruturais se constituem em características geológico-geotécnicas de grande interesse para a degradação das rochas, porque além do grau de alteração eventualmente já instalado, essas estruturas responderão pela permeabilidade do maciço (por exemplo, intensidade do fraturamento e outras descontinuidades) que podem acelerar o processo de alteração e, com isso, aumentar a deformabilidade e diminuir a resistência mecânica dos maciços (FRAZÃO, 2012).

A permeabilidade dos maciços rochosos é afetada não somente pelo tamanho e espaçamento entre os minerais, mas também pelo tipo de mineral que as compõe, visto que alguns minerais são mais permeáveis do que outros (HUNT, 1972). Isso significa que se determinada rocha possui em sua composição algum desses minerais, as zonas em que eles estão presentes configuram maior permeabilidade e esse contato com a água favorece o intemperismo.

Outra característica estrutural importante, quando se trata de instabilidade estrutural, é a presença de fraturas, fissuras e juntas. As fraturas permitem que a água, carregada de ácidos dissolvidos, se infiltre no maciço rochoso e o altere quimicamente pelo contato com os minerais. Dessa forma, quanto mais fraturas apresenta a rocha, mais suscetível ao intemperismo ela é. Esse tipo de estrutura é causado por tensões induzidas nas rochas após sua solidificação e por alívio de tensão através da movimentação litológica (HUNT, 1972).

Segundo esse autor, fraturas de uma determinada área apresentam uma direção preferencial, reflexo do tipo e da direção do stress ou tensão que as produziram.



Nota-se que os principais eventos a que o município está sujeito, a respeito da vulnerabilidade climática são a movimentação em massa, a erosão e a inundação e alagamento; todos esses eventos mostram uma relação direta com o índice de pluviosidade e a sua caracterização física, ocorrendo na maior parte dos casos precedidos por intensas chuvas e trazem mais danos a áreas de maior carência social (MARINHO et.al, 2015). Nesse sentido, pode-se considerar a cidade como uma área com vulnerabilidade climática, que pode ser entendida como a medida pela qual uma sociedade é suscetível a sofrer por causas climáticas.

Desta forma, pretendeu-se investigar como a estruturação física de Juiz de Fora, principalmente a presença marcante de perfis de intemperismo muito espessos, interfere na vulnerabilidade socioambiental.

#### *Risco a movimentos de massa em perfis de intemperismo*

Rocha (2006) conceitua risco como combinação de frequência e consequência de eventos indesejáveis, envolvendo perda, sendo a frequência o número de ocorrências por unidade de tempo e a consequência o impacto de um acidente nas pessoas ou no ambiente. Michaelis (2002 apud JESUS, 2015) conceitua o risco como a possibilidade de perigos, incertos, mas previsíveis, que ameaçam de dano a pessoa. Ruppenthal (2013, p. 26) considera o risco como “a possibilidade de um evento adverso possa afetar negativamente a capacidade de uma organização para alcançar seus objetivos. ” Keaton & Eckhoff (1989) entendem risco como a exposição de alguma coisa a uma situação de perigo.

Considera-se perigo como uma determinada situação capaz de fazer com que o risco se manifeste. Rocha (2006) entende perigo como uma situação com o potencial de ameaçar a vida humana, a saúde, a propriedade ou o ambiente. Oliveira (2004) acrescenta que são condições de uma variável com potencial para causar danos tais como lesões pessoais, danos a equipamentos, instalações e meio ambiente, perda de material ou redução da capacidade produtiva.

Quanto a acidente pode-se considerar um acontecimento não intencional que pode causar ferimentos, pequenos danos materiais e/ou ambientais, podendo haver registros de perdas sociais e prejuízos econômicos (ROCHA, 2006). Ou seja, acidente é quando o evento a que se tinha alto risco acontece.

Alvarenga (2012) considera vulnerabilidade o grau de fragilidade de cada parcela da sociedade e a capacidade das pessoas se protegerem.

Aceitabilidade do risco é, para Rocha (2006), o estabelecimento de níveis de riscos que podem ser aceitos pela sociedade.

Toda a sociedade vive constantemente sob riscos, dos mais variados tipos. Alguns países conseguem melhor identificá-los e realizar medidas de prevenção aos desastres. Em outros países não há esse apontamento; então, a atuação acerca dos riscos a que estão sujeitos é mais precária e ocorre, muitas das vezes, quando os eventos já aconteceram.

Segundo Rocha (2006), em países como o Brasil ainda não existe uma cultura de segurança. Por este motivo, estamos em maior risco, propensos e vulneráveis a acidentes de cunho natural, tecnológico e social.

Para diminuir os riscos pode-se recorrer a padrões de análise, avaliação e gerenciamento, que se baseiam, principalmente na prevenção e preparação para os riscos. Dessa forma, os riscos podem ser identificados, avaliados e quantificados (OLIVEIRA, 2004). Segundo este mesmo autor as medidas de prevenção são aquelas que utilizam o desenvolvimento técnico-científico para se preparar de um fenômeno potencial de provocar desastres, possibilitando a proteção da população e dos bens materiais de seus possíveis impactos. As medidas de preparação têm um caráter logístico para o enfrentamento de situações de emergência. Trata de orientar o comportamento de determinada população, em uma área de risco, no momento em que ocorre o evento.

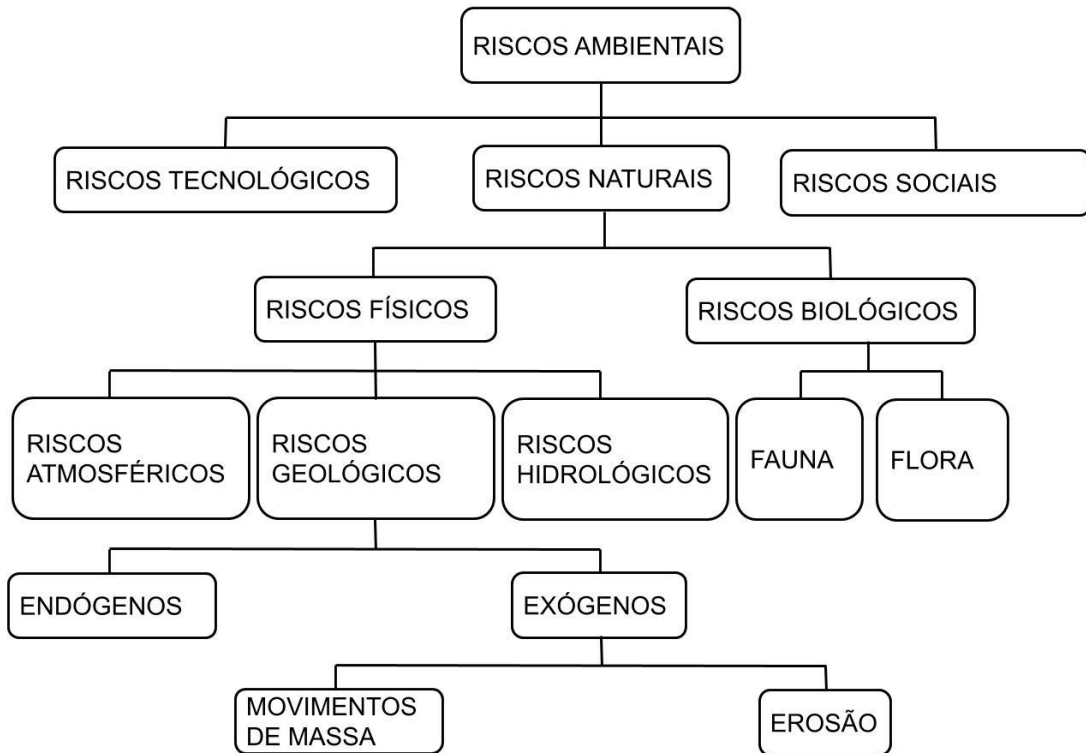
Os métodos de estudos relacionados a riscos surgiram no setor industrial, como meios para se reduzirem os riscos associados a atividade nas indústrias. De acordo com Ruppenthal (2013) foi com o surgimento das primeiras indústrias que os acidentes de trabalho e as doenças profissionais se alastraram, tomando grandes proporções. Os acidentes de trabalho e as doenças eram resultados do uso de substâncias e ambientes inadequados em que as atividades fabris se desenvolviam. Portanto, foi necessário o desenvolvimento de medidas para a redução dos acidentes relacionados a atividades industriais. Posteriormente tais métodos foram aprimorados e adequados para contemplar outros setores, incluindo os sociais e ambientais.

Em suma, pode-se considerar que o risco é a possibilidade de um evento indesejável acontecer, associada a consequências advindas do mesmo.

Análise de Risco é o estudo prévio de possíveis riscos. Oliveira (2004) considera Análise de Risco o conjunto de procedimentos que fazem uso das informações disponíveis para estimar o risco individual ou de uma população, de propriedades, ou ao meio-ambiente, a partir de situações de risco. Para o mesmo autor avaliação de risco é a interpretação do risco, a comparação com valores de risco aceitáveis, obtidos por julgamento ou por critérios de decisão, e Gerenciamento de Risco é o processo completo de avaliação e controle de risco.

Os riscos são classificados em individuais, sociais, financeiros e ambientais (ROCHA, 2006). Para o autor, dentre os diversos tipos de riscos, os que apresentam maior potencial de perda e danos ao homem e ao ambiente são os riscos ambientais, que, de acordo com Cerri e Amaral (1998) podem se dividir em classes e subclasses conforme a figura 5.

Figura 5 – Classificação dos Riscos ambientais enfatizando os geológicos exógenos



Fonte: Cerri e Amaral (1998)

Para estes autores os riscos ambientais dividem-se, em riscos tecnológicos, riscos sociais e riscos naturais.

Pode-se considerar riscos tecnológicos quaisquer riscos relacionados a tecnologias, que podem ser associados a atividades industriais, redes de transportes viários, aéreos e aquáticos etc., como vazamento de produtos tóxicos, inflamáveis, radioativos, colisão de veículos, queda de avião entre outros. Os riscos sociais são aqueles que a própria sociedade oferece a ela mesmo, como assaltos, guerras, sequestros, atentados etc. (ROCHA, 2006).

Os riscos naturais são os riscos provocados por elementos da natureza, sendo que Cerri e Amaral (1998) o subdividem em riscos biológicos e riscos físicos. Os riscos biológicos são os riscos associados a fauna ou flora, que podem provocar, por exemplo, doenças providas de vírus, bactérias e fungos, pragas domésticas, picadas de animais

peçonhentos etc. Os riscos físicos são aqueles associados a fenômenos naturais e físicos da natureza, subdivididos também em atmosféricos, geológicos e hidrológicos, como por exemplo furacões, secas, tempestades; terremotos, tsunamis e atividades vulcânicas; movimentos de massa, erosão entre outros.

Por se tratar de um trabalho de caracterização e análise de estabilidade estrutural em saprolitos, foi feita uma análise de risco a movimento de massa. Este é considerado um tipo de risco natural, geológico e exógeno, por ser um risco provocado por fenômenos naturais de cunho geológico-geomorfológico.

Com a intenção de estabelecer uma comunicação entre os trabalhos acadêmicos, as necessidades da sociedade e as autoridades públicas, o presente trabalho foi feito objetivando uma análise de risco a movimento de massa na área urbana de Juiz de Fora, como um instrumento de gestão e planejamento urbano.

Faria (2011) destaca que a avaliação e a análise de risco constituem etapas fundamentais para a adoção de políticas e medidas adequadas para a redução dos efeitos dos escorregamentos, sendo instrumento relevante para o planejamento e desenvolvimento das estratégias de redução de desastres naturais.

Ogura (1995 apud OLIVEIRA 2004) afirma que para se estabelecer uma avaliação de risco geológico, como é o caso dos movimentos de massa deve-se fazer a identificação e caracterização fenomenológica do tipo de processo geológico a ser avaliado, e completa que

a avaliação de risco pode ser feita tanto para uma situação pontual, uma situação de risco localizada, como para riscos generalizados. Ainda nas etapas de identificação e avaliação de riscos são localizadas as áreas onde poderão ocorrer movimentos de massa (áreas de risco), tratando-se de estabelecer as condições e circunstâncias para a ocorrência dos processos (definição temporal). Assim sendo, a avaliação de risco possibilita localizar, diagnosticar, hierarquizar e mapear as situações de risco. (OGURA, 1995 apud OLIVEIRA 2004, p.59)

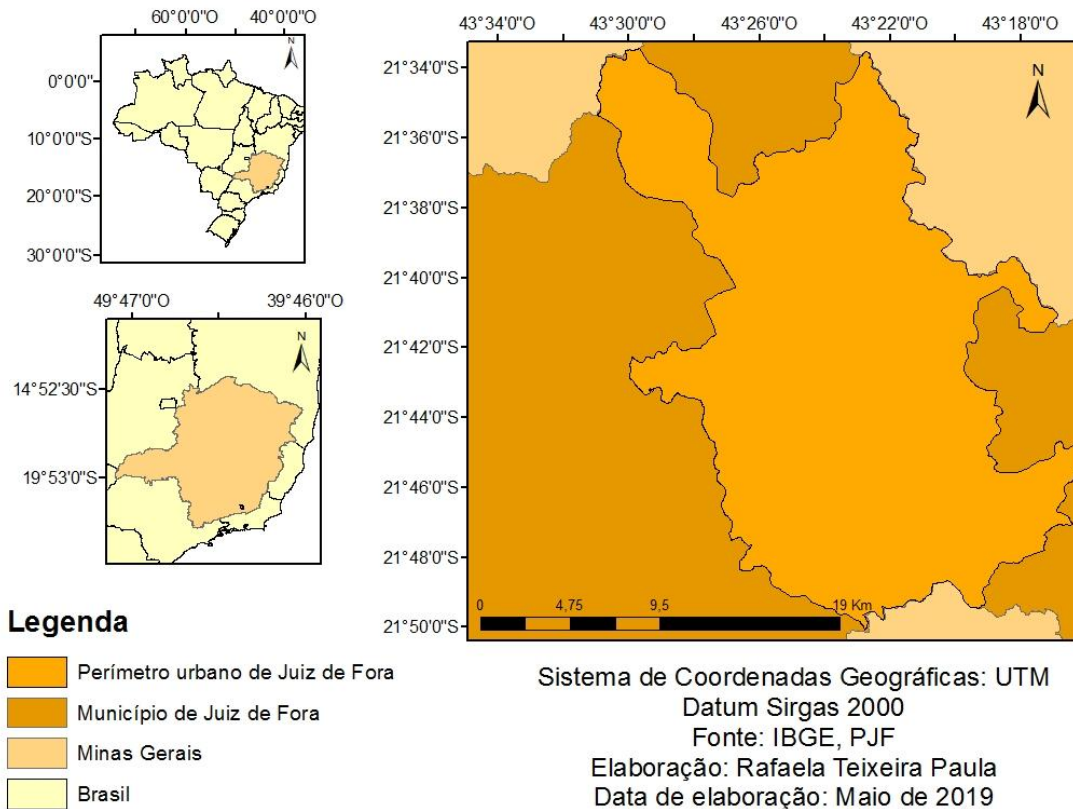
Segundo o mesmo autor, as medidas de prevenção de movimentos de massa podem ser estruturais, como por exemplo a construção de obras de estabilização de encostas naturais ou taludes em áreas de risco de movimentos de massa ou não estruturais, como ações da Defesa Civil.

De acordo com Cerri (1993) a identificação dos riscos geológicos de escorregamentos envolve a indicação do perigo, neste caso a identificação das áreas suscetíveis a ocorrência destes processos e a identificação dos possíveis danos. Quando se trata de movimentos de massa é importante correlacionar os possíveis eventos a pluviosidade e intervenção antrópica como possíveis indutores do evento.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo do presente trabalho contempla a região urbana do município de Juiz de Fora (Figura 6), uma cidade mineira, localizada na Zona da Mata, distante a cerca de 280 km da capital, Belo Horizonte (IBGE, 2019).

Figura 6 – Localização do perímetro urbano de Juiz de Fora, MG



Fonte: Própria Autora

A seguir será apresentada a caracterização física da região, a respeito do clima, relevo, vegetação, rochas e solos.

### 5.1 GEOLOGIA

O município de Juiz de Fora está inserido em três unidades geológicas de grande extensão, o Complexo Juiz de Fora, o Complexo Mantiqueira e o Grupo Andrelândia (ROCHA, 2006). Essas unidades constituem parte do embasamento do segmento central do Sistema Orogênico Mantiqueira (HASUI et. al, 2012). A região insere-se no Cinturão Móvel Araçuaí, um sistema de dobramentos e empurrões, gerados em idades arqueanas e

paleoproterozoicas durante a orogênese Brasileira na borda sul do Cráton do São Francisco (DUARTE, 1998). De acordo com Saadi et.al (2005) as bordas sul, leste, e oeste do Cráton do São Francisco foram reativadas durante o Cenozóico, sendo mais intenso no Plioceno, mas continuando ativas durante o Quaternário. Especificamente, faz fronteira com a borda sul do Cráton do São Francisco, a reativação pliocênica da zona de transcorrência SW-NE gerou o “Rifte de São João del Rei”, onde se alinham duas bacias transtensionais bem preservadas, e uma terceira, Bacia de São Sebastião da Vitória, posteriormente invertida por esforços transpressivos (SAADI, 2005).

Tratando-se do cenário regional deve-se citar a fossa tectônica que comporta o vale do Rio Paraíba do Sul, rifte continental gerado a partir do Oligoceno, por reativação da zona de cisalhamento do Paraíba do Sul com direção ENE-WSW. Essa zona gera uma série de meio-grábens isolados por falhas sentido NNE - SSW (SAADI et. al, 2005). Segundo os autores a zona de cisalhamento do Paraíba do Sul constitui a Descontinuidade Crustal do Paraíba do Sul, uma zona de fraqueza fundamental.

Em resumo, o autor descreve o estado de Minas Gerais como uma porção que foi

durante o Cenozóico, compartimentado em domínios morfotectônicos separados por “descontinuidades crustais”, as quais correspondem a importantes geossuturas pré-cambrianas episodicamente reativadas (SAADI, 1991). As principais deformações são relacionadas a falhas transcorrentes e à reativação de planos de descolamento e empurrões subhorizontais. O campo médio de tensões neotectônicas, determinado pelos métodos de Arthaud (1969) e dos Diedros Retos (ANGELIER & MECHLER, 1977), é caracterizado por um vetor compressivo horizontal SE-NW. (SAADI et. al, 2005, p. 225)

As rochas metamórficas destas unidades são coerentes, duras e resistentes, muito antigas e foram submetidas a intensos dobramentos, falhamentos e fraturamentos e são sobrepostas por sedimentos coluviais e aluviais (PJF, 1996), sedimentos estes com alto índice de erosão quando submetidos aos agentes erosivos, após a remoção da proteção vegetal (ROCHA, 2006).

Heilbron (1991) identifica 4 compartimentos tectônicos cavalgados para NW, em direção ao Cráton de São Francisco, localizados no limite dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, dos quais 3 deles correspondem a áreas do Domínio Andrelândia e Complexo Juiz de Fora.

Segundo Heilbron (1995) e Duarte (1998), o Complexo Juiz de Fora é constituído por uma intercalação tectônica entre rochas ortogranulíticas e ortognáissicas com intercalações metassedimentares, predominando rochas graníticas consolidadas no proterozóico inferior.

Duarte (1998) detalha o Complexo Juiz de Fora sendo formado por três escamas tectônicas, uma constituída por ortognaisses granulíticos e duas constituídas por rochas metassedimentares (biotita gnaisses bandados, quartzitos e biotita-granada gnaisses). A autora usa o termo Complexo Juiz de Fora para se referir aos gnaisses ortoderivados com paragênese diagnósticas para a fácies granulito e, em mapeamento geológico, identifica esse conjunto metassedimentar granulítico com ampla distribuição nas porções centro-oeste e centro-sudoeste da cidade de Juiz de Fora. Sobre sua distribuição no município, Rocha (2006) afirma que esta unidade se estende na porção sudeste da cidade, fazendo contato, ao norte, com as rochas do Complexo Mantiqueira.

A respeito da idade desses conjuntos litológicos, Heilbron (1995) destaca que os metassedimentos datam do pós 1,8Ga do Ciclo Depositional Andrelândia, e os ortognaisses e ortogranulitos são de idade paleoproterozóica a arqueana.

No Complexo Juiz de Fora, em relação a características estruturais, é frequente encontrar alternância de bandas dobradas e bandas milonitizadas. Há intensas deformações e imbricações tectônicas que indicam que este compartimento representa uma importante escama tectônica em escala crustal (HEILBRON et. al, 1995). A foliação apresentada é uma xistosidade grossa, a norte do domínio e milonítica a sul. A lineação mineral é escassa a norte e mais frequente a sul do domínio, devido ao aumento do grau metamórfico nessa região (DUARTE, 1998). A lineação mineral e de estiramento associa-se a foliação milonítica, e é definida pela orientação preferencial de minerais individuais, como quartzo, anfibólios e piroxênios ou pelo estiramento de conjuntos minerais. Nas zonas de deformação mais intensa, a lineação mineral torna-se mais evidente, em geral nas áreas próximas ao contato das rochas granulíticas do Complexo Juiz de Fora com os outros grupos (HEILBRON et. al, 1995). Para esses autores, a orientação da lineação mineral varia muito; no entanto há predominância de atitudes sub horizontais na direção NE/SW. Em alguns setores deste compartimento, o mergulho segue a orientação da lineação mineral para NW.

O embasamento do Complexo Juiz de Fora ocupa faixas no sentido sudoeste-nordeste intercaladas com a Megassequência Andrelândia e a Suíte Matias Barbosa, sendo a maior faixa localizada a norte e nordeste da região, é de idade paleoproterozóico-arqueana (DUARTE et. al., 2003) e compreende diversos litotipos com a presença predominante de Granitos, Charnockito e Gabro.

O Domínio Andrelândia é litologicamente representado pelas associações granito-greenstone do Complexo Barbacena e os granito-migmatítico-granulíticos correlacionados ao Grupo Mantiqueira (HEILBRON et.al, 1995). Segundo os autores é representado por um

conjunto metassedimentar intensamente deformado, de idade Meso a Neoproterozóica, e por seu embasamento consolidado no Evento Transamazônico. O embasamento é composto por ortognaisses migmatíticos, com rochas granulíticas, rochas ultramáficas e anfíbolitos, constituindo uma associação de alto grau metamórfico no Paleoproterozóico e Arqueano (HEILBRON et. al, 1995)

Em relação a características estruturais, Duarte (1998) afirma que ocorrem relações de contato claras entre embasamento e cobertura. Há dobras em várias escalas. A foliação principal é uma xistosidade grossa e descontínua e milonítica de baixo ângulo e mergulham predominantemente para SE.

A Megassequência Andrelândia, a sul e sudeste, de idade paleoproterozoica (DUARTE et. al., 2003) é composta predominantemente por silimanita, gnaïsse, Calcissilicato, Anfíbolito e Gondito; Biotita gnaïsse Granada gnaïsse e calcissilicato. Também no sentido sudoeste-nordeste há uma faixa da Suíte Matias Barbosa constituída por hornblenda-biotita, granitognaïsse e leucognaïsse, principalmente. Em algumas áreas da microrregião há presença de Quartzito e ao longo da planície fluvial de alguns trechos dos cursos de água há presença de sedimentos fluviais e colúviais.

Duarte (1998) define o Complexo Mantiqueira como um conjunto de ortognaisses tonalíticos a graníticos, bandados e migmatíticos, com lentes de metabasitos associados. Há a presença de ortogranulitos enderbitos e aplitos graníticos cinzentos e rosados.

Como já destacado, trata-se de rochas muito antigas e que foram submetidas a intensos dobramentos, falhamentos e fraturamentos, condicionados pelos agentes geomorfológicos predominantes na região.

A região de Juiz de Fora é influenciada tectonicamente por um sistema de falhas de empurrão no contato entre as rochas do Complexo Juiz de Fora com as do Complexo Mantiqueira e sofreu com intensas atividades tectônicas (ROCHA, 2006). A falha de empurrão em questão define uma grande zona cataclásada, apresentando uma estrutura de “escama de peixe” em baixo ângulo de blocos cavalgados sobrepostos a maciços muito fraturados (PJF, 1996) De acordo com Duarte (1998), o domínio da região do município é marcado por falhas de empurrão com imbricamento de contatos entre rochas metassedimentares, gnaïsses, biotita gnaïsse, quartzitos, rochas calcissilicáticas e granada quartzito e ortogranulitos. Este sistema de falhas se estende na direção NE-SW. Para a mesma autora, no centro e nos arredores da cidade de Juiz de Fora há evidências de zonas de deformação tardia, destacando-se falhas e zonas de cisalhamento de direção N-S e NW-SE. Rocha (2006) identifica dois grandes sistemas de lineamento mais intenso a sudeste e oeste da



área urbana, correspondente ao domínio do Complexo Juiz de Fora, destacando a presença marcante desses lineamentos nos gnaisses da unidade. O autor destaca, também, a presença de uma falha geológica de escala regional que atravessa o centro urbano de Juiz de Fora, estendendo-se por centenas de quilômetros além dessa área na direção NE/SW. Esta grande falha seria uma frente principal de todo o sistema de falhamento da região, gerado por grandes esforços que resultaram em outros sistemas de falhas menores.

