

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

INÊS MENEZES BARBOSA

JULIANA RIBEIRO GONÇALVES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO DE COLAPSO EM SOLOS TROPICAIS -
PARA UM PONTO NA REGIÃO NORTE DE ANÁPOLIS**

ANÁPOLIS / GO

2018

INÊS MENEZES BARBOSA
JULIANA RIBEIRO GONÇALVES DA SILVA

**ESTUDO DE CASO DE COLAPSO EM SOLOS TROPICAIS -
PARA UM PONTO NA REGIÃO NORTE DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA
BORGES**

ANÁPOLIS / GO: 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

BARBOSA, INÊS MENEZES/ DA SILVA, JULIANA RIBEIRO GONÇALVES

Estudo de colapso em solos tropicais – Para região de Anápolis

91P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - Uni Evangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Solos Tropicais

2. Solos colapsíveis

3. Solos no centro-oeste

4. Solos em Anápolis

I. ENC/UNI

II. Título (Série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Barbosa, Inês Menezes; Da Silva, Juliana Ribeiro Gonçalves. Estudo de colapso em solos tropicais – Para região de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, Uni Evangélica, Anápolis, GO, 91p. 2018.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Inês Menezes Barbosa

Juliana Ribeiro Gonçalves da Silva

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de colapso em solos tropicais – Para região de Anápolis

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2018

É concedida a Uni Evangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Inês Menezes Barbosa

E-mail: inesmenezes62@hotmail.com



Juliana Ribeiro Gonçalves da Silva

E-mail: julianargs@hotmail.com

**INÊS MENEZES BARBOSA
JULIANA RIBEIRO GONÇALVES DA SILVA**

**ESTUDO DE CASO DE COLAPSO EM SOLOS TROPICAIS -
PARA UM PONTO NA REGIÃO NORTE DE ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



**RODOLFO RODRIGUES DE SOUSA BORGES, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**RHOGÉRIO CORREIA DE SOUZA ARAÚJO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**FABRÍCIO NASCIMENTO SILVA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 07 de JUNHO de 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Agradeço pela coragem e fé dada, e por ser o motivo pelo qual nunca me deixei abater com os problemas do dia-a-dia, procurando sempre mais forças para continuar. Agradeço secundamente aos meus pais Irismar e Vaina pelo apoio e motivação nesta jornada de estudos, aos meus irmãos, orientador deste trabalho professor Rodolfo e amigos.

Dedico este ilustre trabalho a minha pequena filha Valentina por ser minha companheira de todos os dias a qual tenho um amor imenso.

Inês Menezes Barbosa

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo, por cada dificuldade, que se converteu em aprendizado, por ter conseguido concluir esse trabalho com êxito e aos demais que virão. Agradeço a, minha família e meus amigos pelo apoio.

Ao meu orientador Rodolfo, pela cumplicidade, e empenho, em me guiar e auxiliar.

Juliana Ribeiro Gonçalves da Silva

RESUMO

O trabalho trata-se de um estudo solo da região de Anápolis, tendo como a base um ponto específico da cidade, na região norte da cidade no Jardim Promissão. Visando analisar a capacidade colapso no solo da região. Este estudo foi feito primeiramente, por meio de revisão bibliográfica, baseando-se em livros e publicações científicas, para obter embasamento teórico. Já na segunda etapa do trabalho, foi feito um estudo *in loco*, com a coleta de amostra de indeformada, e testagem em laboratório, com testes de caracterização do solo e ensaio edométrico, para medir a possibilidade de colapso do objeto de estudo. E na terceira etapa foram feitas análises, dos resultados obtidos com a testagem, averiguando assim a possibilidade de colapso do solo, e seu padrão de comportamento, através de cálculos e parâmetros bibliográficos. Sendo que o colapso é um fenômeno decorrente, do combinado entre carga e o aumento do regime de saturação do solo. Através da pesquisa desenvolvida foi possível concluir, que o local em questão possui potencial de colapso.

Palavras chaves: colapso no solo, ensaio edométrico, Anápolis.

ABSTRACT

The work is one study about ground, in the region of Anápolis, having like example one specify point in the city, in the north of the city, in Jardim Promissão. Looking for analyzing the capacity of collapse in the place. This study was made first, with the bibliography review, basing in books and Scientifics publications, to get theoretical background. Already in the second stage of the study, an in situ study was carried out, with the sample collection of undisturbed, and laboratory testing, with soil characterization tests and edometric test, to measure the collapse possibility of the study object. And in the third stage, analyzes of the results obtained with the test were made, thus ascertaining the potential of the soil, and its behavior pattern, through calculations and bibliographic parameters. Since the collapse is a phenomenon due to the combined load and the increase of the soil saturation regime. Through the developed research it was possible to