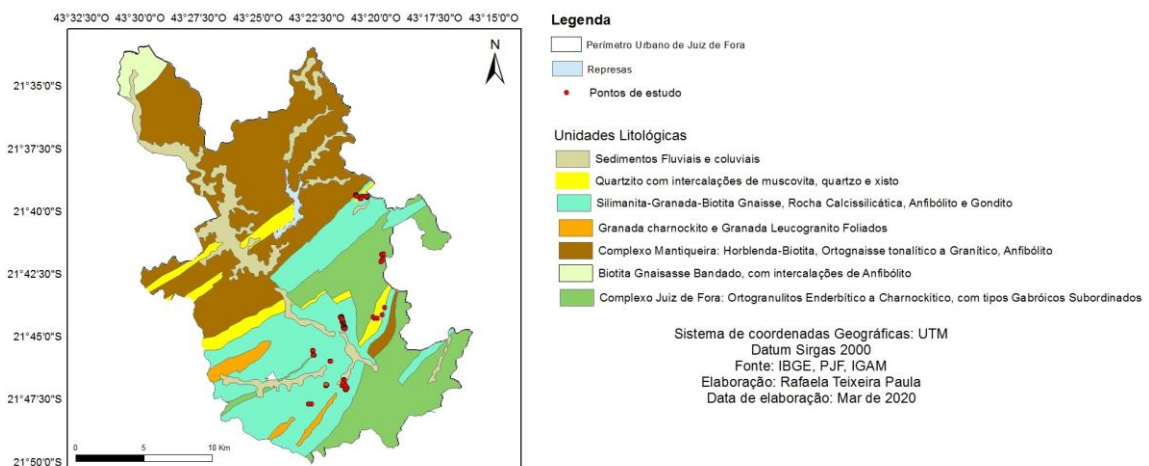
Esse quadro geológico, principalmente o sistema de falhas, juntamente com as fraturas, contribui numa considerável fragilidade geológica da região e define, de acordo com Rocha (2006) um ambiente de alta energia comprovado pela frequente ocorrência de movimentos de massa.

De acordo com Oliveira (2016), há intercalações de quartzito em gnaisses, sendo que nas intercalações de quartzitos há áreas de exploração de saibro. Saibro, de acordo com Oliveira (1989) é um material argilo-arenoso ou areno-argiloso, de origem sedimentar. Marafon e Ribeiro (2017) completam que saibro é o produto de alteração de rochas quartzofeldspáticas, como granitos e gnaisses, ou seja, saibro corresponde ao saprolito da litologia citada. Além dos exemplos apresentados, acrescenta-se o quartzito, rocha metamórfica de origem sedimentar, como é o caso de Juiz de Fora. As minerações deste material na cidade, algumas já desativadas, são responsáveis por uma grande carga de sedimentos gerados após a atuação de processos erosivos, por ser de origem quartzítica e, portanto, muito arenoso.

O clima da região favorece a predominância de intemperismo químico que, atuando sobre esses materiais, condiciona a presença de pacotes de intemperismo bastante espessos na região, apresentando muitas vezes heranças das características dos materiais originais.

A figura 7 mostra o mapa de unidades geológicas da área urbana de Juiz de Fora.

Figura 7 – Unidades litológicas da área urbana de Juiz de Fora



Fonte: Própria Autora

## 5.2 RELEVO

Geomorfologicamente, Juiz de Fora está inserida na Unidade Serranias da Zona da Mata Mineira, pertencente a região da Serra da Mantiqueira Setentrional, nos domínios do Planalto Atlântico. A unidade se caracteriza pela presença de feições em formas alongadas de cristas e linhas de cumeadas (GATTO et. at, 1983). De acordo com o autor, a presença de relevos de formas alongadas, tipo cristas e linhas de cumeada é marcante em toda a parte leste de Minas Gerais, onde se encontram tipos de relevo de escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, linhas de cumeadas e cristas simétricas alinhadas (GATTO, 1983). A topografia é acidentada, apresentando vertentes de formas convexas que dão origem a planícies intermontanas, tipo de topografia esta proposta por Ab'Saber (2005) como “mar de morros”.

O domínio de “mares de morro” se estende por 650 mil quilômetros quadrados de área, ao longo do Brasil Tropical Atlântico e é, de acordo com o autor, o domínio que apresenta os mais perfeitos processos de mamelonização em todo o cinturão das terras intertropicais do mundo. É encontrado sobretudo nas regiões serranas granítico-gnáissicas florestadas do sudeste do Brasil, litologia está predominante na região de Juiz de Fora.

Ainda segundo o autor, o domínio de “mares de morros” corresponde a

Área de mais profunda decomposição das rochas e de máxima presença de mamelonização topográfica em caráter regional de todo o país. A alteração das rochas cristalinas e cristalofilianas atinge seu maior desenvolvimento, tanto em profundidade quanto em extensão (...). É uma paisagem de forte expressão areolar, que se estende por algumas centenas de milhares de quilômetros quadrados, refletindo a ação dos processos morfoclimáticos tropicais úmidos (...) (AB'SABER, 2005, p. 55).

A região apresenta altitudes que variam de 1170 m nos pontos mais elevados, a 465m no fundo do vale do rio Paraibuna, (EDUARDO, 2018). Segundo Ab'Saber (1956), a Planície do Rio Paraibuna se trata do único compartimento de relevo relativamente plano encontrado, nas imediações de Minas Gerais com o Estado do Rio de Janeiro, passível de asilar uma aglomeração urbana da importância de Juiz de Fora.

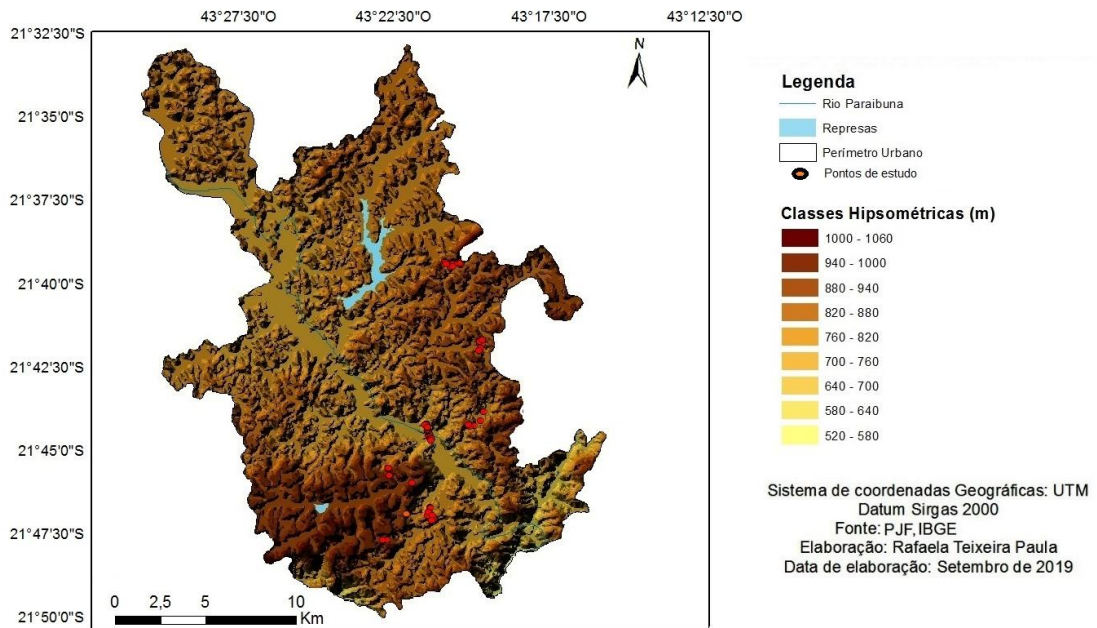
Nessa paisagem estão incluídos os tipos de relevo de escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, linhas de cumeadas e cristas simétricas alinhadas, com substrato rochoso de granulitos, charnoquitos e migmatitos (EDUARDO, 2018).

O município de Juiz de Fora possui intervalos de declividades elevadas, constituindo em setores de encostas do relevo como áreas suscetíveis a escorregamentos. Isso confere aos processos de ocupação urbana uma pauta relevante no âmbito do planejamento, uma vez que a energia gravitacional do relevo associa-se a essa informação (EDUARDO, 2018).

Ab'Saber (2005) conclui que o domínio dos mares de morro é o meio físico mais sujeito aos mais fortes processos de erosão e de movimentos coletivos de solos de todo território nacional.

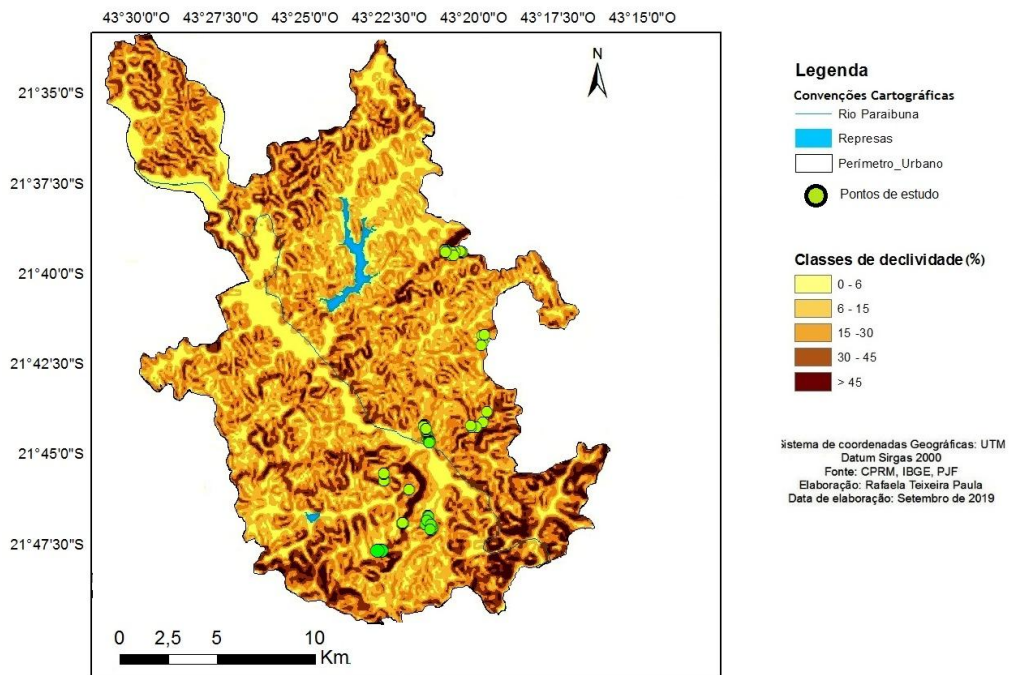
As figuras 8 e 9 mostram as classes Hipsométricas e de Declividade da área urbana de Juiz de Fora.

Figura 8 – Classes hipsométricas da área urbana de Juiz de Fora



Fonte: Própria Autora

Figura 9 – Classes de declividade da área urbana de Juiz de Fora



Fonte: PRÓPRIA AUT ORA

### 5.3 PEDOLOGIA

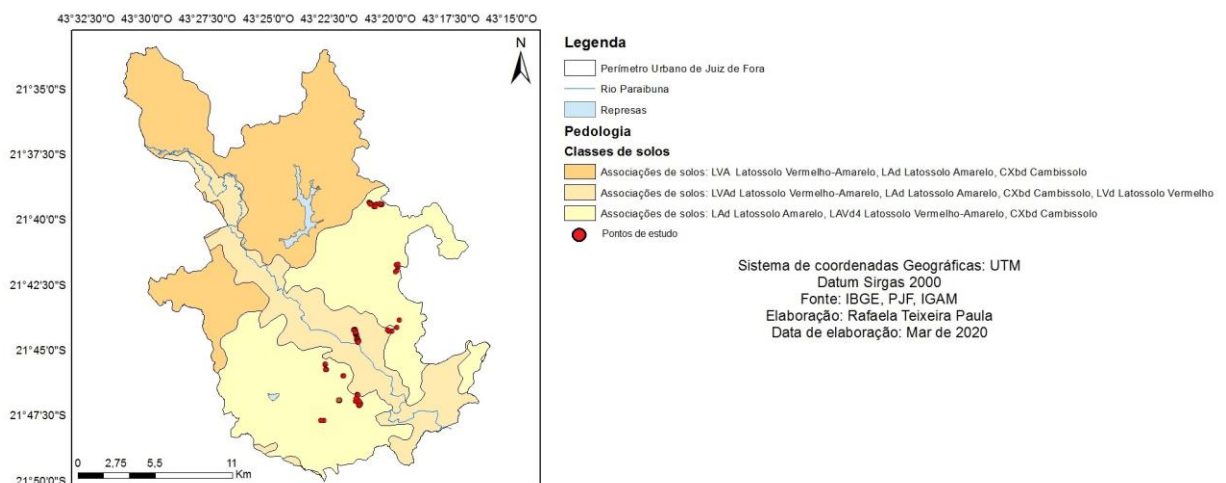
Segundo Silva et.al (2011) e Rocha (2006) na região de Juiz de Fora predominam Latossolos de coloração alaranjada, avermelhada e vermelho-amarelos, álicos e distróficos, caracterizados, de forma geral, como solos pobres em nutrientes, especialmente fósforo, nitrogênio, cálcio e magnésio, baixo teor de matéria orgânica, e elevada acidez e índice de ferro. Silva (2013) resume que em sua maioria, o solo é pobre quimicamente e extremamente ácido. Fisicamente, esse tipo de solo apresenta considerável profundidade, destacando-se o horizonte B latossólicos, típicos de latossolos e apresentam expressiva permeabilidade e boa coerência (EMBRAPA, 2006; RADAMBRASIL, 1983; ROCHA, 2006). Para Lepsch (2011) estes são os solos mais disseminados no Brasil. Na cidade, este tipo de solo está situado em relevos com baixa declividade, topos e áreas planas, exceto fundos de vales, onde predominam solos hidromórficos (Gleissolos).

Além de Latossolos, Eduardo (2018), aponta a presença de Cambissolo Háplico, Neossolo Flúvico nos fundos de vales e Neossolo Litólico nos segmentos de maior declividade.

Nos fundos de vales há também ocorrência de Gleissolos, presentes em zonas de acúmulo de água, devido a sua restrita drenagem (SILVA et. al, 2011).

As unidades pedológicas da área urbana de Juiz de Fora são apresentadas a seguir, na figura 10.

Figura 10 – Unidades pedológicas da área urbana de Juiz de Fora



Fonte: Própria Autora

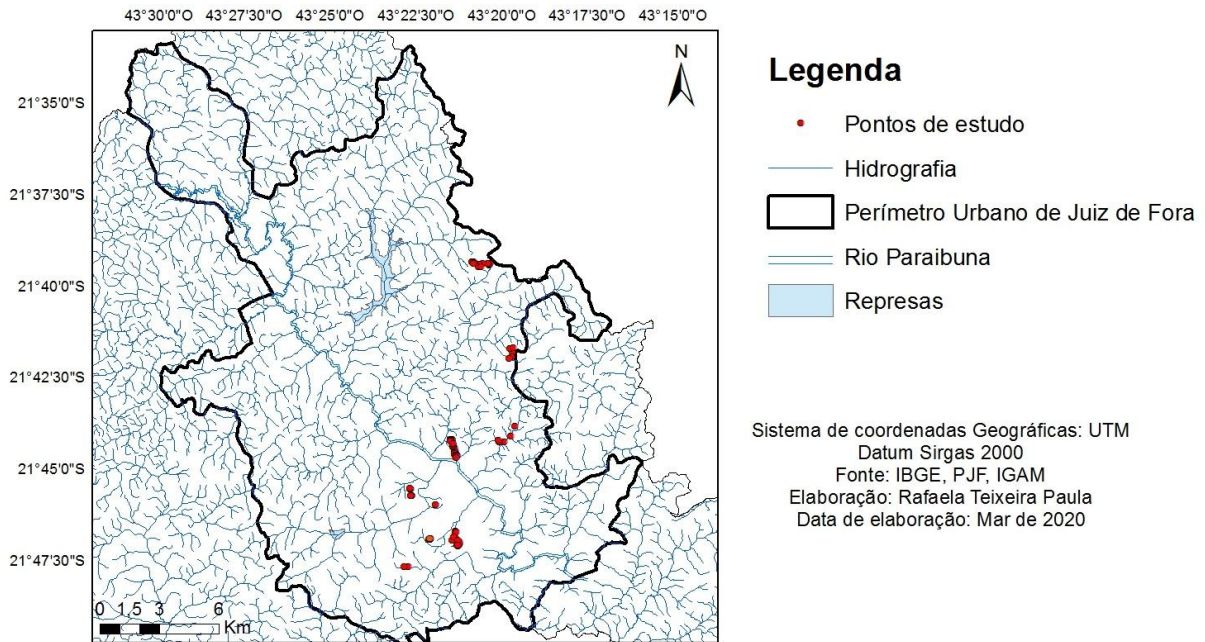
## 5.4 HIDROGRAFIA

De acordo com PJF (2013), o município se localiza na bacia do Médio rio Paraibuna, pertencente a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul possui área de drenagem com cerca de 55.500 km<sup>2</sup>, e se estende pelos estados de São Paulo, do Rio de Janeiro e Minas Gerais (AGEVAP, 2007). É limitada ao Norte pelas bacias dos rios Grande e Doce e pelas serras da Mantiqueira, Caparaó e Santo Eduardo; à Nordeste pela bacia do rio Itabapoana; ao Sul, o limite é formado pela Serra dos Órgãos e pelos trechos paulista e fluminense da Serra do Mar; e à Oeste, pela bacia do rio Tietê, separada por meio dos maciços da Serra do Mar e da Serra da Mantiqueira (AGEVAP, 2007).

O rio Paraibuna nasce a uma altitude de 1180 m em Antônio Carlos, Serra da Mantiqueira e desemboca a uma altitude de 280 m no Rio Paraíba do Sul, em Três Rios - RJ, totalizando 234 km de extensão (IGAM, 2011).

O rio Paraibuna abastece uma população de aproximadamente 673.000 habitantes e possui área de drenagem de 7.481 km<sup>2</sup>, abrangendo nove municípios, além de Juiz de Fora, Matias Barbosa, Simão Pereira, Belmiro Braga, Santana do Deserto, Santos Dumont, Antônio Carlos, Chiador e Ewbank da Câmara (IGAM, 2011). Apresenta naturalmente um percurso sinuoso, padrão de drenagem, em sua maioria, dendrítico e sua planície fluvial possui larguras variáveis que chegam a alcançar 2 km (IGAM, 2011). O padrão de drenagem com arranjos dendríticos, principalmente nas cabeceiras obedecem ao controle tectônico da área por falhas, fraturas e dobras (ROCHA, 2006).

Figura 11 – Hidrografia do município de Juiz de Fora



Fonte: Própria Autora

## 5.5 VEGETAÇÃO

A mata Atlântica ocupa grande parte do Brasil, se estende também para a Argentina e Paraguai (CAMPANILI e SCHAFFER, 2010), no entanto, segundo Silva (2013), 95% da Mata Atlântica se situa em território brasileiro. Originalmente ocupava cerca de 15% do território nacional, se estendia do sudeste do Rio Grande do Norte ao sudeste de Santa Catarina (AB'SABER, 2003) e se distribuía integral ou parcialmente ao que hoje corresponde a 17 estados brasileiros: se concentrando na região sul e sudeste, principalmente (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010. Atualmente os remanescentes de vegetação nativa da Mata Atlântica ocupam somente 27% da área original (SILVA, 2013).

As principais tipologias florestais deste bioma são a Floresta Ombrófila, tipo de vegetação caracterizado por se estabelecer em ambiente úmido, de elevada temperatura (médias de 25 °C) e de alta precipitação bem distribuída durante todo o ano, sem período seco definido (IBGE, 2012) e a Floresta Estacional Semidecidual, estabelecida em função da ocorrência de clima estacional duas estações bem definidas, uma quente e chuvosa e outra fria e seca (IBGE, 2012), dois grandes tipos florestais que compõem a Mata Atlântica do sudeste brasileiro (SILVA, 2013); compreendendo também campos naturais, restingas brejos e manguezais, restingas (SILVA, 2013 e CAMPANILI e SCHAFFER, 2010 2). De acordo com Campanili e Schaffer (2010 1) as Florestas Estacionais Semidecíduais representam 72% da

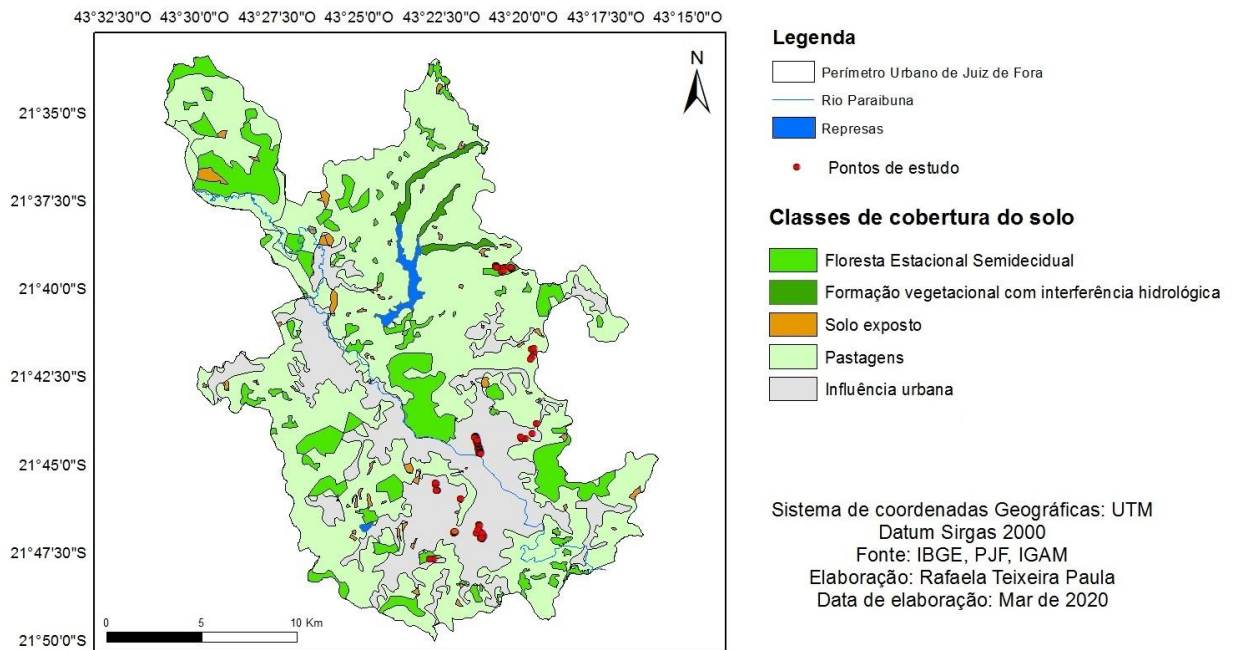
área remanescentes da Mata Atlântica no estado de Minas Gerais, enquanto que as Florestas Ombrófilas se concentram no interior continente, em locais de altitude bastante elevada. Juntas essa tipologia vegetacional formam um conjunto de ecossistemas na Mata Atlântica, inserido em altitudes superiores a 600m no domínio dos “mares de morro”.

A Mata Atlântica começou a ser destruída criticamente com a chegada dos portugueses em 1500 em procura de recursos naturais, e, a partir do século XX, através do desmatamento para implantação de atividades agropecuárias, mineração e exploração madeireira (CAMPANILI; SCHAFFER, 2010 2), ocupação desordenada da terra para a construção de vilas e estradas e atividade industrial (SILVA, 2013). Portanto, segundo Oliveira e Fontes (2000), ela teve sua composição e estrutura modificadas, principalmente por ter sua distribuição concentrada nas regiões mais desenvolvidas no país, que reúnem enormes centros urbanos e industriais, a região sul e sudeste. Com isso, os estudos a respeito da Mata Atlântica são feitos com bases nos remanescentes, concentrados nas poucas áreas preservadas ou regeneradas deste bioma como a Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta e Mata do Krambeck em Juiz de Fora.

Juiz de Fora está inserida no domínio da Mata Atlântica e, apesar desse domínio vegetacional ter sido pouco preservado nos dias de hoje sua vegetação influenciou em muito na gênese dos solos em ambiente tropical. De acordo com Assis et. al (2011), a vegetação original do município é classificada como Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Tropical Sub- perenifólia. Já Oliveira Filho e Fontes (2000 apud SILVA, 2013) e Garcia (2007) assumem que a vegetação local é classificada como Floresta Semidecidual Montana, que segundo o IBGE (2012) é típico de áreas com mais de 600 m de altitude. Já Oliveira Filho e Fontes (2000) classificam os fragmentos florestais no município como Florestas Semideciduals Baixo-Montana, caracterizadas pela ocorrência em regiões com precipitação anual entre 1500 mm e 2000 mm, numa altitude que varia entre 700m a 1100 m.

Dada toda a alteração ocorrida na vegetação original de Juiz de Fora, a figura 12 apresenta um mapa de cobertura do solo da área urbana de Juiz de Fora.

Figura 12 – Uso e ocupação do solo na área urbana de Juiz de Fora



Fonte: Própria Autora

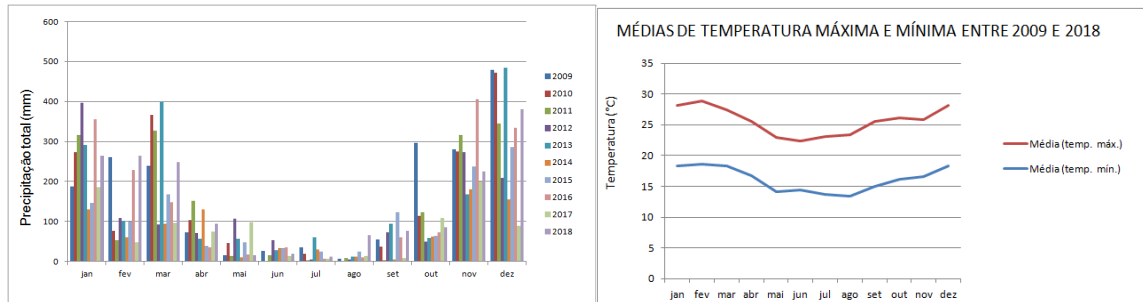
## 5.6 CLIMA

O clima de Juiz de Fora está intrinsecamente ligado ao sistema de circulação de massas de ar recorrentes no Sudeste do Brasil, no qual há predominância de massas de ar tropical (atlântica e continental), polar atlântica, vindas do sul do país, e equatoriais, que ocasionam períodos com maior ou menor pluviosidade e variação na temperatura (SILVA, 2013). Apresenta ao longo do ano duas estações bem definidas, uma fria e seca de maio a setembro e outra quente e chuvosa de outubro a abril (DUARTE, 1998; TORRES et. al, 2009; SÁ JÚNIOR, 2009). A estação seca é curta e apresenta temperatura média anual variando entre 17° e 19°. No município registram-se temperaturas médias de aproximadamente 18,6°C, havendo uma nítida alternância entre a estação chuvosa e a estação seca, com temperatura e taxa de precipitação elevadas durante o verão (AGRITEMPO, 2012). Mais especificamente o inverno correspondente aos meses de julho, agosto e setembro, sendo o mês de julho o mais frio, com média de 17°C (AGRITEMPO, 2012) e o verão, corrente nos meses de janeiro, fevereiro e março, sendo o mês de fevereiro o mais quente com média de 23°C (AGRITEMPO, 2012). Os outros meses correspondem ao outono e a primavera e são meses de transição (SILVA, 2013).



De acordo com Duarte (1998) o clima da região é úmido de verões brandos, com pluviosidade média anual de 1400 a 1500 mm. O gráfico 1 mostra a precipitação total mensal em mm entre 2009 e 2018. O gráfico 2 apresenta as médias anuais da temperatura máxima e mínima para cada mês entre os anos de 2009 e 2018.

Gráfico 1 e 2 – Total mensal de precipitação (mm) e média mensal de temperatura (°C) máxima e mínima entre os anos 2009 e 2018



Fonte: INMET (2019)

Conti (1989) enquadra Juiz de Fora em área de ambiente de clima tropical subúmido, em que a média anual de temperatura é superior a 18 °C e o total anual de pluviosidade é entre 750 a 1500 mm, além disso é afetado pela ZCIT, apresenta influências oceânicas e com os efeitos orográficos do barlavento, há ativa reciclagem do vapor de água, e o albedo reduzido.

De acordo com a classificação de Köppen (1970), Juiz de Fora apresenta clima tipo Cwb, ou seja, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente e chuvoso; temperatura média dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C; apresenta inverno seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos um dos meses desta estação; temperatura média do mês mais quente maior que 22°C, estações de verão e inverno bem definidas.

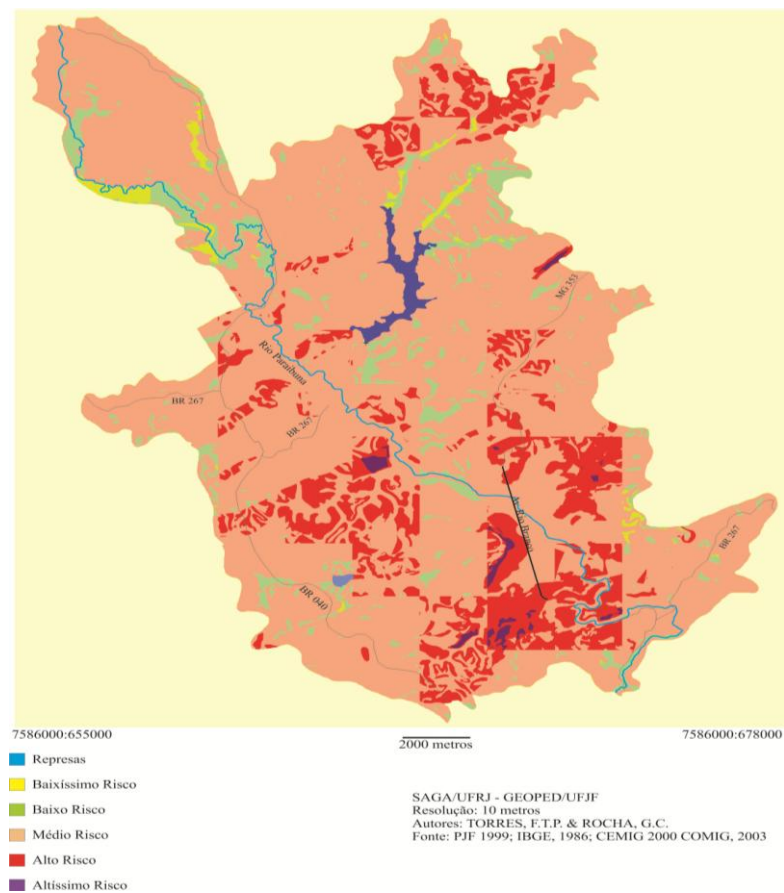
O clima pode ser definido também como Tropical de Altitude, por corresponder a um tipo tropical influenciado pelos fatores altimétricos, sendo que o relevo local apresenta altitudes médias entre 700 e 900 m, que contribuem para a amenização das temperaturas (TORRES; MARTINS, 2005). Staico (1976) assume que em áreas de maior altitude na cidade o clima pode ser do tipo Cwb, clima temperado úmido com inverno seco e verão moderadamente quente.

## 5.7 MOVIMENTO DE MASSA EM JUIZ DE FORA – MG

Um dos problemas naturais frequentes ocorridos na cidade e que tem ligação direta com o quadro físico da região é a movimentação em massa.

Rocha (2005) identifica cinco categorias de risco a escorregamentos na área urbana de Juiz de Fora: baixíssimo, baixo, médio, alto e altíssimo. A figura 13 apresenta o mapa da risco a escorregamentos da cidade.

Figura 13 – Mapa de Riscos a escorregamentos na área urbana de Juiz de Fora - MG



Fonte: Rocha (2005)

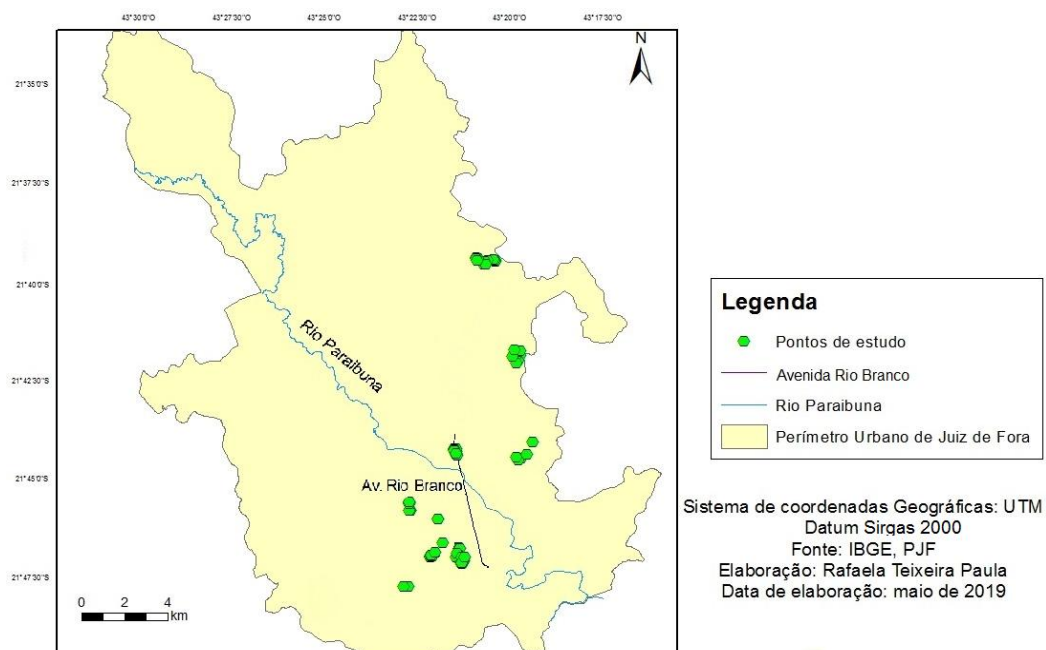
Nota-se pelo mapa, que áreas consideradas de alto a altíssimo risco encontram-se localizadas em sua maioria na parte central, sul, sudeste, leste e norte da mancha urbana do município.

## 6 METODOLOGIA

Para cumprir os objetivos do projeto, além de uma revisão bibliocartográfica, pela qual fez-se uma revisão sobre os conceitos principais e a distribuição espacial dos elementos físicos na cidade de Juiz de Fora, três etapas foram seguidas. A primeira etapa, corresponde a descrição do perfil de intemperismo e análises feitas em campo e amostragem. A segunda corresponde as análises feitas em laboratório. A terceira a interpretação dos resultados. Em campo se analisou estrutura e espessura dos perfis; em laboratório foram analisadas rocha de origem, cor, textura, consistência, mineralogia, consistência, e grau de alteração.

A seleção dos pontos de estudo para a realização dos trabalhos de campo e amostragem dos saprolitos foram baseados em mapas já existentes de alguns fatores de intemperismo, como o material de origem e relevo, preferencialmente em pontos que apresentam características diferentes, para, assim, contemplar maior variação e tipos de saprolitos. Além disso, a região contemplada registra movimentos de massa pretéritos e está nas áreas de maior risco a escorregamento. Partindo desse princípio, os pontos foram selecionados pela sua facilidade de acesso através de sua exposição. As áreas pesquisadas estão concentradas nas regiões sudoeste, centro-sul e nordeste da cidade, contemplando os bairros Borboleta, Dom Bosco, Filgueiras, Grama, Linhares, Manoel Honório, Parque Imperial, Santa Cecília e Teixeiras. A distribuição na cidade dos pontos de estudos selecionados, estudados e amostrados são apresentados a seguir, na figura 14.

Figura 14 – Localização dos pontos de estudo



Fonte: Própria Autora

Ao todo, 92 perfis foram selecionados, dos quais 78 apresentaram planos estruturais e 26 foram amostrados para análises em laboratório. Para maior organização, os perfis foram nomeados com as iniciais dos bairros, seguidos de números que seguem a sequência do estudo.

#### *Rocha de origem do saprolito*

O material originado foi classificado em campo, através da comparação das rochas com o material intemperizado como autóctone ou alóctone através da comparação de amostras de rochas com o material intemperizado. Com as amostras de rochas coletadas, associadas a informações do mapa litológico e outras observações encontradas em campo, identificou-se a rocha que deu origem aos saprolitos. A autoctonia foi evidenciada, em campo, pela presença das estruturas das rochas que continuam na estrutura do material de intemperismo.

#### *Medidas de estruturas*

As estruturas pós-genéticas (estruturas resultado de tensões e deformações do material parental como planos de falhas e fraturas) foram medidas com o auxílio da bússola geológica. Para tal mede-se a direção, o sentido e o ângulo de mergulho dos planos estruturais encontrados. A direção do plano é dada por uma reta horizontal contida no plano. O sentido é a reta perpendicular a direção, que indica o sentido do mergulho. Direção e sentido são medidas de coordenadas geográficas, já o mergulho é uma medida de ângulo puro, dado pelo ângulo de inclinação do plano com a horizontal. A reta do mergulho é a reta de máxima inclinação no plano, perpendicular à direção (ESPÓSITO et. al, 2010).

A apresentação e discussão dos dados se deu com a produção de rosetas de direção e sentido do mergulho dos planos para cada bairro estudado. A roseta consiste em um método de representação gráfica da orientação das descontinuidades, onde se constrói uma base semi-circular de 0° a 180°, com intervalos de 10°. Nestes intervalos demarcam-se as direções ou os sentidos das descontinuidades, sendo que o comprimento do setor indica o número de medições para cada intervalo, de forma que quanto maior o comprimento maior número de medidas com respectivo intervalo de direção ou sentido (OLIVEIRA, 2017). Para a representação do ângulo de mergulho, também para cada bairro, as medidas foram assinaladas

num quadrante de 0° a 90°, com os ângulos demarcados no intervalo de 10°, de forma que quanto maior a barra vermelha, maior o número de planos com respectivo intervalo de grau.

Além das rosetas, para cada bairro, dois mapas foram criados para a representação cartográfica dos planos estruturais, um com a direção e outro com o sentido de mergulho dos planos medidos. Os mapas foram criados utilizando a simbologia padrão de Geologia para os pontos demarcados; inserindo as informações de direção e sentido de mergulho dos planos na tabela de atributos de cada ponto; e a ferramenta de rotação dos pontos, seguindo os atalhos: Propriedades > Simbologia > Categorias > Avançado > Rotação > Direção / Sentido.

### *Espessura*

Foi feita a medida da espessura do saprolito. Quando possível todo o horizonte foi medido, caso contrário, a medição foi feita somente do segmento aflorado.

Para tal coloca-se a trena no topo do horizonte superficial e faz-se a leitura da profundidade, de cima para baixo, em centímetros (LEMOS e SANTOS, 2005).

### *Cor*

Para a cor foi utilizada a carta de Munsell (1946) que considera três componentes: Matiz, Valor e Cromo. O matiz é a cor espectral dominante, o valor é a tonalidade da cor e o croma é a pureza da cor (SOIL SURVEY, 1993).

Selecionaram-se torrões representativos do horizonte e os compara visualmente com as cores da carta, definindo qual mais se aproxima da realidade. A partir da notação da página, valor e croma, se estabelece a cor de cada horizonte, com posterior tradução para o português disponibilizado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo no manual de campo (LEMOS; SANTOS, 2005).

### *Textura*

Inicialmente, foi feita uma caracterização da textura em campo para caracterização geral da granulometria do material. A técnica para identificação da textura das amostras de mão seguiram as orientações de Lemos e Santos (2005).

### *Consistência*

A consistência (forças de coesão e adesão entre as partículas do solo, conforme variação dos graus de umidade) foi determinada conforme orientações de Guerra (2015) e Lemos e Santos (2005), considerando que a consistência de materiais saprolíticos devem ser

feitas a seco. Guerra (2015) propõe a categorização dos graus de consistência da tabela 1, sendo esta a utilizada no presente trabalho.

Tabela 1 – Classificação de grau de consistência de saprolitos

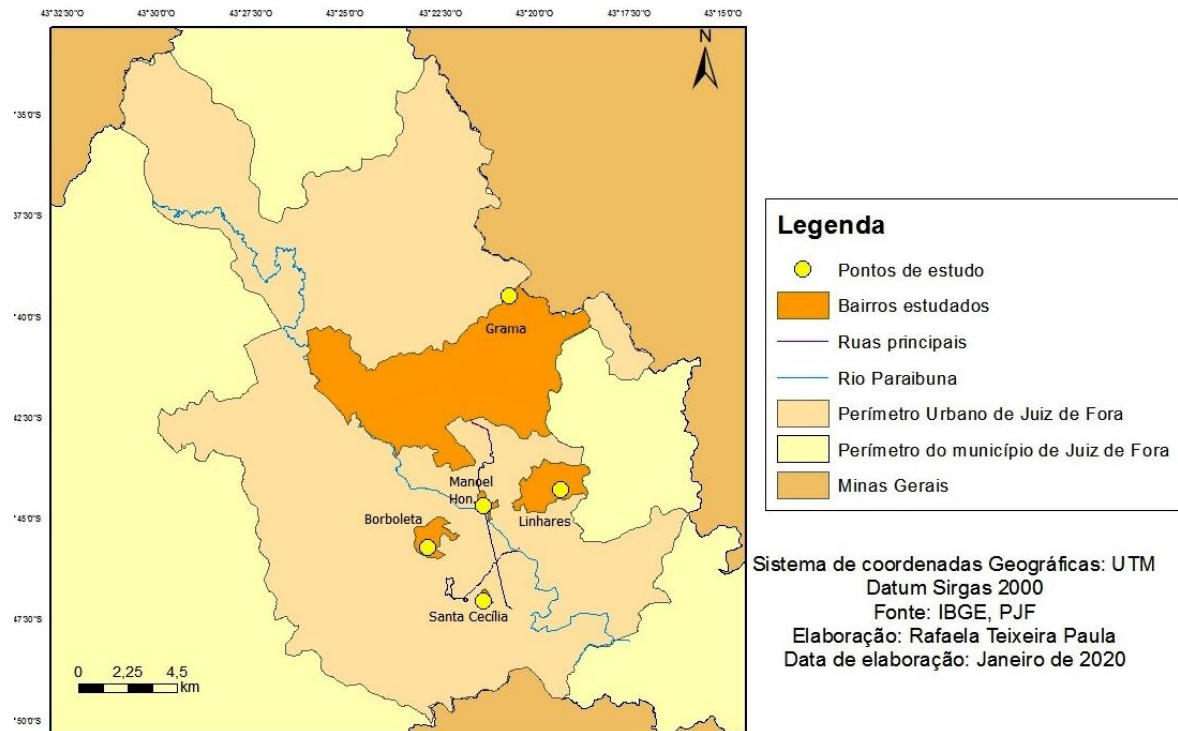
Grau de consistência	Significado
Inquebrável	fragmentos inquebráveis com as mãos, rúptil apenas com uso de martelo pedológico e que apresenta sinais de alteração em relação a rocha sã
Extremamente dura	fragmentos não quebráveis ou extremamente difíceis de serem quebrados com as mãos, mas escavável com martelo pedológico com extrema dificuldade
Muito dura	fragmentos muito difíceis de serem quebrados com as mãos e escaváveis com martelo pedológico com muita dificuldade
Dura	fragmentos quebráveis com as mãos e medianamente fácil de ser escavável com martelo pedológico
Ligeiramente dura	fragmentos facilmente quebrados com as mãos e facilmente escavável com martelo pedológico
Macia/Solta	fragmentos que não oferecem resistência significativa a pressão com os dedos ou a escavação
Variável	com material saprolítico de consistência muito variável

Fonte: Guerra (2015)

*Análise mineralógica e micromorfológica através de difração de Raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)*

Para esse tópico foram selecionados cinco perfis de intemperismo de cinco dos bairros estudados: Grama, Linhares, Manoel Honório, Santa Cecília e Borboleta, denominados, respectivamente pelas siglas GRAM. 8, LIN. 2, MAN.H. 7, SAN.C. 2 e BOR.8 . A localização dos pontos de estudos de este tópico está demarcada no mapa a seguir (figura 15).

Figura 15 – Localização dos pontos submetidos a análise de Raios-X e MEV



Fonte: Própria Autora

Ambas as análises foram realizadas no Laboratório de Metalurgia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de MG (IFET) – Campus Juiz de Fora.

Para a análise da constituição mineralógica, as amostras, puras e em condições naturais, foram submetidas a análise no difratômetro de raios-X. As amostras foram moídas em moinho de jarro e depois inseridas em Difratômetro de raios-X automático de pó, da marca Bruker e modelo D8 Advance. Esse modelo de difratômetro, que analisa a amostra pulverizada, possui um detector móvel que gira em torno da amostra moída, de modo que vários ângulos de reflexão sejam varridos.

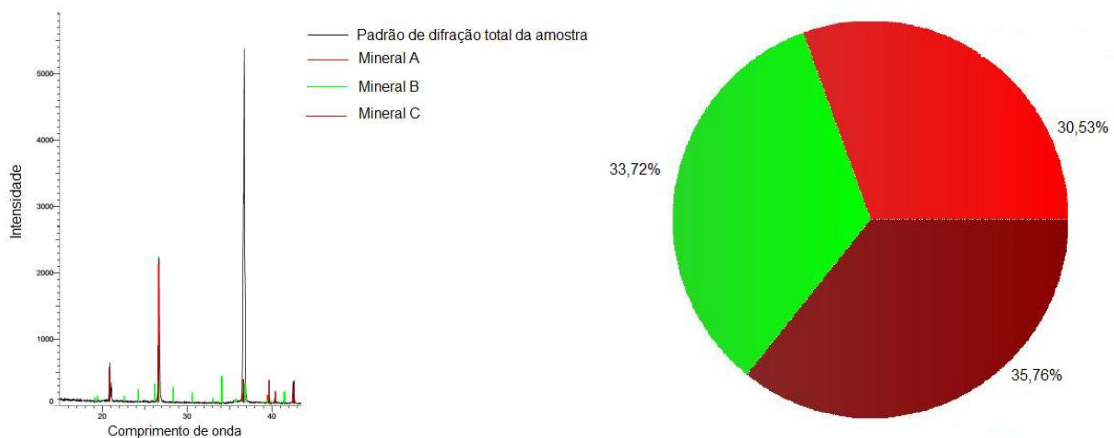
Foi empregada a radiação  $\text{CuK}\alpha$  usando ótica instrumental de feixe paralelo. A varredura foi no modo step scan, entre 5 a 90°. Foi utilizada uma voltagem de 40 kV e corrente de 40 mA.

Uma fonte de radiação de elevada energia, provoca a excitação dos átomos da substância analisada. Ao ficar sob a ação de uma fonte externa de energia, o átomo, antes em Estado Fundamental (o estado/nível de energia mais baixa (SILVA, 2015)), absorve esta energia, promovendo elétrons a níveis mais energéticos, ficando por um momento numa situação instável, chamada “Estado Excitado” (OLIVEIRA, 2011).

Como tudo na natureza, o átomo excitado tende a retornar ao seu estado de estabilidade, voltando a seu estado fundamental (BECKHOFF et. al, 2006). Nesse momento ocorre uma emissão de energia de raios, conhecidos como raios-X "fluorescentes" (MELO JÚNIOR, 2007). Esses raios possuem um comprimento de onda e uma energia específicos para cada elemento do mineral, portanto, através dessa técnica, eles podem ser identificados e quantificados (OLIVEIRA, 2011). O resultado obtido é um difratograma de picos de intensidade de Raios-X x comprimento de onda, únicos de cada material da amostra. Os picos são, então, lidos pelo software Diffrac.Eva.

A imagem a seguir (figura 16) retrata um exemplo do formato de difratograma gerado neste trabalho, seguida do gráfico da porcentagem dos minerais encontrados.

Figura 16- Formato de difratograma e gráfico da porcentagem de minerais encontrados



Fonte: Própria Autora

Cada cor corresponde a um padrão de difração, os picos. A cor preta representa a superposição de todos os picos de cada amostra e é a base para a “comparação” e identificação de cada um dos picos, que correspondem aos diferentes minerais que compõem as amostras, detalhados em colorações diferentes, neste exemplo os minerais A, B e C, em vermelho, verde e marrom, respectivamente.

Como método complementar para identificação da mineralogia a lupa binocular também foi utilizada.

A análise da micromorfologia foi feita através do Microscópio Eletrônico de Varredura marca TESCAN, modelo Vega SBU que opera em alto e baixo vácuo, já equipado com o microanalisador EDS Bruker (MEV-EDS).



Foram selecionados pequenos torrões de cada uma das amostras para serem submetidos ao MEV. O feixe de elétrons gerado por efeito termo iônico é acelerado através de uma diferença de potencial e colimado através de uma coluna ótica eletrônica sendo conduzida a câmara que contém a amostra (MONTEIRO, 2017). De acordo com a autora, ao focalizar em um ponto da amostra, este feixe de elétrons gera sinais que são captados e amplificados fornecendo um sinal elétrico. Por fim, este sinal gera a imagem.

Neste trabalho o detector de Raios-X utilizado foi o EDS. Esse procedimento foi realizado três vezes para cada amostra, totalizando três aumentos diferentes. A primeira corresponde ao aumento mínimo para cada amostra; o segundo aumento foi o mais próximo de 300x e o terceiro aumento foi o mais próximo de 1000x.

#### *Grau de alteração*

O grau de alteração foi determinado a partir da conciliação de quatro propostas metodológicas. Utiliza-se a categorização de graus de alteração apresentada abaixo, submetendo as amostras selecionadas a pressão da batida com o martelo geológico, pés e mãos, e a caracterização mineralógica:

Tabela 2 – Graus de alteração

<b>Grau de Alteração</b>	<b>Significado</b>
<b>Não alterado</b>	Material não alterado; não quebra com martelo geológico ou quebra com dificuldade em clastos de variados tamanhos
<b>Fracamente alterado</b>	Apresenta traços iniciais de alteração, prevalece minerais primários; quebra com ajuda do martelo geológico
<b>Moderadamente alterado</b>	Presença marcante de minerais primários; quebra ao chute
<b>Muito alterado</b>	Presença marcante de minerais secundários; quebra com a mão
<b>Completamente alterado</b>	formação de solo; os minerais secundários compreendem quase que toda a totalidade; quebra facilmente com a mão

Fonte: adaptado de Frazão (2012); Ollier (1965); Melton (1965); Thomas (1994)

### *Risco a movimento de massa*

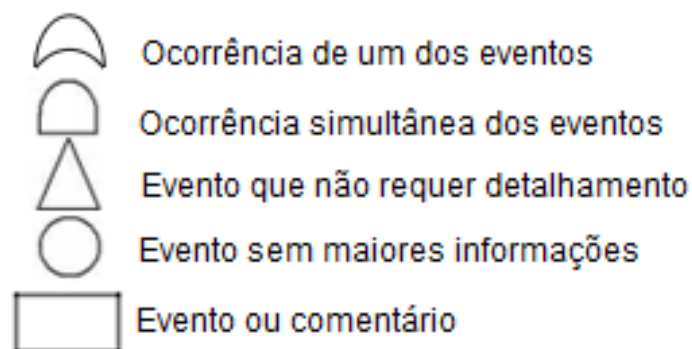
Em relação a relações antrópicas, procurou-se entender como as análises e resultados sobre esse material podem ser aplicados a sociedade. Nesse sentido, uma das análises realizadas foi a análise de risco de movimento de massa.

Para a análise de risco a movimento de massa em perfis de intemperismo proposta neste trabalho o ponto de estudo DOM.B. 3 foi selecionado, e neles foram aplicados os métodos da Análise da Árvore de Falhas (Fault Tree Analysis - FTA) e Análise de Causa e Consequência (Cause-Consequence Analysis - CCA). A escolha desse ponto se deu por apresentar possível instabilidade.

Para a construção da Árvore de Falhas determina-se o evento de topo a ser analisado, ou seja, o evento principal. No esquema aponta-se as possíveis causas desse determinado evento que, por sua vez, são por si só outros eventos e apresentam também, suas causas específicas e assim sucessivamente. Aponta-se as causas de todos as causas/eventos encontradas até que se chegue a eventos em que a causa não pode ser apontada por falta de informação ou irrelevância.

Para a produção da Árvore de Falhas proposta neste trabalho foram utilizados os símbolos demonstrados na figura 17, juntamente com seu significado.

Figura 17 – Portões lógicos utilizados para a construção da Árvore de Falhas



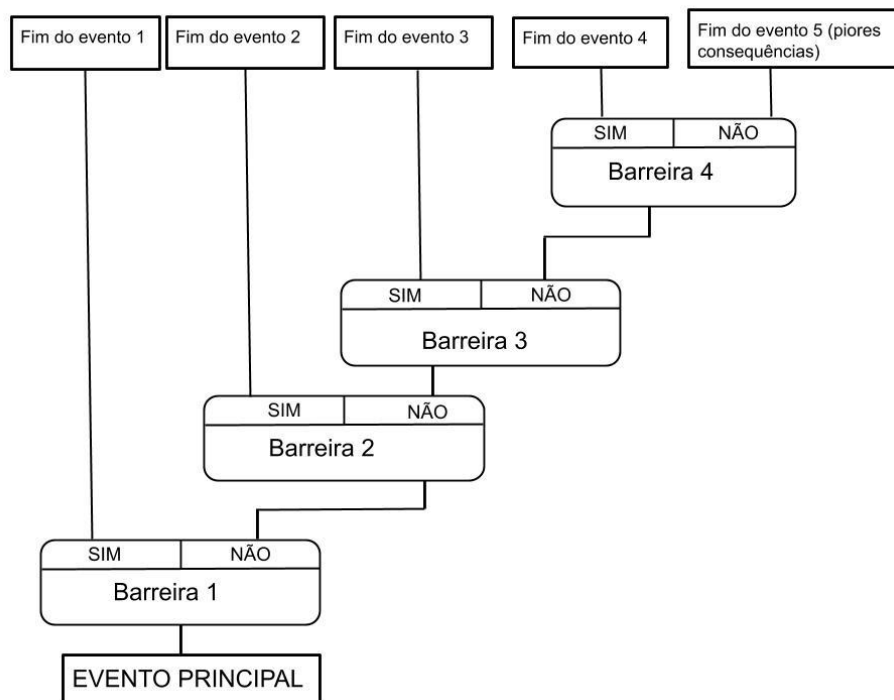
Fonte: Adaptado de Andrade (2015)

Após a produção da análise da Árvore de Falhas partiu-se para a produção da análise de Causa e Consequência em conformidade com Rocha (2006). Para isso aponta-se as possíveis consequências caso o evento principal venha a ocorrer. Algumas barreiras são propostas de forma a prevenir e mitigar as possíveis consequências. Em sequência, classifica-se a barreira quanto a sua capacidade de colocar um fim no evento em sim ou não, sendo o

sim destinado aquelas barreiras capazes de acabar com o evento e o não aquelas barreiras que ainda não seriam capazes de dar fim ao evento.

A análise de Causa e Consequência (Cause-Consequence Analysis - CCA) é um método complementar a Análise da Árvore de Falhas e visa propor barreiras para um determinado evento caso este evento venha a ocorrer, para dar fim ao evento ou reduzir os danos. Nesta técnica o mesmo evento de topo trabalhado na FTA é utilizado e, a partir desse evento de topo, cria-se barreiras para o evento. Estas barreiras possuem dois portões lógicos, o “Sim” e o “Não”, mostrado na figura 18, se referindo ao fato de ter ou não finalizado o evento, de modo que quanto mais vezes se sai com o portão “Não” para finalizar o evento, piores são as consequências.

Figura 18 – Esquema da análise de Causa e Consequência



Fonte: adaptado de Rocha (2005)

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

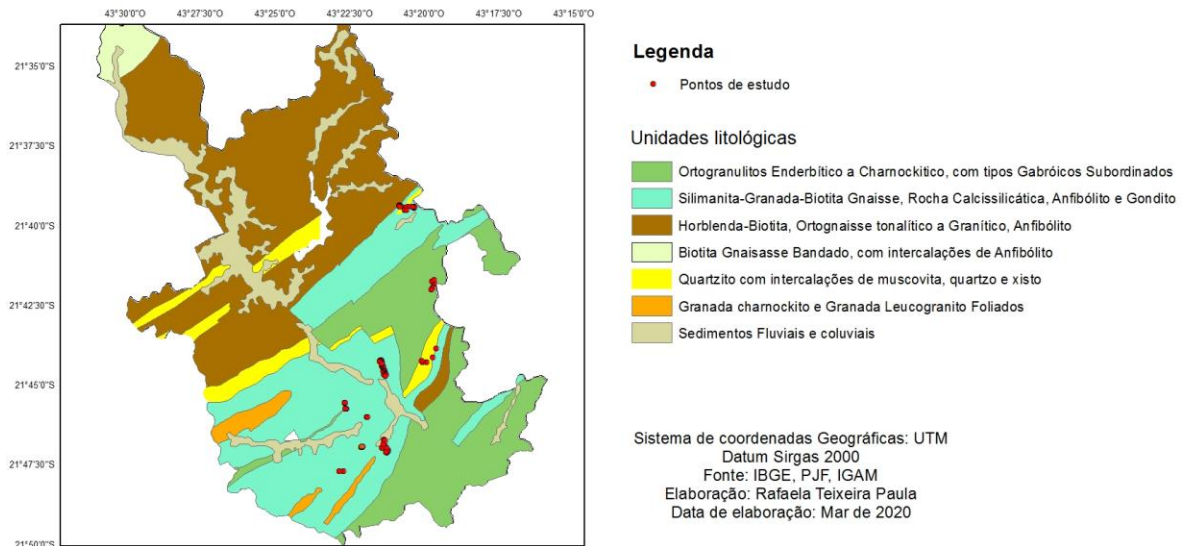
Os resultados das análises das propriedades físicas e mineralógicas dos materiais estão sintetizados na tabela (em anexos), trazendo o nome do ponto analisado (primeira coluna), e as propriedades trabalhadas (primeira linha), espessura, cor, textura, mineralogia, dureza, rocha de origem, grau de alteração.

Cada análise realizada será detalhada a seguir.

### *Material de origem*

A figura 19 a seguir mostra os pontos de estudo assentados no mapa de litologia da cidade.

Figura 19 – Litologia com os pontos de estudo



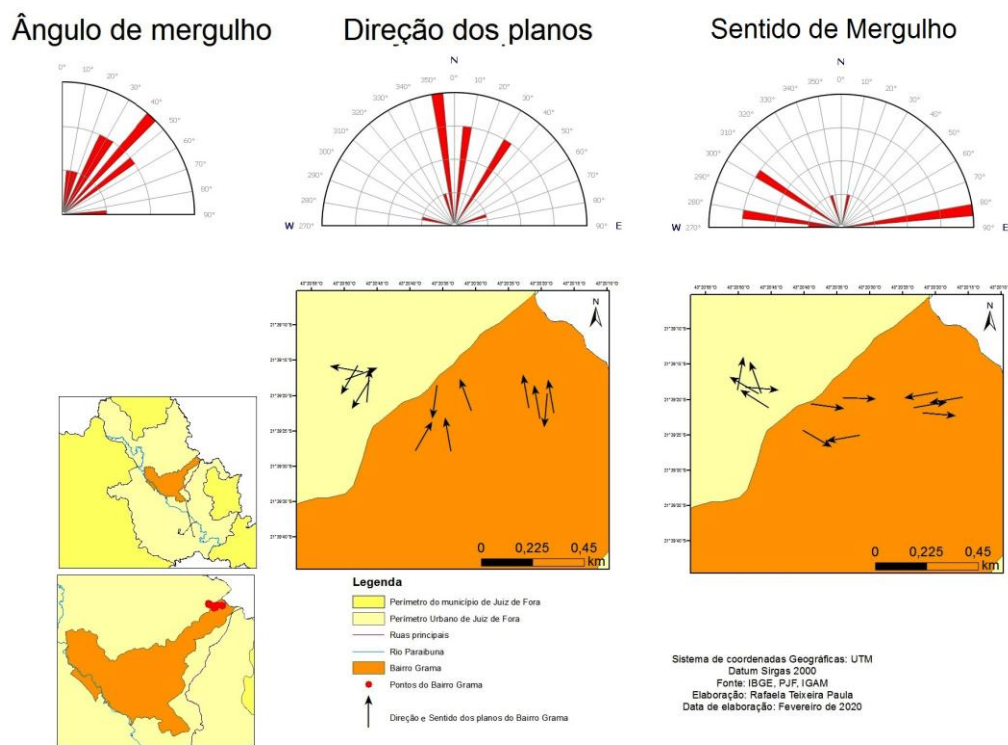
Fonte: Própria Autora

O mapa indica que dos nove bairros, seis (Borboleta, Dom Bosco, Santa Cecília, Imperador, Teixeiras e Manoel Honório) estão assentados sobre sillimanita-granada-biotita gnaiss. As análises das rochas nestes bairros apontam para biotita-gnaiss, sendo o material de intemperismo classificado como autóctone. Nos bairros restantes, a litologia indicada é o quartzito em dois bairros (Gramma e Linhares) e ortogranulito enderbítico a charnockítico no bairro Filgueiras. As análises em laboratório confirmam que nos bairros Gramma e Linhares o material de origem é mesmo o quartzito. Já no bairro Filgueiras o material se aproxima da biotita gnaiss, assim como a maioria dos pontos estudados.

### Medidas estruturais

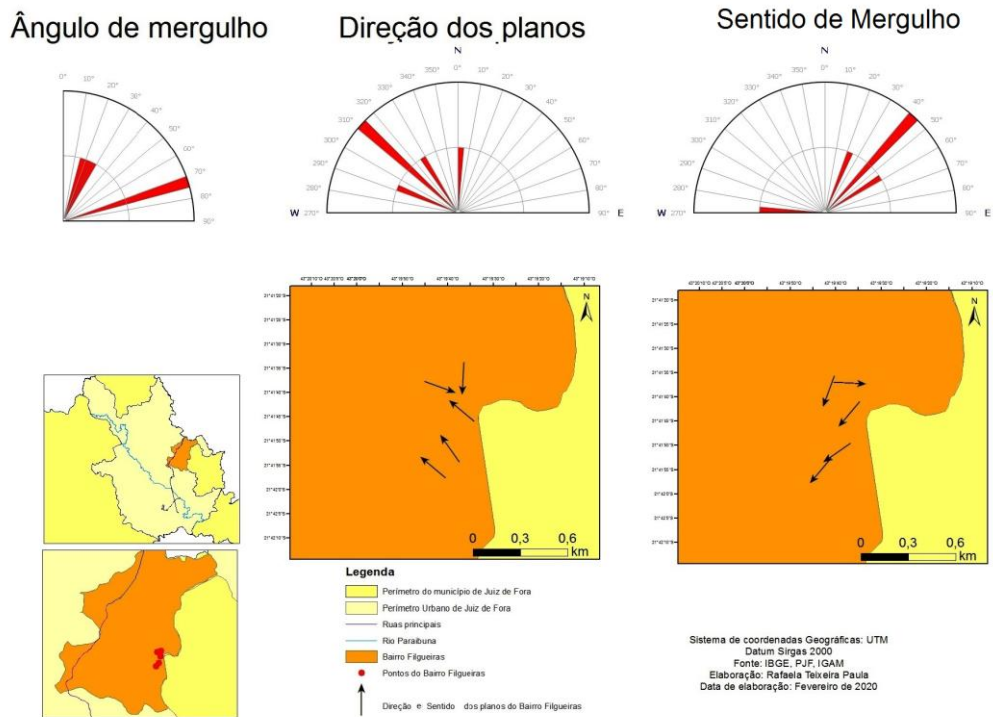
Em seis dos nove bairros estudados há perfis com planos estruturais pós genéticos (planos de falha e de fratura). Os bairros que apresentam rochas com planos estruturais em pelo menos um perfil são: Grama, Filgueiras, Dom Bosco, Santa Cecília, Borboleta e Manoel Honório. As figuras 20, 21, 22, 23, 24 e 25 apresentam a direção, o sentido e o ângulo de mergulho dos planos estruturais presentes nos perfis, ilustrados através de seus respectivos mapas e rosetas de direção e sentido do mergulho, além do gráfico de ângulo de mergulho. Nos bairros não mencionados não foram encontrados planos estruturais.

Figura 20 – Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Grama



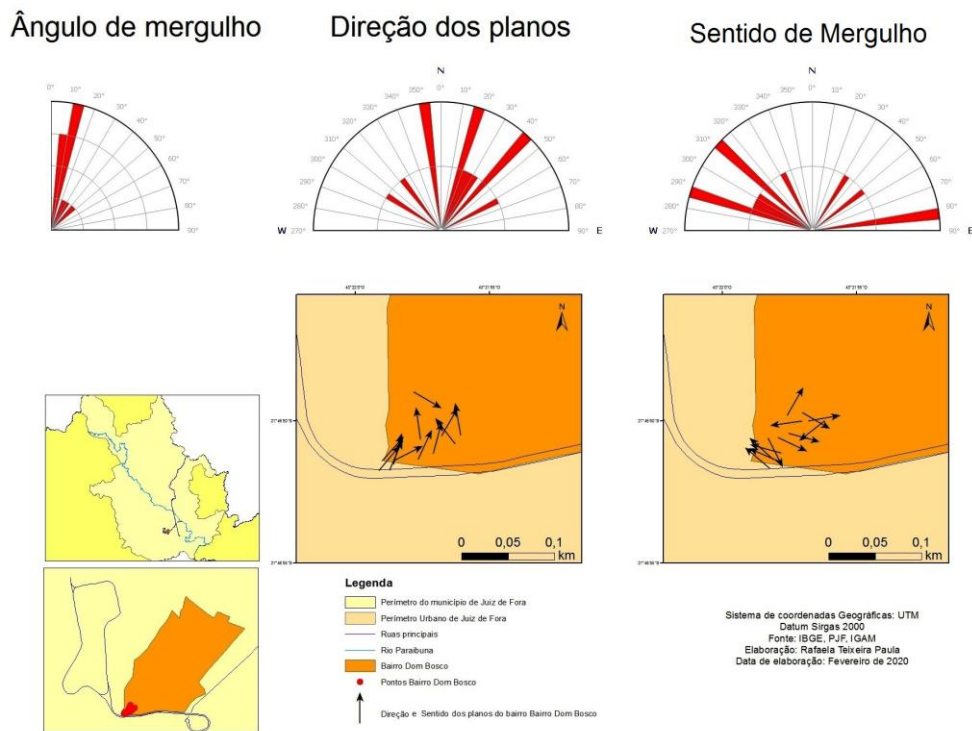
Fonte: Própria Autora

Figura 21– Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Filgueiras



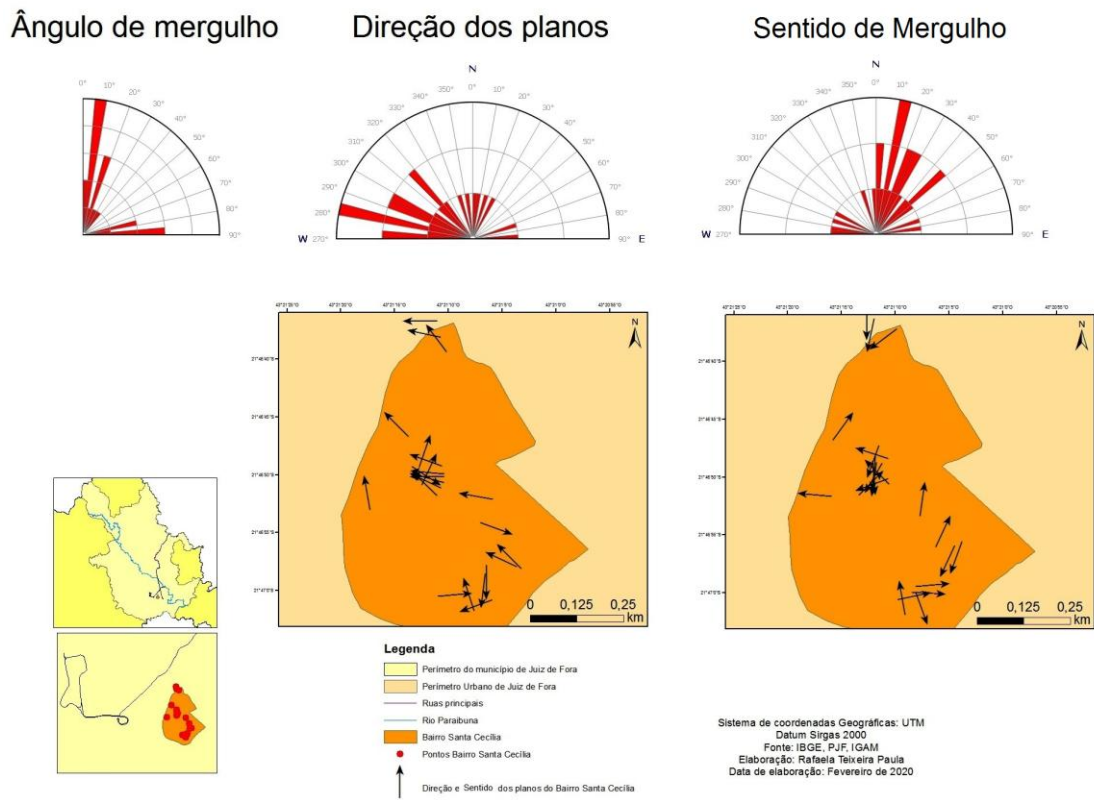
Fonte: Própria Autora

Figura 22 – Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no Dom Bosco



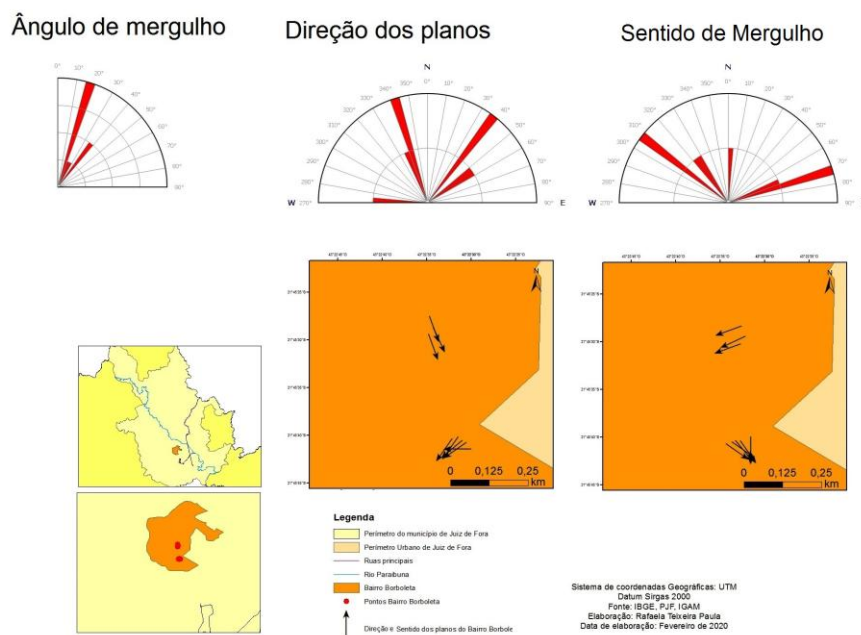
Fonte: Própria Autora

Figura 23 – Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Santa Cecília



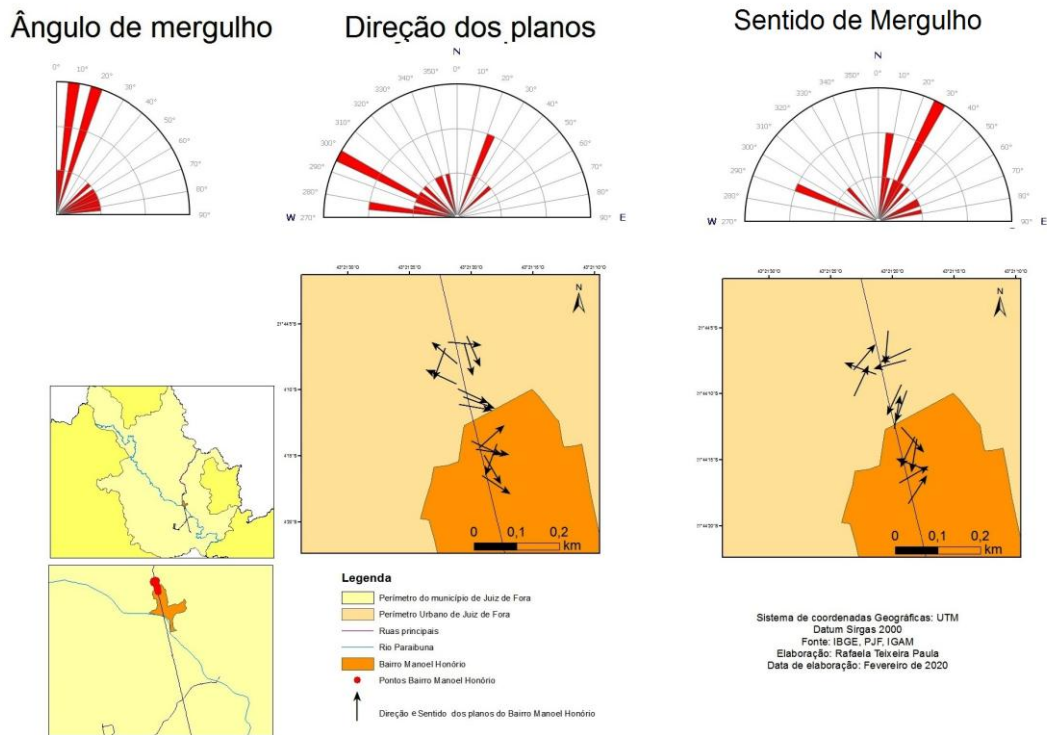
Fonte: Própria Autora

Figura 24 – Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no bairro Borboleta



Fonte: Própria Autora

Figura 25 – Direção, sentido e ângulo de mergulho dos planos estruturais no Manoel Honório



Fonte: Própria Autora

No bairro Grama há uma direção preferencial, N-S, e uma secundária, de NE-SW, com mergulhos para W ou para E. Os ângulos de mergulho se destacam entre os intervalos de 25° e 55°.

No bairro Filgueiras, a direção que predomina é NO-SE, com mergulho predominante para SW. Os ângulos de mergulho que apresentam maior frequência estão nos intervalos de 15° a 30° e 70° a 55°, sendo este último o intervalo com maior número de medidas.

No bairro Dom Bosco a direção que predomina é a SE-NW e N-S, com mergulho para leste e para oeste. Os ângulos de mergulho compreendem aos intervalos de 5° a 40°.

Em Santa Cecília predomina a direção SE-NW, com mergulhos para NE ou para SW. Os ângulos de mergulho se concentram nos intervalos de 0° a 30° e 70° a 90°, sendo considerados baixo ou muito alto, compreendendo planos de falhas quase horizontais ou quase verticais.

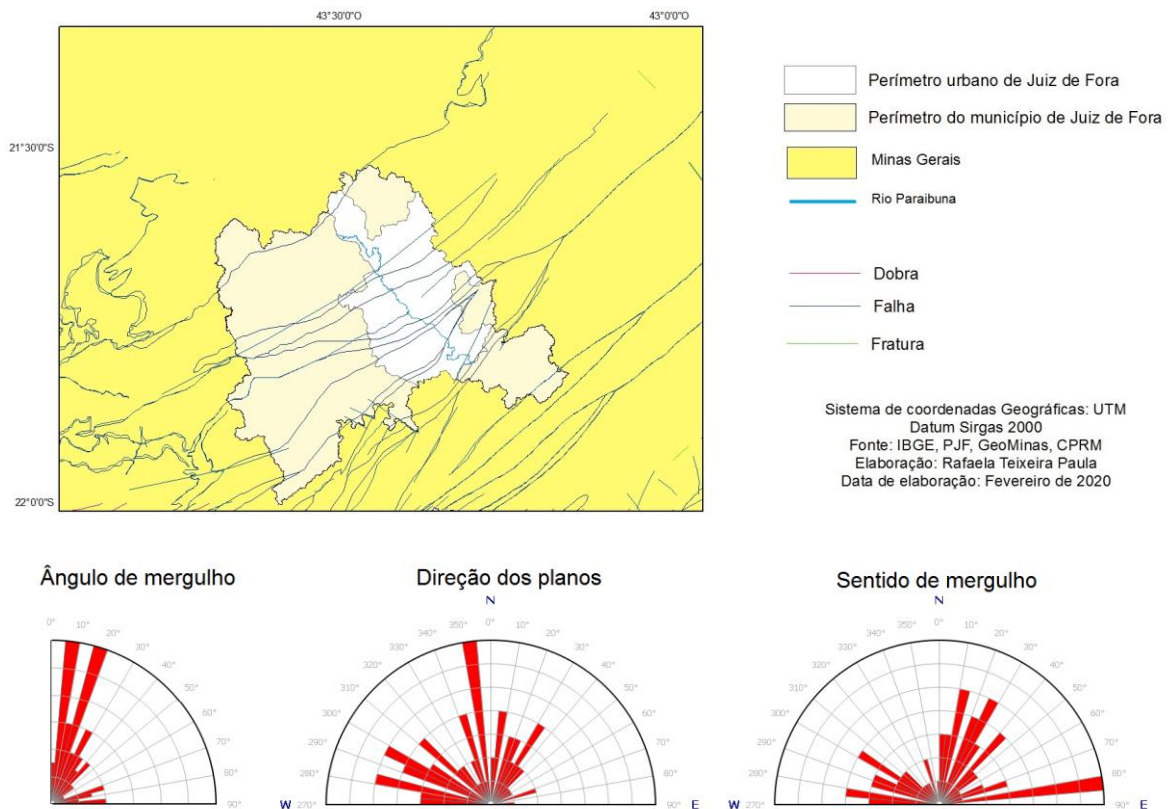
No bairro Borboleta é clara a predominância das direções NO-SE e NE-SO, mergulhando W e E. Neste bairro predomina ângulos de mergulho de 15° a 20°, aparecendo também em destaque ângulos de mergulho de 35° a 40°.



No bairro Manoel Honório, as direções que aparecem com maior destaque são a NO-SE e NE-SO e mergulham preferencialmente para W. A respeito dos ângulos de mergulho, a predominância de ângulos de 5° a 10° e de 15° a 20°, podendo ser considerados planos sub-horizontais. Destaca-se a presença de planos estruturais com ângulo de mergulho de 45° a 85°, com destaque para o intervalo de 70° a 75°.

Na figura 26, a seguir, pode-se observar o mapa com as principais estruturas da região e os ângulos de mergulho, a roseta de direção e de sentido dos planos estruturais medidos em todos os bairros.

Figura 26 – Direção dos principais planos estruturais da região



Fonte: Própria Autora

Os planos estruturais medidos apresentam duas direções preferenciais, N-S (se aproximando de NNW-SSE) e NE-SW (mais especificamente NNE-SSW). Tais direções predominantes coincidem com as direções das grandes estruturas geológicas da região.

Como já foi mencionado em capítulo anterior, segundo Saadi et.al (2005) há uma série de falhas regionais no sentido NNE-SSW, isolando uma cadeia de grabens de sentido ENE-WSW, resultado da reativação da zona de cisalhamento do Paraíba do Sul.

Pelo mapa da figura 26 nota-se que uma sequência de falhas no sentido NE-SW, tendo abrangência por quase todo o município. Trata-se também das deformações principais da compartimentação tectônica da Faixa Ribeira, resultante do empilhamento de diversas escamas de empurrão com transporte tectônico rumo ao Cráton do São Francisco, datada de 595-565 M.a (DUARTE et. al., 2003). Após deformação principal, este segmento da Faixa Ribeira também sofreu ficou sujeito a deformações tardias, que acomodou a contínua compressão através de redobramento de todas as estruturas previamente formadas e em movimentos direcionais. Foram geradas dobras com eixos NE-SW sub-horizontais e planos axiais íngremes para SE ou NW; e zonas de cisalhamento de direção NE, com componente horizontal dextral. A segunda das Deformações tardias, datada de 535-480 Ma é perpendicular a Faixa Ribeira e gerou dobras abertas e zonas de cisalhamento dúctil-rúpteis com direção entre N30W e N40E e mergulhos íngremes para E ou W.

As fraturas na direção NE-SW podem corresponder ao intenso imbricamento tectônico entre rochas metassedimentares da cobertura e rochas granulíticas do embasamento.

No que se refere aos ângulos de mergulhos, a maioria dos planos medidos apresenta ângulos menores que 20°, no entanto, é importante se considerar a presença de ângulos de mergulho nos intervalos de 20° a 45° e 70° a 90°.

Ressalta-se que as estruturas com sentido NW-SE são também representadas pela orientação do rio Paraibuna, que está encaixado em falha com essa direção.

### *Espessura*

O que se observa é a presença de horizontes de saprolito espessos, sendo que a maioria apresenta espessura acima de 2 m, sendo encontrado horizontes saprolíticos de mais de 5 m e até maior que 7 m. Isso se deve principalmente aos fatores físicos da região, que favorecem o avanço do intemperismo atingindo altas profundidades.

As maiores espessuras foram registradas nos bairros Grama, Filgueiras e Manoel Honório.

Nos bairros Grama e Filgueiras, o material de origem desses materiais constatado foi o quartzito, os únicos bairros onde o material de origem constatado foi esse. Já no bairro Manoel Honório, o material de origem é a biotita-gnaiss, sendo que o grau de alteração dos pontos registrados com as maiores espessuras deste bairro, foi considerado baixo, com a maioria das amostras classificadas como rocha fresca. Nos bairros Grama e Filgueiras, o grau de alteração dos pontos com maiores espessuras variam de material muito alterado a material completamente alterado, não havendo, portanto, presença de rocha fresca.

Neste caso, os materiais resultantes do intemperismo de rochas de origem quartzítica apresentaram maiores espessuras. Isso se deve a existência de minerais mais resistentes ao intemperismo como o quartzo, que prevalece no local, enquanto que outros materiais são intemperizados e até transportados do perfil pela água da chuva. Desta maneira, embora haja predominância de minerais primários, o material é bastante alterado, visto que os perfis são bem intemperizado, mas não pedogeneizados. Nos perfis onde foram constatadas outras litologias de origem, os materiais, que são mais facilmente intemperizáveis, tendem a se pedogeneizar ou até ser removidos do perfil.

### *Cor*

A respeito da cor nota-se uma variação muito grande entre as amostras e até mesmo intra-amostras. Isso se deve a variedade de minerais constituintes e ao grau de alteração destes. Em alguns casos a cor é homogênea por todo o horizonte, já em outras situações há predomínio de uma cor e presença de alguns pontos isolados com coloração diferente. Há uma relação entre a cor da amostra e seu grau de alteração, sendo que quanto mais alterado é o material, mais homogêneo ele é.

Predominantemente tem-se as cores vermelho, branco, amarelo e bruno. A coloração vermelha nestes perfis pode indicar a presença de óxidos de ferro ou minerais com essa constituição química. Cores mais claras como o amarelo e o branco são indícios da presença de minerais como o quartzo e a caulinita, dependendo da granulometria, e da ausência de matéria orgânica. Cores mais escuras como o bruno pode indicar maiores quantidades de matéria orgânica.

O perfil MAN.H 3 é um exemplo de perfil onde há variação de cor no horizonte saprolítico (figura 27). Neste ponto tem-se as cores vermelho, amarelo claro acinzentado e branco. Nesse caso, há uma nítida lineação mineral, diagnosticada por essa diferenciação de cores. A presença dessa lineação mineral com essa coloração sugere que o material de origem nos perfis encontrados no bairro é autóctone, visto que na localidade o mapa litológico e a análise de amostras de rocha indica como rocha de origem a biotita-gnaïsse. A granulometria e a cor da lineação mineral no material alterado corresponde ao bandeamento da biotita-gnaïsse alterado, sendo a lineação mineral de cor amarelada e branca, resultado da alteração de biotita em caulinita.

Figura 27 – Diferenciação de cores no perfil (ponto MAN HON 3)



Fonte: Própria Autora

Essa situação ocorre também em outros perfis, como no caso do perfil San.C. 2 (Figura 28).

Figura 28 – Diferenciação de cores no perfil (ponto SAN.C.2)



Fonte: Própria Autora

Ambos os exemplos possuem materiais resultantes de intemperismo de biotita-gnaiss, litologia originária de grande parte dos perfis estudados, como é o caso dos perfis do bairro Borboleta. Mas nesse caso a coloração do material possui tons mais escuros e homogêneos, o que pode indicar a presença de material orgânico e até o início do processo de pedogenização. A figura 29 retrata esse quadro no perfil BOR. 11.

Figura 29 – Coloração - amostra BOR.11



Fonte: Própria Autora

No caso de perfis saprolíticos em que a rocha de origem é o quartzito, a coloração é mais homogênea e de tons mais claras, predominando amarelo e o branco, por apresentar em sua constituição essencialmente o quartzo. Na figura 30, pode-se observar essa situação tendo como exemplificação a amostra coletada do perfil GRAM 2.

Figura 30 – Coloração - amostra GRAM.2

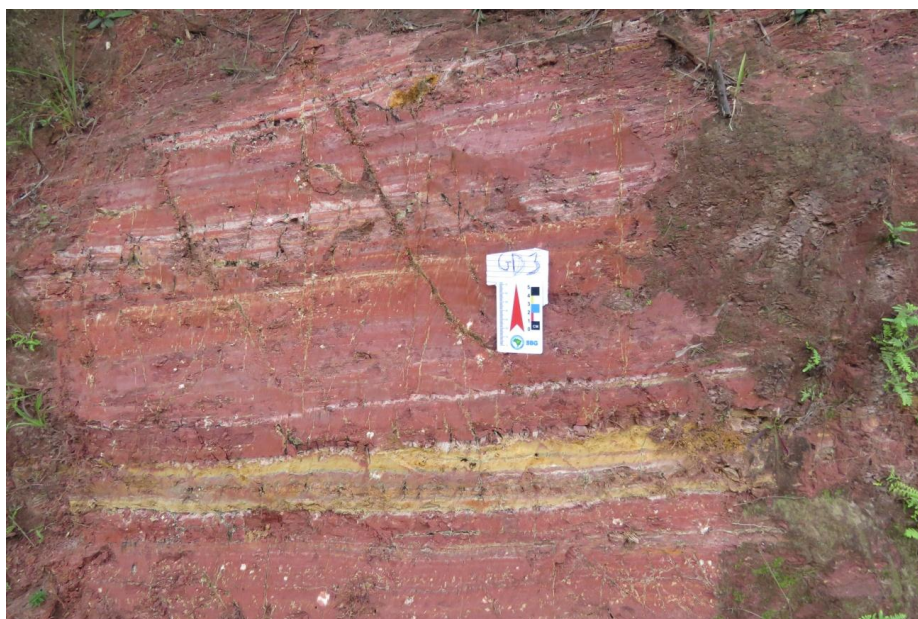


Fonte: Própria Autora

### *Textura*

A textura, observada macroscopicamente permite distinguir os materiais estudados em dois grupos principais: um em que predomina granulometria muito fina (figura 31), se distribuindo predominantemente nos bairros das regiões sul e centro da cidade, presente em quase todos os bairros com exceção dos bairros Grama, Linnhares e Filgueiras, onde predomina a granulometria grossa (figura 32).

Figura 31 – Perfil com granulometria fina (MAN.H.. 2)



Fonte: Própria Autora

Figura 32 – Perfil com granulometria grossa (GRA.2)



Fonte: Própria Autora

No primeiro grupo nota-se a presença de materiais de granulometria mais fina, sendo também um material mais pegajoso. Nesses casos, em muitos dos pontos estudados há a presença de lineamentos minerais, provavelmente herdados da rocha de origem e, dependendo da orientação desses lineamentos, há o favorecimento da movimentação em massa. Já no outro grupo a granulometria dos materiais é mais grosseira e o material é facilmente erodido, resultando numa carga sedimentar bastante significativa, como pode ser visto na figura 33.

Figura 33 – Carga sedimentar de granulometria grossa (Bairro Filgueiras)



Fonte: Própria Autora

### *Consistência*

A consistência apresenta relação direta com o grau de alteração, a medida que quanto mais alterado, menor a sua consistência. Isso ocorre pela desagregação mineral que ocorre na rocha ao ser intemperizada, tornando o material mais quebrável, exceto quando há presença de concreções ferruginosas e/ou concentração de minerais mais resistentes e com maior dureza.

Neste caso a mineralogia e a textura não afetam diretamente na consistência, visto que há registros de diferentes constituintes minerais e texturas mais finas e consistências maiores e vice-versa. Sendo assim, a consistência depende mais da agregação desses minerais do que da sua natureza.

### *Análise mineralógica e micromorfológica através de difração de Raios-X e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)*

Cada amostra trabalhada neste tópico será detalhada a seguir após:

- fotos de campo e amostras de mão;
- diagrama de difração e gráfico de porcentagem dos constituintes minerais;
- imagens do Microscópio Eletrônico de Varredura;
- compilado com os resultados das análises físicas.



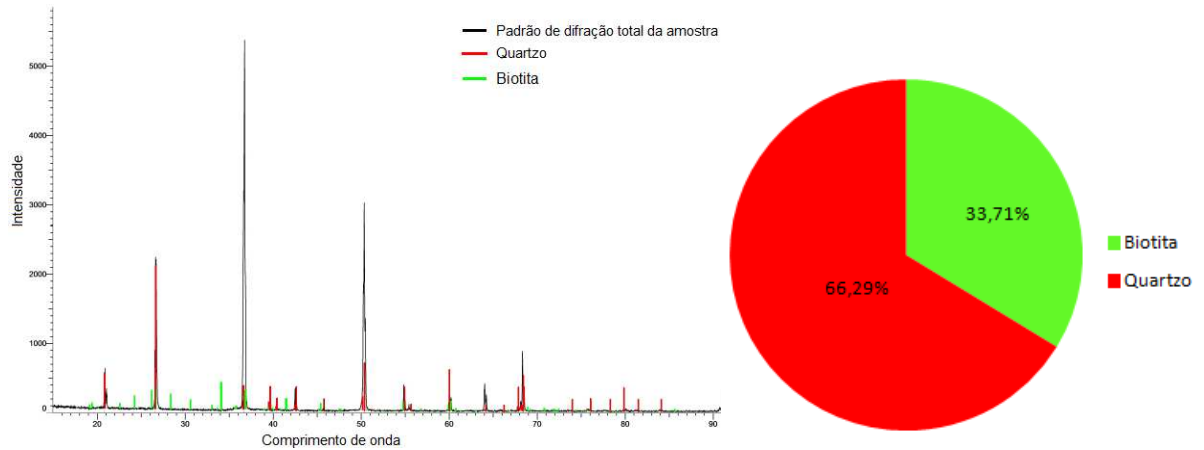
## Bairro Grama (GRAM.8)

Figura 34 – Fotos de campo e da amostra de mão (GRAM.8)



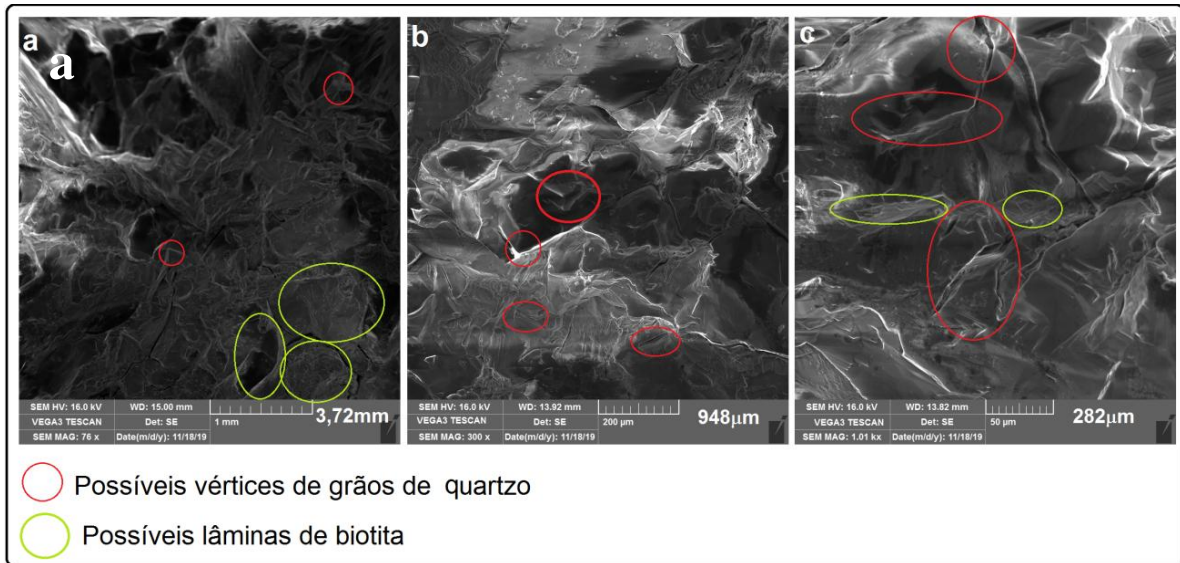
Fonte: Própria Autora

Figura 35- Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (GRAM.8)



Fonte: Própria Autora

Figura 36 – Imagens do MEV (GRAM.8) com aumento de 76x (a), 300x, (b) e 1000x (c)



Fonte: Própria Autora

Tabela 3 – Síntese dos resultados (GRAM.8)

PONTO	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	CONSISTÊNCIA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
GRAM (Bairro Grama)	Rosado/Amarelo-Avermelhado/Cinzento muito escuro/Branco	Arenosa	Quartzo, biotita	Macia / Solta	Quartzito	Muito alterado

Fonte: Própria Autora

A amostra GRAM.8 apresenta coloração heterogênea definida, principalmente, pela cor de cada mineral constituinte. Como constituintes minerais apresenta o quartzo em abundância e a biotita, em menor quantidade. Essa mineralogia confere ao material uma textura grosseira, bastante arenosa e, por ser facilmente desagregada, uma consistência considerada macia.

Destaca-se a inexistência de minerais de argila, que pode ser pela ausência de minerais como o feldspato, que se intemperizam em argilas. O material de textura grosseira tende a apresentar boa drenagem e, dessa forma, “perder” a pequena quantidade de minerais secundários formados.

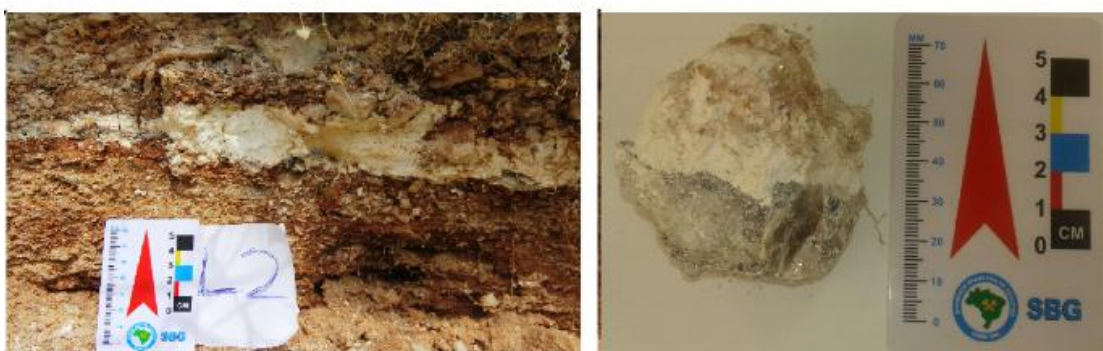
Embora não tenha sofrido pedogênese e ter os minerais primários bem preservados, o material foi classificado como muito alterado, onde o perfil foi bastante intemperizado, mas

manteve o mineral mais resistente preservado, o quartzo. Pela localização e pela caracterização, o material é resultado do intemperismo de quartzitos.

As imagens produzidas pelo MEV mostram que a micromorfologia da amostra é também grosseira, sendo possível observar a presença das lâminas da biotita e um material mais grosseiro, provavelmente o quartzo.

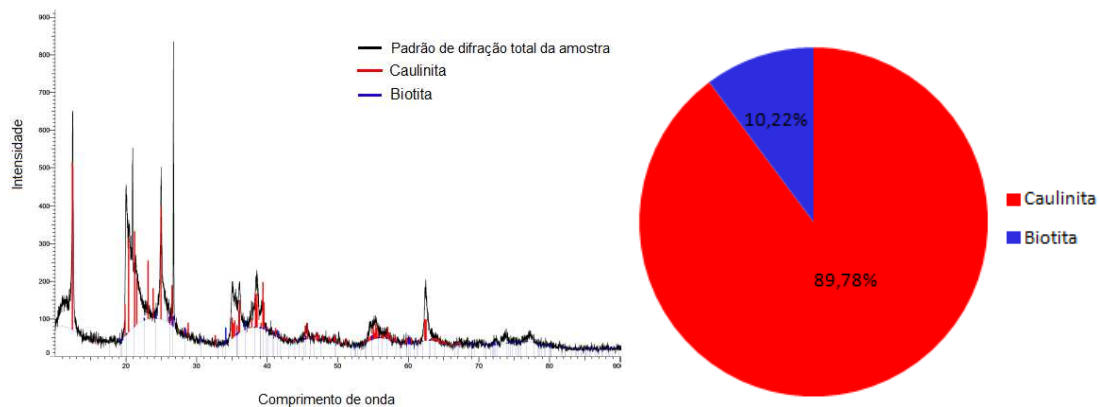
Bairro Linhares (LIN.2)

Figura 37 – Fotos de campo e da amostra de mão (LIN.2)



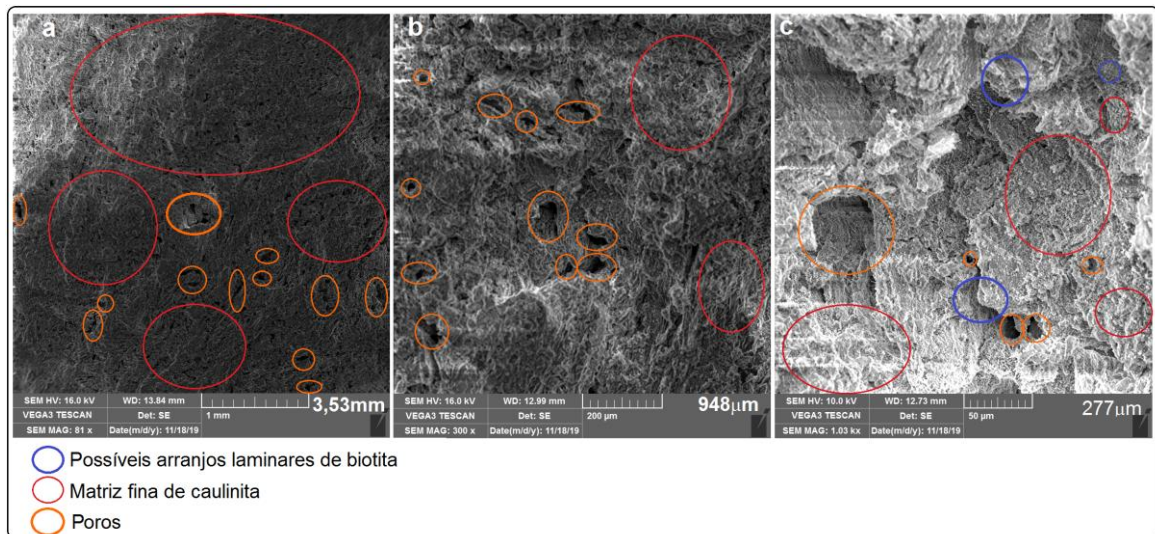
Fonte: Própria Autora

Figura 38 - Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (LIN.2)



Fonte: PÓPRIA AUTORA

Figura 39 – Imagens do MEV (LIN.2) com aumento de 81x (a), 300x (b) e 1000x (c).



Fonte: Própria Autora

Tabela 4 – Síntese dos resultados (LIN.2)

PONTO	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	CONSISTÊNCIA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
LIN (Bairro Linhares)	Branco/ Cinzento	Arenosa na mica e no quartzo e Argilosa na Caulinita	Biotita, caulinita, quartzo	Variável	Não identificada	Completamente alterado na caulinita e fracamente alterado na mica e no quartzo

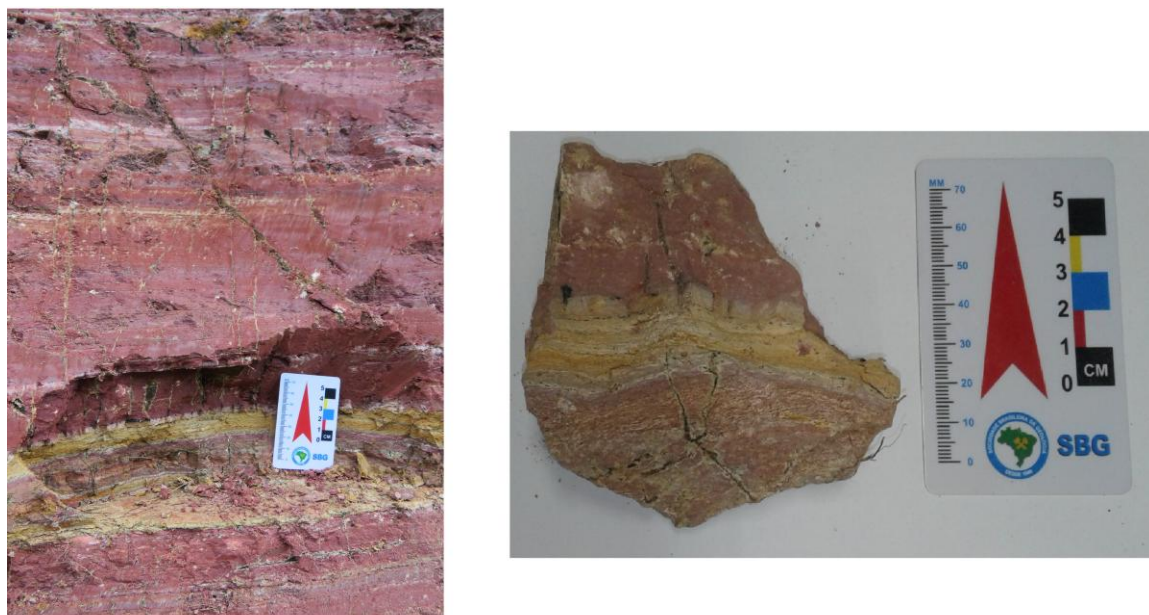
Fonte: Própria Autora

A amostra LIN.2 tem, entre os materiais analisados neste trabalho, maior heterogeneidade, perceptível no perfil em campo e nas amostras de mão. O difratômetro de Raios-X identificou quase 90% de caulinita e pouco mais de 10% de biotita. Macroscopicamente nota-se também a presença de quartzo. Esses minerais são os responsáveis pela variedade da coloração e textura do material, separando-os em dois grupos, um composto pela biotita e pelo quartzo, sendo um material mais arenoso e francamente alterado e outro formado pela caulinita, de textura argilosa e alterado completamente. No perfil esses dois grupos estão separados de forma brusca e bem demarcada.

As imagens do MEV mostram uma matriz mais fina, diferentemente da amostra GRAM. Essa matriz fina corresponde a faixa do perfil constituída pela caulinita. É possível observar também alguns arranjos laminares, possivelmente da biotita. Destaca-se o grande número de poros, o que indica um estágio avançado do intemperismo.

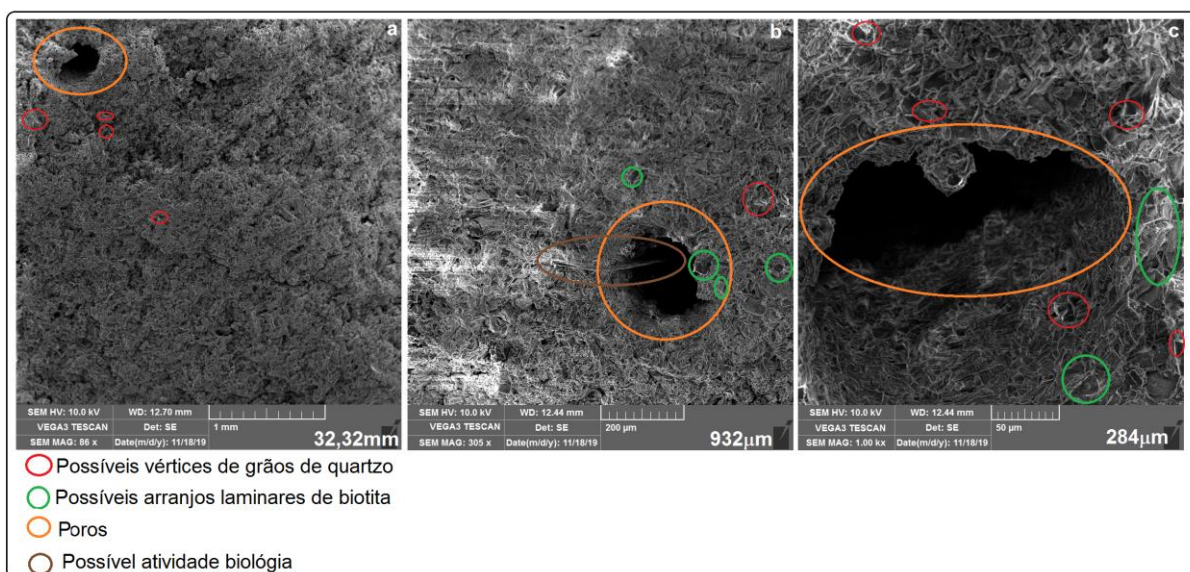
Bairro Manoel Honório (MAN.H.7)

Figura 40 – Fotos de campo e da amostra de mão (MAN.H.7)



Fonte: Própria Autora

Figura 41 - Imagens do MEV (MAN.H.7) com aumento de 86x (a), 305x, (b) e 1000x (c).



Fonte: Própria Autora

Tabela 5 – Síntese dos resultados (MAN.H. 7)

PONTO	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	CONSISTÊNCIA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
MAN.H. (Bairro Manuel Honório)	Bruno/ Amarelo/ Cinzento	Argilosa	Quartzo, Biotita	Dura	Biotita-Gnaiss	Fracamente alterado

Fonte: Própria Autora

A amostra MAN.H. 7 é uma amostra fracamente alterada, sendo considerada um material em início de alteração em alguns pontos isolados em meio a matriz rochosa. Os pontos com indício de início de alteração foram submetidos a análise de Raios-X, no entanto, não foi possível realizar a leitura pelo Difragrama por ser uma amostra de consistência dura e, conseqüentemente, íngivel, já que essa análise exige o procedimento de pulverização da amostra. A análise macroscópica revela que o quartzo e a biotita formam a principal constituição mineralógica da amostra e corresponde a uma amostra de biotita-gnaiss em início de alteração.

Através das análises do MEV, nota-se a micromorfologia maciça e com a presença de um poro de maior expressão, que indica avanço de intemperismo. No poro onde é possível observar a presença de uma possível atividade biológica, que pode ser indício do início do processo pedológico nos segmentos de maior alteração.

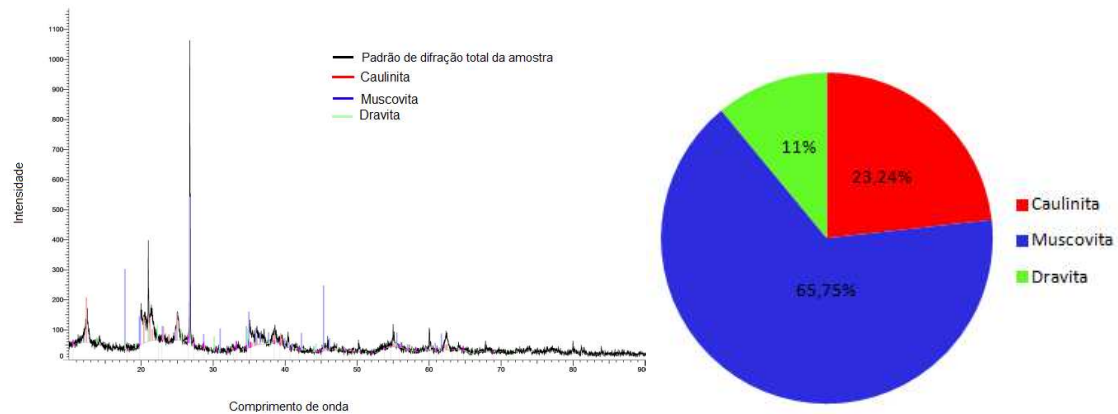
Bairro Santa Cecília (SAN.C. 2)

Figura 42 – Fotos de campo e da amostra de mão (SAN.C. 2)



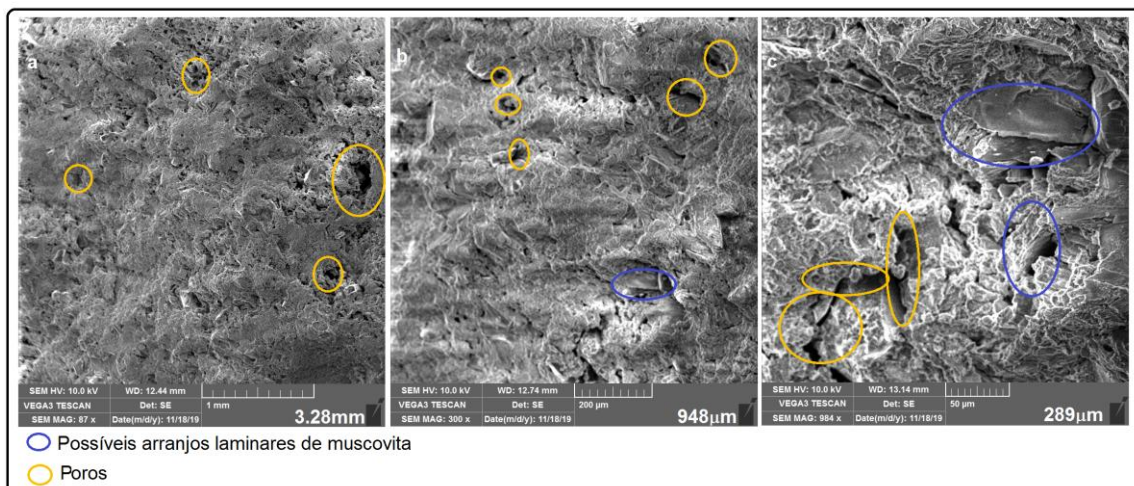
Fonte: Própria Autora

Figura 43 – Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (SAN.C. 2)



Fonte: Própria Autora

Figura 44 – Imagens do MEV (SAN.C. 2) com aumento de 87x (a), 300x, (b) e 984x (c).



Fonte: Própria Autora

Tabela 6 – Síntese dos resultados (SAN.C. 2)

PONTO	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	CONSISTÊNCIA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
SAN.C. (Santa Cecília)	Amarelo Claro Acinzentado	Argiloso	Caulinita, Muscovita e Dravita	Macia	Gnaisses	Muito Alterado

Fonte: Própria Autora

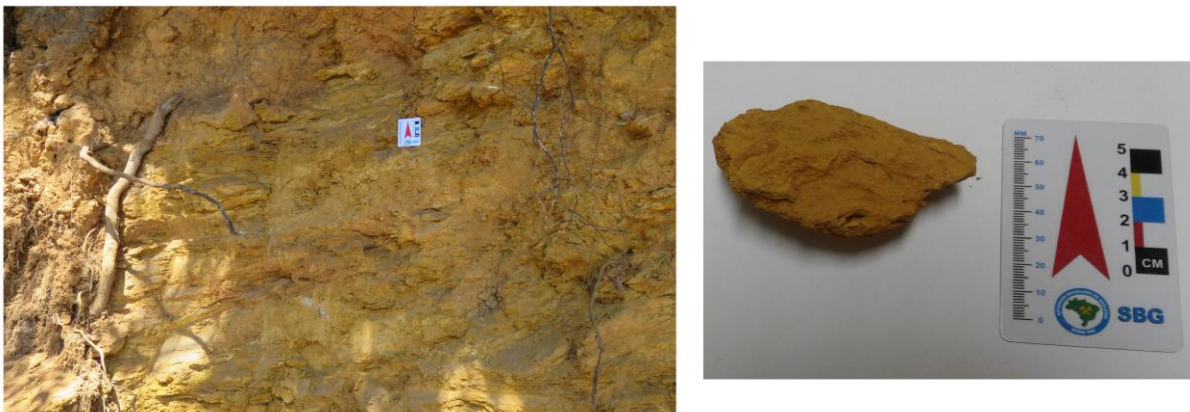
Na amostra SAN.C. 2 predomina o mineral muscovita (que confere “faixas” acinzentadas ao perfil), em seguida a caulinita (amarelada), e, em menor porcentagem, a dravita, uma variedade do mineral turmalina. É um material de matriz argilosa caulinitica,

com pontos bem demarcados da muscovita em meio a argila. É considerado muito alterado por conta do estágio avançado de intemperismo devido a presença de caulinita. O intemperismo neste perfil ocorreu de forma a preservar a orientação bandada dos minerais, que, de acordo com as análises corresponde a um gnaiss do tipo Anfibolito.

Percebe-se, nas imagens geradas pelo MEV, uma microestrutura maciça, com a matriz argilosa e a presença de alguns microporos. Além disso nota-se a presença de lâminas bem definidas que possivelmente correspondem a muscovita, mineral de arranjo laminar constatado pelo difratômetro de Raios-X.

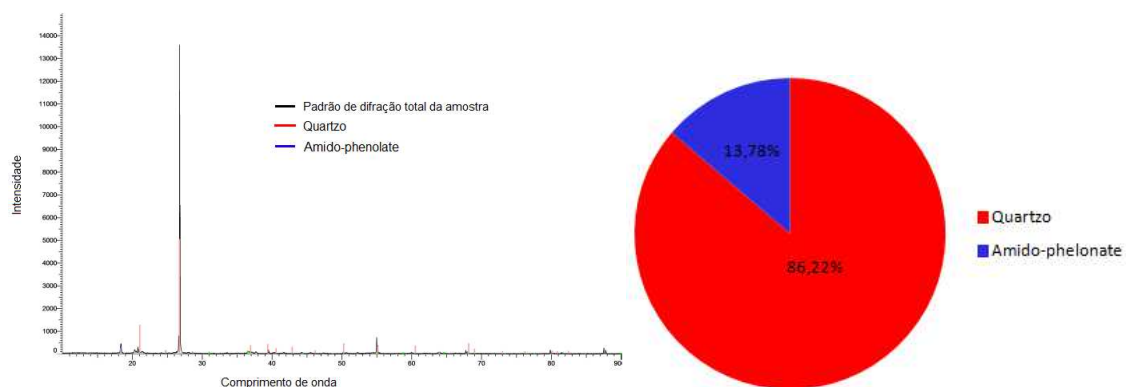
#### Bairro Borboleta (BOR.8)

Figura 45 – Fotos de campo e da amostra de mão (BOR.8)



Fonte: Própria Autora

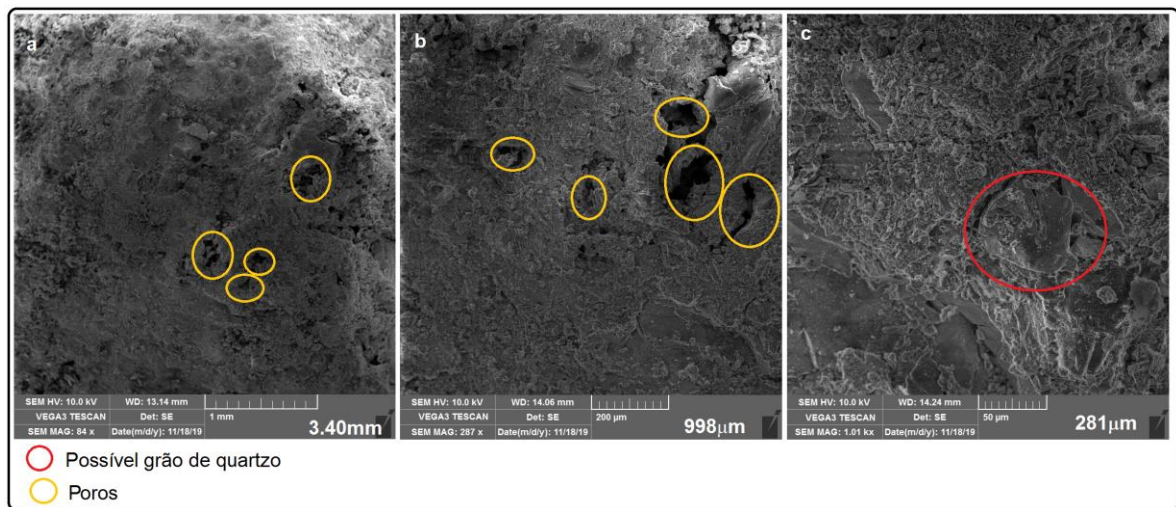
Figura 46 – Diagrama de difração de Raios-X e gráfico de porcentagem de minerais (BOR. 8)



Fonte: Própria Autora



Figura 47 – Imagens do MEV (BOR.8) com aumento de 84x (a), 287x, (b) e 1001x (c).



Fonte: Própria Autora

Tabela 7 – Síntese dos resultados (BOR.8)

PONTO	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	CONSISTÊNCIA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
BOR	Amarelo avermelhado / Bruno escuro	Areno-argilosa	Quartzo	Muito Dura	Biotita-Gnaiss	Muito alterado

Fonte: Própria Autora

A difratometria de Raios-X indicou para a amostra BOR. 8 a presença predominante de quartzo. O outro constituinte registrado é o amido-phelonate em pequena quantidade, composto de um dos produtos utilizados para tratamento de água e esgoto e que pode ter entrado em contato com o material analisado. No entanto percebe-se pela foto a presença de argila neoformada, o que pode indicar que houve algum ruído na determinação dos picos.

O do quartzo confere ao material uma textura arenosa. A amostra foi considerada muito alterada e de consistência muito dura. Isso se deve ao fato de se tratar de um produto de alteração de uma rocha com alta porcentagem de quartzo, um mineral de alta dureza e resistente ao intemperismo.

As imagens do MEV indicam alguns pontos de estrutura maciça, sem a presença de poros, mas alteração em outros, onde nota-se o aparecimento de algumas cavidades, que podem indicar focos de alteração.

### *Grau de alteração*

A alteração dos materiais saprolíticos é encontrado na cidade em variados graus e tem sua classificação diretamente relacionada com outras propriedades. A respeito da consistência, quanto mais duro o material, menor o grau de alteração e mais parecido com a rocha.

Em relação a cor, nota-se que quanto maior é a homogeneidade dessa variável, maior é o grau de alteração. Dessa maneira, os pontos isolados dos materiais de coloração heterogênea são ainda sinais da presença de minerais primários.

A mineralogia é fator que, dependendo da resistência, dificulta a alteração do perfil, mas não impede que esse processo ocorra. Minerais com maior resistência ao intemperismo permanecem inalterados ou pouco alterados, e outros minerais são mais facilmente alterados ou removidos, o que pode conferir ao perfil altos graus de alteração.

As fotos a seguir mostram exemplos dos variados graus de alteração encontrados. Tem-se rocha fresca, aquele não alterado (figura 48), rocha em início de alteração, ou seja, material fracamente alterado (figura 49), material moderadamente alterado (figura 50), material muito alterado (figura 51) e material completamente alterado (solo) (figura 52), classificados como descrito na metodologia.

Figura 48 – Perfil não alterado (MAN.H 14)



Fonte: Própria Autora

Figura 49 – Material fracamente alterado (BOR 9)



Fonte: Própria Autora

Figura 50 –Material moderadamente alterado (MAN.H.1)



Fonte: Própria Autora

Figura 51 – Material muito alterado (BOR. 8)



Fonte: Própria Autora

Figura 52 – Material completamente alterado (SAN. C.7)



Fonte: Própria Autora

### *Análise de risco a movimento de massa*

Em três dos nove bairros trabalhados foram encontradas cicatrizes de movimentos de massa em que o material movimentado envolveu o saprolito. Os bairros em que houve registro de movimentação em massa são o Dom Bosco (figura 53), o Manoel Honório (figura 54) e o Santa Cecília (figura 55).

Figura 53– Cicatriz de movimento de massa no bairro Dom Bosco (próximo ao pórtico sul da UFJF)



Fonte: Própria Autora

Figura 54 – Cicatriz de movimento de massa no bairro Manoel Honório



Fonte: Própria Autora

Figura 55– Cicatriz de movimento de massa no bairro Santa Cecília

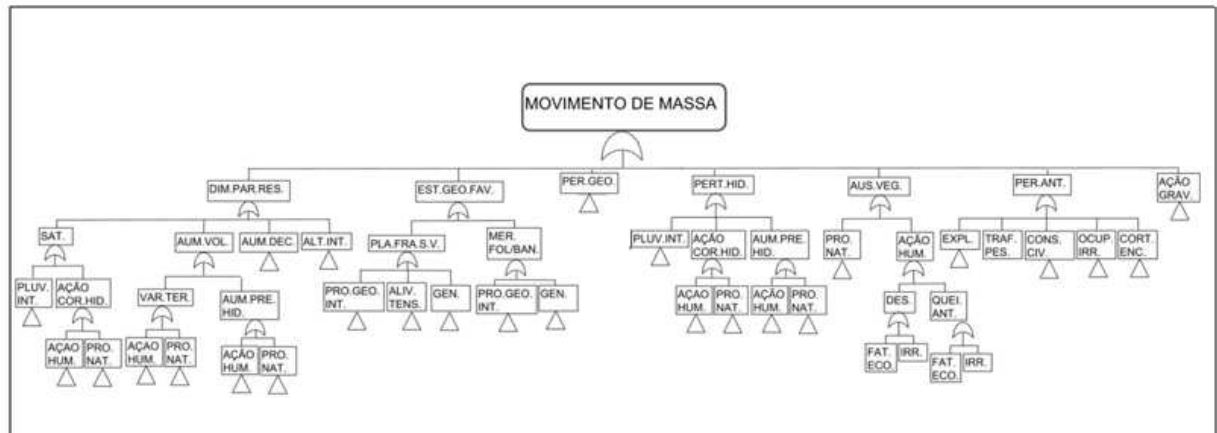


Fonte: Própria Autora

A cicatriz selecionada para aplicação da análise de foi a do bairro Dom Bosco (figura 53), por conter especificidades estruturais que determinaram a movimentação em massa.

A partir da aplicação do método de análise de risco da Árvore de Falhas, a árvore de risco a movimento de massa foi produzida, e está apresentada na figura 56. Nesta análise de risco a movimento de massa foram encontradas 7 causas principais, ou seja, os eventos secundários, são eles: diminuição dos parâmetros de resistência, estruturas geológicas desfavoráveis, perturbações geológicas, perturbações hídricas, perturbações antrópicas e ausência de vegetação, além desses a ação da gravidade, sendo esse último associados a todos os outros, porque sem a ação gravitacional não haveria movimento de massa. Todas elas foram apuradas e detalhadas em suas causas também, que são expostas nos eventos de outros níveis, que avançaram até o 5º nível no máximo. Cada um dos eventos secundários será detalhado e melhor explicado a seguir.

Figura 56 – Árvore de Falhas do evento movimento de massa



DIM.PAR.RES: Diminuição dos parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito interno)

SAT.: Saturação

PLUV.INT.: Pluviosidade intensa

AÇA.COR.HID.: Ação de corpos hídricos

AÇ.HUM.: Ação humana

PRO. NAT.: Processo natural

AUM.VOL.: Aumento do volume

VAR.TER.: Variação térmica

AUM.PRE.HID.: Aumento da pressão hidrostática

AUM.DEC.: Aumento da declividade

ALT.INT.: Alteração intempérica

EST.GEO.FAV.: Estruturas geológicas favoráveis

PLA.FRA.S.V.: Presença de planos de fraturas sub-verticais

PRO.GEO.INT.: Processos geológicos internos

ALI.TEN.: Alívio de tensão

GEN.: Gênese

MER.FOL/BAN.: Mergulho de foliações e bandamentos para fora da encosta

PERT.GEO.: Perturbação geológica

AÇÃO.HUM.: Ação humana

PERT. HID.: Perturbação hidrológica

PLUV.INT.: Pluviosidade intensa

AÇÃO.COR.HIDR.: Ação de corpos hídricos

PRO. NAT.: Processo natural

AÇÃO.HUM.: Ação humana

AUM.PRE.HID.: Aumento da pressão hidrostática

AUS.VEG.: Ausência da vegetação

PROC.NAT.: Processo natural

AÇÃO.HUM.: Ação humana

DES.: Desmatamento

QUEL.ANTR.: Queimada antrópica

FAT.ECON.: Fatores econômicos

IRRE.: Irresponsabilidade

PERT.ANT.: Perturbações antrópicas

EXPL.: Explosões

TRA.PES.: Tráfego pesado

CONS.CIV.: Construção civil

OCU.IRR.: Ocupação irregular

CORT.ENC.: Cortes na encosta

Fonte: Própria Autora

A primeira possível causa encontrada nesta análise é a diminuição dos parâmetros de resistência. Isto ocorre quando há redução dos parâmetros que mantêm a estabilidade do talude, que são a coesão e ângulo de atrito interno. As causas desse evento são saturação, aumento do volume do material, aumento da declividade e alteração do material.

Como confirmado por Bigarella (2007), a saturação do solo ocorre principalmente após chuvas prolongadas e intensas, geralmente em terrenos desprotegidos, o que faz com que a infiltração da água seja acentuada, ultrapassando a capacidade de armazenamento de água no solo. Com isso há saturação e perda de coesão. A saturação do solo também causa o aumento de seu peso específico e volume, o que causa a instabilidade de taludes, o que foi atestado também por Effgen (2015). O aumento do volume também pode acontecer por variação térmica (sazonal ou diária), onde há dilatação do material com o aumento do calor.

Em relação ao aumento da declividade, com essa a alteração geomorfológica o ângulo que a vertente faz com a horizontal é alterado, desta forma a vertente que se encontrava estável pode ter sua estabilidade alterada, assim a forma que a vertente possui para retornar ao equilíbrio é através da movimentação em massa, que pode ser natural ou antrópica.

A alteração intempérica do material pode, também, ocasionar a instabilidade do talude e a movimentação em massa. Os efeitos de alteração intempérica, especialmente em ambiente de clima tropical úmido, como na região de Juiz de fora, podem causar fenômenos de instabilidade. Essa alteração causa diminuição dos parâmetros de resistência da rocha quando, mediante alteração por intemperismo, há enfraquecimento do meio rochoso, ou terroso, que ocorre pela remoção dos elementos solúveis constituintes dos minerais, pela dissolução dos elementos cimentantes de solos e rochas sedimentares e desenvolvimento de uma malha de microfaturas. Este fato pode ser atestado em Guidicini e Nieble (1984).

A presença de estruturas geológicas favoráveis a movimentação em massa é resultado da presença de planos de fraturas sub-verticais e mergulho de foliações e bandamentos para fora da encosta. De origem natural, elas podem funcionar como planos de deslizamento.

Fraturas e falhas representam importantes discontinuidades, sendo que a direção e o mergulho das fraturas, quando sub-verticais, tendem a gerar movimentos de blocos pela ação da gravidade (CASTRO, 2017). Essa se mostra como uma das possíveis causas do evento no local visto que no perfil verifica-se a presença de estruturas que mergulham para fora do perfil. Essas discontinuidades têm sua origem relacionadas a processos geológicos internos ou por alívio de tensão, originada pela expansão da rocha em direção a superfície pela redução da pressão confinante após soerguimento e/ou erosão das camadas sobrejacentes. Em rochas metamórficas, orientação da foliação e/ou bandamento mergulhando para fora da encosta constituem situações favoráveis a escorregamentos (FERNANDES; AMARAL, 2011). Esses planos estruturais estão presentes no maciço saprolítico analisado e funcionaram como plano de deslizamento para o movimento de massa, sendo um dos fatores que condicionou a movimentação, característico dos terrenos cristalinos do Domínio Tropical Atlântico. Outra causa de movimentos de massa compreende a perturbações geológicas, como é o caso de eventos dinâmicos naturais como a ocorrência de a ocorrência de microssismos.

As perturbações hídricas são causadas por pluviosidade intensa, ação de corpos hídricos e aumento da pressão hidrostática. A ação de corpos hídricos compreende a perturbações causados ao solo por ações naturais de rios, mar, gelo, entre outros. Como



exemplo pode ser citado a ação do mar sob encostas do continente, gerando a formação de falésias.

Outra causa abrange as provocadas essencialmente por ações humanas, são eles: explosões, tráfego pesado, construção civil, ocupação irregular e cortes nas encostas.

De acordo com Effgen (2015) a ação antrópica se estabelece no sentido de provocar ou agravar e acelerar os condicionantes naturais de áreas já sujeitas a esses eventos. Neste sentido a ação humana provoca diversas situações que favorecem a ocorrência de movimentos de massa, como cortes para implantação de moradias e de estradas, que provoca mudanças na Geomorfologia; tráfego pesado e explosões, que podem transmitir vibrações ao substrato, podendo resultar em instabilidade geológica. No caso deste perfil, e foi feito um corte da encosta para implantação de estradas, havendo intensa movimentação do tráfego.

A ausência da vegetação é uma causa dos movimentos de massa pelo fato de que a vegetação é uma proteção natural contra o escoamento superficial intenso e a excessiva infiltração de água. A causa desse processo pode ser natural, em casos de queimadas naturais por exemplo ou antrópica, por desmatamento ou queimadas antrópicas, estas causadas por fatores econômicos ou atos irresponsáveis.

Segundo Bigarella (2007) as florestas controlam o escoamento superficial e a infiltração de água no manto de intemperismo, diminuindo a penetração excessiva da água no subsolo. Sua ausência causa maior facilidade de infiltração da água, o que provoca uma perturbação do balanço hídrico do subsolo.

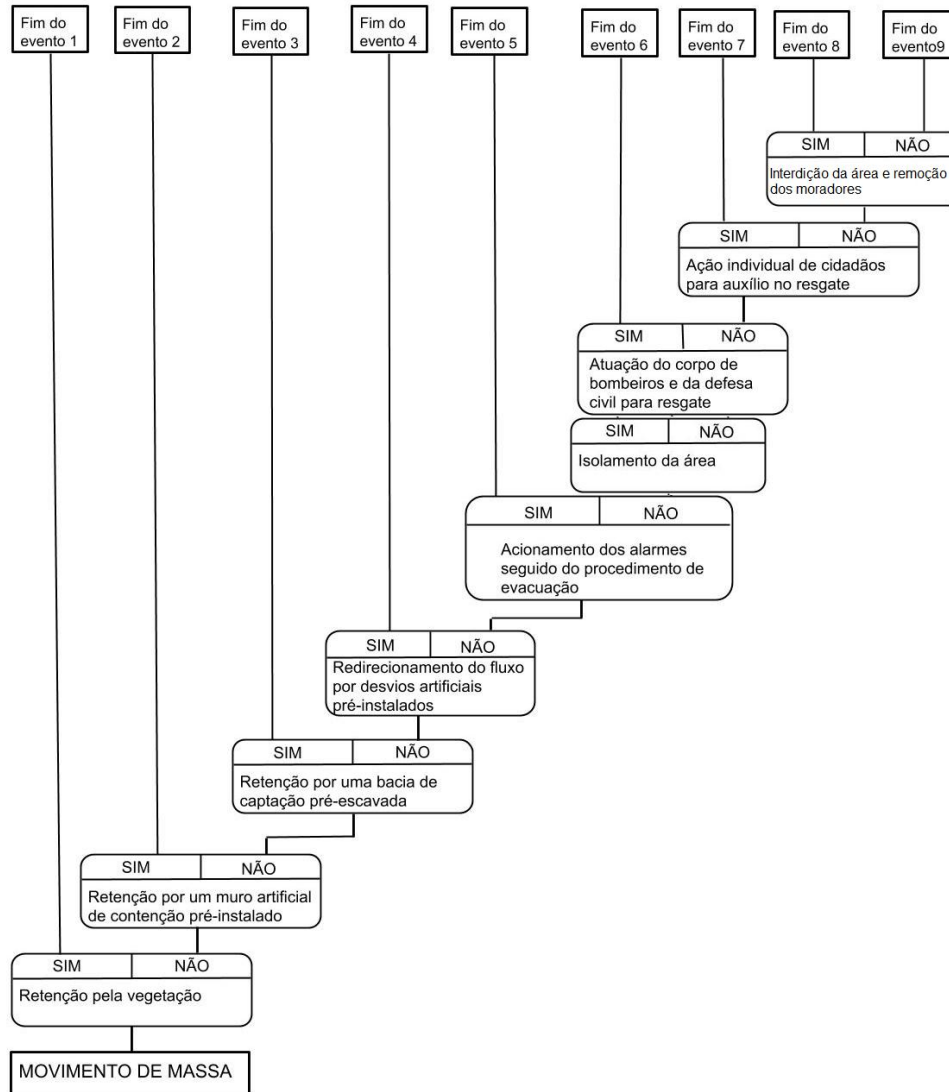
A ação da gravidade está associada aos outros eventos de base através do símbolo “ocorrência simultânea dos eventos” por ser a força que atua sob os sedimentos, atraindo-os para as áreas mais baixas e provocando o movimento de massa. É inerente a outras causas pois não haveria deslocamento coletivo de massa se não houvesse a atuação da força da gravidade, por isso o evento ocorre como resultado da atuação da força gravitacional isoladamente ou associada a outras causas, já descritas anteriormente neste trabalho.

#### *Análise de risco usando o método Causa e Consequência (Cause Consequence Analysis CCA)*

O método de análise de Causa e Consequência (CCA) visa propor barreiras para determinado evento buscando mitigar as consequências do episódio no momento em que ele está acontecendo. Como prevenção, nos casos de movimentação em massa, o ideal é que mapeamentos de risco sejam produzidos e utilizados para definir áreas apropriadas ou não para a ocupação. No entanto, muito se vê a ocupação em áreas consideradas de alto risco que podem ser afetadas com o evento. Para estes casos algumas medidas podem ser pensadas para

reduzir os possíveis danos de um movimento de massa no exato momento do evento, caso este venha a acontecer, essas medidas estão expostas na figura 57 e serão detalhadas a seguir.

Figura 57 – Análise de Causa e Consequência do evento movimento de massa



Fonte: Própria Autora

Identificaram-se 9 barreiras possíveis para o evento “Movimento de Massa”, que determinam também 9 finais de eventos possíveis, sendo o final do evento 1 o que causa menores danos e a medida que vai se aproximando do evento 9 os danos ficam maiores.

A primeira barreira é retenção do material pela vegetação. A vegetação, além de ser proteção natural contra escoamento e a infiltração excessiva de água pode ser capaz de funcionar como uma barreira natural do material que está sendo movimentado. Dependendo do tipo de movimento de massa e da quantidade do material esta barreira pode ser apropriada.

A segunda barreira é proposta e será utilizada caso a primeira não determine com eficiência o fim do evento. Esta compreende de uma retenção do material em movimentação por um muro de contenção, que funciona como uma barreira artificial. Para que isso ocorra o muro de contenção deve estar instalado previamente.

A terceira barreira é a retenção do material por uma bacia de captação pré-escavada. A ideia é que uma grande bacia escavada na direção do fluxo receba o material que terá rapidamente sua energia dissipada e sua carga depositada no momento da ocorrência do evento. Para tal, assim como a segunda barreira, esta deve ser projetada e instalada previamente para funcionamento no momento da eventualidade.

Caso essa barreira também não funcione uma quarta barreira proposta é o redirecionamento do fluxo por desvios artificiais pré-instalados. Com esta medida o material escorregado pode ter sua linha de fluxo desviado de áreas ocupadas para áreas sem ocupação.

Com isso a quinta barreira sugerida é o acionamento dos alarmes para início da evacuação individual ou do resgate do corpo de bombeiros e da defesa civil. Se o acionamento dos alarmes não ocorrer deve-se haver isolamento da área por parte do corpo de bombeiros, a sexta medida, juntamente com a sétima, a ação do corpo de bombeiros e da defesa civil. Caso os órgãos responsáveis pelo resgate não realizem a ação de forma eficiente a oitava barreira proposta é o resgate individual das vítimas feita por cidadãos comuns.

A nona barreira é a interdição do local e remoção dos moradores, considerando que o evento passou por todas barreiras e ainda não teve seu fim, o isolamento completo da área é necessário para garantir que não há mais nenhuma vítima em risco e que possíveis novos movimentos de massa não façam mais vítimas.

Conhecendo os materiais que são produtos do processo intempérico, importantes componentes da estrutura superficial da paisagem, é possível a outros ramos da ciência e fornecer dados para setores com maior aplicabilidade. Todas as propriedades analisadas influem de alguma forma na sociedade, podendo ter influência negativa ou positiva. Entender as características e os processos envolvidos é uma forma de ressaltar as influências positivas e abrandar as negativas, como é o caso do evento movimento de massa envolvendo ou tendo como substrato o material saprolítico.

#### *Considerações sobre o quadro físico da cidade*

Os pontos estão inseridos onde o mapa de declividade (figura 9 do capítulo 5) mostram declividades elevadas e isso acontece também com os ângulos de mergulho dos planos medidos, que registra grande número de ângulos de 40° e até maiores.

Mesmo estando em zonas de declividades parecidas, há diferenças de declividades, o que confere aos diferentes setores das encostas diferentes distribuições de água, e, conseqüentemente, diferentes tipos e intensidades de intemperismo e erosão. Nota-se, maior alteração nos perfis dos bairros Filgueiras, Santa Cecília e Borboleta, bairros estes que, dentre os estudados, apresentam menores declividades. No bairro Grama, onde a alteração também foi considerada elevada outros fatores influenciaram nessa alteração.

Os pontos estão inseridos onde registram-se (figura 10), Latossolo Amarelo, Latossolo Vermelho-amarelo ou Cambissolo. Os pontos do bairro Manoel Honório estão inseridos onde pode haver essas mesma tipologias, incluindo-se o Latossolo Vermelho. Apesar de estar aparentemente próximo do Rio Paraibuna os pontos desse bairro não estão em contato com nenhum curso de água e não estão inseridos em nenhuma planície fluvial e portanto, não tendem a registrar gleissolos. Da mesma forma, os outros pontos não apresentam influência hídrica, estando próximas de nascentes (figura 11), mas não sendo influenciadas por elas.

Os pontos onde haviam cicatrizes de movimentos de massa estão localizados onde a figura 12 indica ocupação urbana. Isso chama a atenção para a necessidade de intervir nos locais onde há risco para a população a movimento de massa envolvendo esse material. Já no ponto onde há registro de grande carga sedimentar erodida é substrato de Floresta Estacional Semidecidual, o que sugere intervenção no sentido de impedir que a erosão prejudique os remanescentes florestais existentes nesta área.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos pontos de estudo, a primeira vista nota-se que há grande variedade diagnóstica nas propriedades cor, textura, consistência, mineralogia, dureza e grau de alteração.

A respeito da rocha de origem, observa-se dois grandes grupos com características bem diferentes entre eles, sendo a textura a principal característica que demonstra essa divisão. Em um grupo predomina material mais arenoso e com a presença bastante marcante de minerais primários mais resistentes como o quartzo. No outro grupo tem-se a predominância de material mais argiloso e minerais secundários.

Os movimentos de massa são resultado de processos naturais da dinâmica terrestre; no entanto a ação humana aparece com destaque como possível causa inicial de vários eventos de base encontrados, além das causas naturais. Este evento pode ser condicionado por diversos fenômenos da natureza de ordem geológica, geomorfológica e climatológica, mas podem ser causados ou agravados por ações antrópicas. No caso da análise realizada, as estruturas geológicas favoráveis a movimentação em massa aparecem como uma das causas desse evento. Dependendo do grau de alteração, há muitas propriedades herdadas das rochas no manto de intemperismo, muito encontradas no saprolito. No perfil estudado a presença de planos e lineamentos mergulhando para fora do perfil foi definitiva para a movimentação em massa.

Apesar do movimento de massa poder ser um evento natural, é um evento indesejável e traz malefícios econômicos e sociais a população. Portanto a possibilidade deste evento ocorrer deve ser considerada um risco. A análise de risco a movimento de massa pelos métodos da Árvore de Falhas e Causa e Consequência facilita a visualização das possíveis causas deste evento e pode auxiliar na atuação do poder público e possibilita a proposição de medidas de segurança contra as possíveis consequências caso o evento aconteça.

O material estudado desempenha papel importante no contexto geral da paisagem, funcionando como material de origem para os solos, base de grande parte da superfície por onde se instalam edificações. Deve ser bem conhecido para ser bem utilizado, sem oferecer riscos a população, como pode acontecer em alguns casos onde favorece a ocorrência de movimento de massa ou a erosão.

A rocha de origem é um importante fator de caracterização de materiais intemperizados. O material saprolítico resultante do intemperismo de quartzitos detém

propriedades particulares e demandam diferentes métodos de análises de outros tipos de rocha, como de Gnaisses presentes na região.

Mesmo estando no domínio Tropical Atlântico, onde os pacotes intempéricos são bastantes espessos e mineralizados, pode haver saprolitos com graus de alteração elevados, mas com predomínio de minerais primários, não pedogeneizados.

A carga sedimentar de textura arenosa é facilmente mobilizada, através da erosão e movimentos de massa, sendo um fator importante a ser considerado e não indicado para a implantação de quaisquer atividades.

A análise física, macro e microscópica, e mineralógica são técnicas importantes e auxiliam na caracterização de materiais de intemperismo.

A cor do material é variável entre e intra amostras, e é dependente de cada mineral constituinte. A cor do produto de alteração tende a se homogeneizar a medida que o material se intemperiza, mas mantém uma variação agrupada em minerais de diferentes resistências, até a completa alteração.

A textura está diretamente ligada aos minerais constituintes e seus tamanhos, que por sua vez, são dependentes de seus graus de alteração. A consistência é dependente da resistência dos minerais constituintes e da alteração do perfil, podendo ser variável de acordo com o grau de alteração, sendo que quanto mais alterado mais macio.

As rochas de origem identificadas foram o quartzito e o gnaisse. Em duas amostras não foi possível a identificação, pois o material se encontra em um grau de alteração alto e o litotipo indicado no mapa não condiz com a mineralogia encontrada.

Os principais minerais encontrados nos perfis estudados foram quartzo, biotita, muscovita e caulinita. Nota-se que quanto maior a porcentagem de argila, menor a consistência e maior o grau de alteração. A presença de caulinita foi constatada onde consta que o material de origem é o gnaisse e ausente onde o material de origem é o quartzito.

Apesar de ser constituído predominantemente por quartzo, um mineral resistente ao intemperismo, a amostra que provém da alteração de quartzito apresenta alto grau de alteração. O quartzo está bem preservado, mas o perfil se encontra num estado de alteração elevada. Isso mostra que a presença de minerais primários mais resistentes não impedem a alteração do perfil. A presença de minerais mais resistentes tende a dificultar o processo de pedogênese, resultando em perfis mais arenosos, com poucos minerais de argila e sem a presença de atividade biológica. Nos perfis em que predomina o quartzo, apesar da presença desse mineral, o grau de alteração é elevado.

Os diferentes produtos do intemperismo possuem distintos usos e causam diferentes riscos para a sociedade. No caso dos perfis estudados no presente trabalho, algumas características herdadas dos materiais originários gnáissicos foram primordiais para a ocorrência do movimento de massa em três perfis. No caso dos produtos do intemperismo de rochas quartzíticas, a erosão aparece como principal fator de degradação. Ao mesmo tempo, a grande carga sedimentar gerada nestes perfis de origem quartzíticas funcionam como base para exploração de material para construção civil e outras atividades.

Como foi visto, no âmbito dos estudos de risco ambientais, a incorporação de dados mais precisos sobre o material intempérico pode auxiliar na previsão de risco a eventos naturais envolvendo esse material. Isso pode ocorrer na alimentação de modelos de previsão de movimentos de massa, acompanhamento de processos de erosão e outros eventos que ocorrem envolvendo esse material.

Na Geografia, pode trazer contribuições no âmbito do estudo da paisagem, tendo como objeto trabalhado a frente mais profunda de intemperismo, de forma vertical e horizontal e na organização espacial do material. A Geologia, que muitas vezes não tem como principal objeto de estudo todo o perfil, enfatizando na maior parte das vezes o estudo das rochas, poderá se estender também aos produtos do intemperismo destas. O estabelecimento de classificação dos solos apresentou um grande passo nos estudos da Pedologia e essa categorização pode também ser um grande passo quando realizado no material saprolítico, especificamente.

Na Agronomia o entendimento de todo o perfil intempérico, bem como dos processos existentes poderá ser melhor apurado, não se limitando somente ao solum, o que pode auxiliar na implantação e no aprimoramento de técnicas agrícolas, no manejo correto do solo entre outras competências. Em setores como o Planejamento Ambiental e o Planejamento Urbano, propriedades de materiais intempéricos ainda não totalmente conhecidos poderão ser cada vez mais incorporados nas elaborações de programas e planejamentos.

Em campos como a Geotecnia e a Engenharia Civil o processo de alteração das rochas é um dos mais complexos problemas enfrentados ao construir sobre esse tipo de material. Todas as rochas são passíveis de sofrer transformações, que podem resultar em comportamentos indesejados para a sociedade.

Sugere-se realizar e ampliar estudos como esse na região para investigação de encostas, tendo como base, por exemplo, eventos pretéritos de movimento de massa, erosão e outros eventos, a geologia local, o posicionamento geográfico em função de alinhamentos estruturais regionais e categorização em termos de declividade. As análises físicas e

mineralógicas devem ser complementadas com análises químicas para quantificação de grau de intemperismo. A realização de estudos geofísicos nas encostas selecionadas podem ser feitas para definição da profundidade do topo rochoso, atestadas através de aferições por sondagens.

As medidas de planos estruturais com identificação da direção e sentido de mergulho são medidas relevantes e que atestam parte do quadro geológico local e apresentam desdobramentos na sociedade. Tais medidas são fundamentais pois são indicativas de como planos de fraqueza ou de contrastes de permeabilidade ocorrem no perfil, podendo subsidiar avaliações de riscos locais quanto ou regionais.

A partir de estudos como o proposto, além dos ramos já citados muitas outras ciências podem ser auxiliadas. Trabalhos como esse podem oferecer informações de diversas naturezas, fornecendo características físicas, químicas, mineralógicas e estruturais dos perfis de intemperismo.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. **Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo**. Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, São Paulo, n. 219, 1957. (Geografia, 12). Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1956.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005. 159p.
- AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Resende, 2007. 147 p.
- ASSIS, D. C.; OLIVEIRA, D. E. ; FERREIRA, C. C. M. . Levantamento das Áreas Vegetadas para a Análise da Temperatura do ar: Um Estudo de Caso dos Bairros Benfica e Centro, Juiz de Fora, MG. In: **XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Dinâmicas SocioAmbientais, das inter-relações às interdependências**, v. 01. p. 01-14. Dourados - MS: IFG-UFGD, 2011
- AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Rio de Janeiro). **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul**. Resende, 2007. 147 p.
- ALVARENGA, M. S.. **Risco e vulnerabilidade: razões e implicações para o uso na política nacional de assistência social**. 2012. 128 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Política Social, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/6497/1/Mirella%20Souza%20Alvarenga.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2019.
- ASSIS, D. C.; OLIVEIRA, D. E.; M. **Levantamento das Áreas Vegetadas para a Análise da Temperatura do ar: Um Estudo de Caso dos Bairros Benfica e Centro, Juiz de Fora, MG**. In: XIV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Dinâmicas SocioAmbientais, das inter-relações às interdependências, v. 01. p. 01-14. Dourados - MS: IFG-UFGD, 2011.
- BANDO, F. M.; MARQUES, J. M.; PATIAS, J. **Análise probabilística de árvore de falhas na gestão de segurança de barragens – Bloco D38 da barragem de Itaipu**. In: XXVI Seminário Nacional de Grandes Barragens. Foz do Iguaçu, PR, 2015.
- BARTON, N.; LIEN, R.; LUNDE, J. Engineering classification of rock masses for the desing of tunnel support. **Rock Mechanics**, vol. 6(4), 189 - 236 1974. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/226039636\\_Engineering\\_Classification\\_of\\_Rock\\_Masses\\_for\\_the\\_Design\\_of\\_Tunnel\\_Support](https://www.researchgate.net/publication/226039636_Engineering_Classification_of_Rock_Masses_for_the_Design_of_Tunnel_Support)>. Acesso em dez de 2018.
- BARROS, O. N. F. **Pequena história pedológica**. Londrina: Geografia, v. 6, n. 1, 1991. p. 108 - 124.
- BECKHOFF, B.; KANNGIEBER, B.; LANGHOOF, N.; WEDELL, R.; WOLFF, H. **Handbook of Practical X-Ray Fluorescence Analysis**. 1 ed. Berlin-London: Springer, 2006

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia física global: Esboço metodológico**. Curitiba: Revista Ra'e Ga, n. 8, 2004. p. 141-152.

BIGARELLA, J; BECKER, R D; SANTOS, G F; PASSOS, E; SUGUIO, Kenitiro. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Volume 1. Florianópolis: editora da UFSC, 1994. 425 p.

BLOOM, A. L.. **Superfície da Terra**. São Paulo: Edgard Blucher, 1970. 184 p.

BOULET, R.. **Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta: équilibre et déséquilibre pédobioclimatique**. Paris: Th. Sci. Nat.: Université Louis Pasteur. Strasbourg, 1978, 272 p.  
BRITO A. T. A. Estudo Químico e Mineralógico de um Perfil de Alteração de Gnaiss Migmatítico do Campo Experimental da PUC-RJ, Gávea, Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado), PUC-Rio – Rio de Janeiro, RJ, 1981.

BRANT, F. de A. C. **Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas de um perfil de solo residual basáltico localizado em um corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins**. Dissertação de Mestrado (em Engenharia Civil) PUC-RIO, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/6679/6679\\_3.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/6679/6679_3.PDF)>. Acesso em Dez de 2018

CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: IAC, 1986. 94 p. (Boletim Técnico, 106).

CAMPANILI, M. e SCHAFFER, W. B de (org.). **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental**. Série Biodiversidade, 35. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa. MMA: Brasília, 2010. 408 p.

CAMPANILI, M. e SCHAFFER, W. B de (org.). **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente. Série Biodiversidade, 34. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Núcleo Mata Atlântica e Pampa. MMA: Brasília, 2010. 408 p.

CAMPOS, L. E. P. **Influência da Sucção na Estabilidade de Taludes Naturais em Solos Residuais**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil), Rio de Janeiro, 1984. Disponível em <[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca\\_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=9190@1](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/Busca_etds.php?strSecao=resultado&nrSeq=9190@1)>. Acesso em Dez de 2018.

CARNEIRO, R. Slash and burn agriculture: a closer look at its implications for settlement patterns. In: **Men and cultures**, A. F. C. Wallace (Ed.). Selected Papers of 5th Int. Cong. Anthr. And Ethn. Sciences.1961.

CASTRO, S.S. **Sistemas de transformação pedológica em Marília: B latossólicos e B texturais**. Tese (Doutorado em Geografia). USP, Departamento de Geografia, São Paulo, 1989. p. 286.

CERRI, L.E.S.; AMARAL, C.P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. 586 p.

CERRI, L. E. S. **Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para a prevenção de acidentes**. Tese (doutorado em Geociências). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1993.

CPRM. Serviço geológico do Brasil. GeoSGB – **Visualizador de mapas GIS**. Disponível em <<http://geowebapp.cprm.gov.br/ViewerWEB/>>.

COLOMBO, A. V.; CORREIA, A. A.. In “**Cavernas da Babilônia**” **narrativas e intervenções: vestígios funerários pré-coloniais na microrregião de Juiz de Fora**. Cadernos do Lepaarq (UFPEL): Vol. XI, nº21, p.194-207, 2014.

CONTI, J. B. **O meio ambiente tropical**. In Geografia, v. 14, n. 18, Rio Claro, 1989, p. 69-79.

COSTA, D. G. da. **Caracterização de solos tropicais com diferentes texturas para estudos de volatilização do herbicida 2,4-D**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). PUC-Rio Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2015.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Radam-D**. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Sensoriamento-Remoto-e-Geofisica/RADAM-D-628.html>>. Acesso em dez de 2018.

DEDAVID, B. A.; GOMES, Carmem Isse; MACHADO, Giovana. **Microscopia Eletrônica de Varredura- Aplicações e preparação de amostras**. v. 1. 1. ed. Porto Alegre: EDUPUCRS, 2007. 60p.

DEERE, D.U., PATTON, F.D. **Slope stability in residual soils**. Proc. 4th Panamerican Conf., Soil Mech. Vol, Porto Rico. 1, 1971, p. 87 – 170.

DOLINAR, B., SKRABL, S. Atterberg limits in relation to other properties of fine-grained soils in **Acta Geotechnica Slovenica** p 5-13. Maribor, 2013. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/262024785\\_Atterberg\\_limits\\_in\\_relation\\_to\\_other\\_properties\\_of\\_fine-grained\\_soils](https://www.researchgate.net/publication/262024785_Atterberg_limits_in_relation_to_other_properties_of_fine-grained_soils)> Acesso em Jan de 2019.

DUARTE, B. P. **Evolução tectônica dos Ortognaisses dos complexos Juiz de Fora e Mantiqueira na região de Juiz de Fora, MG: Geologia, Petrologia e Geoquímica**. Tese de Doutorado (em Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998

DUARTE, B. P.; HEILBRON, M.; NOGUEIRA, J. R.; TUPINAMBÁ, M.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. C. H. de; ALMEIDA, C. G.; PRADO, J. A. Da S.; SUCENA, M. M.; SOARES, A. C. P. **Mapa Geológico – Folha de Juiz de Fora**. 1:100000. 2003

EDUARDO, C. C. **Cartografia geomorfológica comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/6764>>. Acesso em junho de 2019

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2º ed. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Brasília, 2006, 306 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

ESPINDOLA, C.R. **A Pedologia e a evolução das paisagens**. In Revista do Instituto Geológico n 31. São Paulo, 2010, 67-92.

ESPÓSITO, C. C. et al. **Estrutura de rochas metassedimentares e vulnerabilidade aos movimentos de massa da Bacia do Córrego do Cercadinho, Belo Horizonte - MG**. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia e III Encontro Latino-Americano de Geomorfologia, Recife, v. 1, p. 15-25, 20. /ago. 2017.

FANIRAN, A; JEJE, L. K. **Humid tropical geomorphology**. Great Britain: Pitman Press, 1983. 414p.

FARIA, D. G. M. **Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP)**. 2011. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011. Disponível em <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-08122011-110908/pt-br.php>>. Acesso em: Maio de 2018.

FERNANDES BARROS, O., N. **Análise estrutural e cartografia detalhada de solos em Marília, SP: ensaio metodológico**. Dissertação (Mestrado em) São Paulo, USP, Departamento de Geografia, 1985, 146 p.

FRAZÃO, E. B. **Alteração de rochas como critério de seleção de agregados**. Associação brasileira de Geologia de engenharia e ambiental. São Paulo, 2012. 123 p.

GARCIA, P. O. **Estrutura e composição do estrato arbóreo em diferentes trechos da Reserva Biológica Municipal Santa Cândida, Juiz de Fora, MG**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF, 2007.

GEORGE, Pierre; GUGLIELMO, Raymond; LACOSTE, Yves; KAYSE, Bernard. **A Geografia Ativa**. Trad. Gil Toledo; Manuel Seabra; Nelson de la Corte, Vincenzo Bochicchio.4.ed. São Paulo: DIFEL, 1975.

GUERRA, A. R. **Saprolitos na região Sudeste do Brasil: morfologia, classificação e evolução física-geoquímica-mineralógica**. Tese de Doutorado (em Ciências - Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2015

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1984.194 p.

HIGHLAND, L.M. e BOBROWSKY, P. **The landslide handbook – A guide to understanding landslide**. Geological Survey Circular: Reston, Virginia, U.S, 2008, 129p.

HEILBRON, M.; C; de; TUPINAMBÁ, M. **A Megassinforma do Paraíba do Sul e sua implicação na compartimentação tectônica do setor central da Faixa Ribeira.** In: II Simpósio de Geologia do Sudeste, 1991, São Paulo. Resumos Expandidos, 1991. p. 519-526.

HEILBRON, M.; C. VALERIANO, C.; MACHADO, N. **A Orogênese Brasileira no Segmento Central da Faixa Ribeira, Brasil.** The Advance-Progress (Vidalia), v. 25, n.4, p. 32-50, 1995.

HUNT, C.B. **Geology of Soils – Their evolution, classification, and uses.** San Francisco: W. H. Freeman na Company, 1972. 344 p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades.** Brasil, Minas Gerais, Juiz de Fora. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/juiz-de-fora/panorama>>. Acesso em maio de 2019

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências nº1 - Manual Técnico da Vegetação Brasileira.** 2º edição. Rio de Janeiro, 2012. 274 p.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências nº4 – Manual Técnico em Pedologia.** 3º edição. Rio de Janeiro, 2015. 430 p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases e referenciais.** Disponível em <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas.html>>. Acesso em 2020.

IGAM, INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Monitoramento da qualidade das águas superficiais no estado de minas gerais.** Relatório trimestral de 2011. 2011. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/>>. Acesso em: mai. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados Pluviométricos entre os anos 2009 e 2018.** Disponível em: <<Http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em abr de 2019.

IPPLAN, Instituto de Pesquisa e Planejamento. **Estudo de Avaliação da Mata do Krambeck.** Juiz de Fora: Instituto de Pesquisas e Planejamento, 1989.

IPPLAN, Instituto de Pesquisa e Planejamento. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora.** Juiz de Fora: IPPLAN, 1996.

JENKINS, R.; SNYDER, R. L. Introduction to X-Ray Powder Diffractometry. In **Chemical Analysis.** New York: John Wiley & sons, v.138, 1996. 403 p

JESUS, G. J. C. de. **Gerenciamento de riscos na construção civil: saúde e segurança do trabalhador.** Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01, 2015.

KEATON R.J. e ECKHOFF, D.W. **Value Engineering Approach to Geologic Hazard Risk Management.** Transportation Research Record, 1989.1288 p.

- KÖPPEN, W. **Roteiro para classificação climática**. [S.l.: s.n.]. Mimeog, 1970. 6 p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. **Geologia geral**. 10 ed. São Paulo: Nacional, 1987. 397 p.
- LEMOS, R. C. de; SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 5º edição, Viçosa. 2005
- LEPSCH, I.F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LICHT, O. A. B. **A geoquímica multielementar na gestão ambiental - identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná**. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná - UFPR. Curitiba, 2001. Disponível em <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao\\_territorial/Geologia\\_medica/teseotavio.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/Geologia_medica/teseotavio.pdf)> . Acesso em Dez 2018.
- MALINOWSKA, E.; E SZUMACHER, I. Application of the catena concept in studies of landscape system dynamic. In **Miscellanea Geographica**. Vol. 17, n. 4.. 2013. pp. 42-49. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/271311884\\_Application\\_of\\_the\\_catena\\_concept\\_in\\_studies\\_of\\_landscape\\_system\\_dynamics](https://www.researchgate.net/publication/271311884_Application_of_the_catena_concept_in_studies_of_landscape_system_dynamics)>. Acesso em abril de 2019.
- MANHÃES, M. A.; RIBEIRO, A.L. Avifauna da Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta, Juiz de Fora, MG. **Biota Neotropica** (Edição em Português. Online), v. 11, p. 275-286, 2011.
- MANNHEIMER W.A; SCHMIDT P.F.; VANDER VOORT G.F.; WILLIAMS D.B; **Microscopia dos Materiais: Uma Introdução**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Microscopia, 221p., 2002.
- MARQUES NETO, R. **Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física**. Caminhos da Geografia (UFU. Online), v. 9, p. 243-255, 2008
- MARAFON, G. J.; RIBEIRO, M. A. (org.). **Revisando o território fluminense**. EdUERJ, Rio de Janeiro, 2017. 370.
- MARINHO, P.; ROCHA, G. C.; T. **Análise preliminar da evolução histórica de escorregamentos no município de Juiz de Fora e o papel das mídias**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física e Aplicada, 2015, Teresina - PI. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2015, 2015.
- MARTINS, E. de S.; CARVALHO JUNIOR, O. A. de; MELLO, G. de A.; REATTO, A.; MORAES, R. A. V. de; PIRES, A. C. B.; GUIMARÃES, R. F. **Mapeamento da superfície basal do manto de intemperismo pelo comportamento da resistividade elétrica do Distrito Federal**. In: Revista Brasileira de Geomorfologia. V.9, n2, p 15-28, 2008
- MAXIMIANO, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. In Revista Rae'Ga, Curitiba, 2004

MELTON, M. A. **Debris-covered hillslopes of the southern Arizona desert — consideration of their stability and sediment contribution** In. Jour. Geol., v. 73, no. 5. 1965 p. 715–729.

MELO JÚNIOR, A. S. **Análise quantitativa do material particulado na região de campinas através das técnicas de microfluorescência de raios-X e reflexão total usando radiação síncrotron**. Tese (Doutorado em Química) - Unicamp, Campinas, São Paulo, 2007.

MENEZES FILHO, A. P. de. **Aspectos Geológico-Geotécnicos de um Perfil de Alteração de Gnaisse Facoidal**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 1993. Disponível em <[http://www.civ.puc-rio.br/wp-content/view/pop\\_r.php?id=523](http://www.civ.puc-rio.br/wp-content/view/pop_r.php?id=523)>. Acesso em Jan de 2019.

MENEZES, S. O. **Identificação macroscópica de rochas**. Universidade Federal de Juiz de Fora – MG. 1999.

MILNE, G. **Normal erosion as a factor in soil profile development**. Nature, v. 26, p. 548-549, 1936.

MILNE, G. **Some suggested units of classification and mapping particularly for Eats African soils**. Soil Research, suppl. Proc. Int. Soc. Soil Sci. v. IV(3), p. 183-198, 1935.

MONTEIRO, M. K. S. **Obtenção e caracterização de bionanocompósitos de fécula de mandioca e argila bentonita organofilizada por mistura de tensoativos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Rio Grande do Norte, 2017

MOREIRA, R. Espaço. In **GEOgraphia**. Vol.19, N° 41, p. 129-130, Niterói, set./dez 2017.

MUNSELL COLOR COMPANY. **Munsell soil color charts**. Baltimore, 1946.

NAMOWITZ, S. **Earth Science**. Editora MCDUGAL LITTEL. 2005, 800 p.

OLLIER, C. D. Some features of granite weathering in Australia. **Zeitschrift Für Geomorphologie**. vol. 9. 1965 p. 285-304.

OLLIER, C. D. **Weathering**. London: Longman Group Limited, 1975. 304 p.

OLIVEIRA, A. **Fragilidade ambiental no setor Norte do município de Juiz de Fora (MG): subsídios da Geomorfologia ao planejamento urbano**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 2016.

OLIVEIRA, E. A. de. **Confiabilidade metrológica na determinação de espécies químicas em materiais siderúrgicos por espectrometria de fluorescência de raios-X**. Dissertação (mestrado em Metrologia). PUC- Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 2011.

OLIVEIRA FILHO, A.T. de & FONTES, M.A. **Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forest in Southeastern Brazil and the influence of climate**. Biotropica, V.32, n, 4b, p. 793-810. 2000

OLIVEIRA, L. C. D. de. **Análise quantitativa de risco de movimentos de massa com emprego de estatística Bayesiana**. 2004. 540f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

OLIVEIRA, R. Engenharia de Geologia - **Descontinuidade**. Disponível em <[http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap\\_4\\_GE.pdf](http://paginas.fe.up.pt/~geng/ge/apontamentos/Cap_4_GE.pdf)>. Acesso em: junho de 2017  
PJF. Plano de Saneamento Básico de Juiz de Fora. Prefeitura de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.

PJF – Prefeitura de Juiz de Fora. **Secretaria de Planejamento, setor de Geoprocessamento** (Arquivos de gabinete). Juiz de Fora, 2017.

PRESS, F. SIEVER, R., GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 6 ed. **Porto Alegre: Bookman, 2013. 656 p.**

QUEIROZ NETO, J. P. **Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa**. Revista do Departamento de Geografia, p. 77-90, 2002.

QUEIROZ NETO, J. P. **O papel da pedogênese no modelado do relevo: busca de novos paradigmas**. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. Anais do VI Seminário Latino Americano de Geografia Física, 2010.

QUEIROZ NETO, J. P. de. **Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos**. In Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 12, p. 15-24, 2011.

RADAMBRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Levantamento dos Recursos Naturais - Folha SF 23/24**, Rio de Janeiro, v.32, p.780. (Escala 1:1000000). Rio de Janeiro / Vitória, 1983.

ROCHA, G. C. **Solos: Características gerais e contaminação** In ROCHA, G. C.; MACEDO, J. A. B. de. Contaminação de Solos – Características e Impactos. Juiz de Fora: UFJF, 2014. 139 p.

ROCHA, G. C. **Riscos Ambientais: Análise e Mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: UFJF, 2006. 127 p.

ROSE, A.W.; HAWKES, H.E.; WEBB, J.S. **Geochemistry in mineral exploration**. 2° ed. New York: Academic Press, 1979. 657 p.

RISSO, L C. **Paisagens e cultura: uma reflexão teórica a partir do estudo de uma comunidade indígena amazônica**. Espaço e cultura (UERJ), v. 23, p. 67-76, 2008.

RUPPENTHAL, J. E. **Gerenciamento de riscos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013.

SAADI, A.; BEZERRA, F. H. R.; COSTA, R. D.; IGREJA, H. L. S.; FRANZINELLI, E. (2005) **Neotectônica da Plataforma Brasileira**. In: SOUZA, C. R. G; SUGUIO, K; OLIVEIRA, A. M. S; OLIVEIRA, P. E. (Orgs). **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Holos: p. 211-234.



SÁ JÚNIOR, A de. **Aplicação da classificação de Koppen para o zoneamento climático do estado de Minas Gerais**. Dissertação (mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Lavras - UFLA. Lavras, 2009.

SCHAEFER, C. E. G. R.; MARQUES, A. F. S. E. M.; CAMPOS, J. C. F. . **Origens da Pedologia No Brasil: Resenha Histórica**. Geonomos, BELO HORIZONTE, v. V, n.1, p. 1-15, 1997

SCHIER, Raul Alfredo. **Trajetórias do Conceito de Paisagem na Geografia**. Ra'e ga, Curitiba, v. 7, n.7, p. 79-85, 2003.

SILVA, A. L. da. **Caracterização Mineralógica por Difração de Raios X e Determinação de Terras Raras por ICP-MS de Rochas da Região Sul da Bahia**. Dissertação de Mestrado (Ciências Técnicas Nucleares). Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG. Belo Horizonte, 2013

SILVA, C.C.; FERNANDES, D.A.A. de O. & CRISTÓVÃO, E.C. **Proposta de gerenciamento ambiental para o Jardim Botânico de Juiz de Fora– MG**. Monografia (Pós-graduação em Análise Ambiental). Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF, 2011.

SILVA, C. E. B. **Estudos Teóricos do Estado Excitado de Moléculas Orgânicas em Solvente**. Tese de doutorado em Física. Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2015.

SILVA, C. N. **Composição florística de um remanescente florestal do Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais e similaridade com a flora da Zona da Mata**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF, Juiz de Fora, MG, 2013. Disponível em <<http://www.ufjf.br/jardimbotanico/files/2016/10/Disserta%C3%A7%C3%A3o-Camila-Neves.pdf>>. Acesso em março de 2019.

SILVEIRA, E. L. D. **Paisagem: um conceito chave em Geografia**. In: EGAL- 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. EGAL2009, 2009.

STAFF, S. Soil survey manual in **Soil Conservation Service**. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. 1993.

STAICO, J. **A bacia do rio Paraibuna: a natureza**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 1976. 246 p.

STOOPS, G.; MARCELINO, V. e MEES, F. **Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths**. 2º edi. Elsevier Science: 2010. 772 p. Disponível em <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=AZSZDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Interpretation+of+Micromorphological+Features+of+Soils+and+Regoliths&ots=gKddrCzIS3&sig=JS4AtJ6yFV4dHCDH5EfkumCToA0#v=onepage&q=Interpretation%20of%20Micromorphological%20Features%20of%20Soils%20and%20Regoliths&f=false>>. Acesso em mai de 2019.

TARDY, Y. **Petrology of laterites and tropical soils**. London: Taylor e Francis. 1997, 408p.

TEIXEIRA, W.; FAIRCHILD, T. R.; TOLEDO, M. C. M. de; F. TAIOLI. **Decifrando a Terra**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 557 p.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 460 p.

TOLEDO, M. C. M. de. **Intemperismo e pedogênese**. In: Geologia [S.l: s.n.], 2014.

Disponível em

<[https://midia.atp.usp.br/impessos/lic/modulo02/Geologia\\_PLC0011/Geologia\\_top07.pdf](https://midia.atp.usp.br/impessos/lic/modulo02/Geologia_PLC0011/Geologia_top07.pdf)>.

Acesso e julho de 2017.

TORRES, F. T. P.; MARTINS, L. A. **Fatores que influenciam na concentração do material particulado inalável na cidade de Juiz de Fora, MG**. In Caminhos da Geografia (UFU. Online), Uberlândia, v. 16, p. 23-39, 2005.

P.; C.; RIBEIRO, G. A. **Geociências Aplicadas: diferentes abordagens**. -. ed. Ubá MG: Geographica, 2009. v. 01. -p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. 97 p.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-géographie**. Paris: ed. F. Maspero, 1979.

VARGAS, M. **Some engineering properties of residual caly solis occurring in Southern Brazil**. III International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland, vol. 1, pp. 67-71.

VICENTE, L. E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem sistêmica e Geografia in Geografia**. Rio Claro, v. 28, n. 3. p. 323-344, 2003.

## ANEXO

Tabela 8 – Pontos de estudo e resultados

PONTO	ESPESSURA	COR	TEXTURA	MINERALOGIA	DUREZA	ROCHA DE ORIGEM	GRAU DE ALTERAÇÃO
<b>BOR 1</b>	> 2,20 m	Amarelo-avermelhado	Argiloso	Tipo de argila não identificado	Macia	Biotita-Gnaiss	Muito Alterado
<b>BOR 7</b>	> 2, 20 m	Amarelo-avermelhado	Argila-siltosa	Tipo de Argila não identificado	Muito dura	A ser analisado	Moderadamente alterado
<b>BOR 8</b>	> 2, 20 m	Amarelo. Com pontos isolados de quartzo + minerais avermelhados. (Homogêneo)	Areno-argilosa	Quartzo, Tipo de argila não identificado	Muito Dura	Biotita-Gnaiss	Muito Alterado
<b>BOR 9</b>	> 2,20 m	Preto/ Branco	Franco-Siltosa	Quartzo, Biotita	Inquebrável	Biotita-Gnaiss	Fracamente Alterado
<b>BOR 11</b>	>1,58 m	Vermelho (homogêneo)	Argila-siltosa	Tipo de argila não identificado	Ligeiramente dura	Biotita-Gnaiss	Muito Alterado
<b>MIR 1</b>	> 1,8 m	Vermelho / Bruno avermelhado claro. Com pontos isolados em preto e branco. (Heterogêneo)	Arenosa	Quartzo, Biotita	Dura	Biotita-Gnaiss	Fracamente Alterado
<b>TEIX 1</b>	0,8 m	Vermelho / Bruno avermelhado escuro. (Heterogêneo)	Franco-siltosa (presença de concreções)	Quartzo, Óxidos (em vermelho)	Extremamente dura	Biotita-Gnaiss	Moderadamente alterado
<b>MAN.H 1</b>	> 5,0 m	Bruno/ Cinzento azulado	Argiloso	Biotita	Ligeiramente Solta	Biotita-Gnaiss	Moderadamente alterado
<b>MAN.H 2</b>	> 5,0 m	Bruno/ Cinzento azulado	Argiloso	Biotita	Dura	Biotita-Gnaiss	Moderadamente Alterado
<b>MAN.H 3</b>	> 5,0 m	Vermelho, amarelo claro acinzentado e Bruno	Argiloso	Biotita, Quartzo	Macia/ Solta	Biotita-Gnaiss	Muito Alterado
<b>MAN.H 7</b>	> 5,0 m	Bruno/ Amarelo/ Cinzento	Argilosa	Biotita, Quartzo	Dura	Biotita-Gnaiss	Muito Alterado
<b>SAN.C 4</b>	>3,30 m	Amarelo	Argilo-siltosa	Tipo de argila não identificado	Macia	Biotita-Gnaiss	Completamente alterado
<b>SAN.C 11</b>	>4,0 m	Amarelo/ Bruno Amarelado	Argilo-siltosa	Quartzo, Caulinita, musco	Ligeiramente dura	Biotita-Gnaiss	Moderadamente alterado
<b>DOM.B 1</b>	>2,51 m	Rosado/ Branco	Argilosa	Tipo de argila não identificado	Macia	Biotita-gnaiss	Muito Alterado

<b>DOM.B 2</b>	> 2,33 m	Branco/ Bruno/ Amarelo/ Preto	Franca	Quartzo/ Biotita/ Caulinita	Extremamente dura	Biotita- Gnaiss	Fracamente Alterado
<b>DOM.B 4</b>	>2,50 m	Amarelo	Argilo- siltoso	Tipo de argila não identificado	Macio	Biotita- Gnaiss	Muito Alterado
<b>GRAM 1</b>	>7,0 m	Rosado/Amarelo- Avermelhado/Cinzeno muito escuro/Branco	Arenosa	Quartzo, Biotita	Macia/Solta	Quartzito	Moderadamente Alterado
<b>GRAM 2</b>	>7,0 m	Amarelo- Avermelhado/Cinzeno muito escuro/ Branco	Arenosa	Quartzo, Biotita	Macia/Solta	Quartzito	Muito Alterado
<b>GRAM 3</b>	>7,0 m	Branco/ Cinzeno/ Amarelo	Arenosa	Quartzo	Macia	Quartzito	Moderadamente alterado
<b>GRAM 8</b>	>5,0 m	Rosado/Amarelo- Avermelhado/Cinzeno muito escuro/Branco	Arenosa	Quartzo, Biotita	Macia/Solta	Quartzito	Muito Alterado
<b>GRAM 13</b>	>5,0 m	Cinzeno-Rosado/ Amarelo	Franco Siltosa	Quartzo	Extremamente duro	Quartzito	Fracamente Alterado
<b>FIL 1</b>	>4,0m	Branco/ Cinzeno/ Rosado/ Amarelo	Arenosa	Quartzo/ Biotita	Macia	Quartzito	Moderadamente alterado
<b>FIL 4</b>	>4,0m	Amarelo/ Branco	Arenosa	Quartzo, Caulinita	Macia	Quartzito	Moderadamente Alterada
<b>FIL 6</b>	>5,0 m	Branco/ Cinzeno/ Rosado	Arenosa	Quartzo/ Biotita	Macia	Quartzito	Moderadamente alterado
<b>LIN 1</b>	>2,30 m	Branco	Arenosa	Quartzo	Muito dura	Quartzito	Fracamente alterado
<b>LIN 2</b>	>2,0 m	Branco/ Cinzeno	Arenosa na mica e no quartzo e Argilosa na Caulinita	Biotita, caulinita, quartzo	Variável	Não identificada	Completamente alterado na caulinita e fracamente alterado na mica e no quartzo

Fonte: Própria Autora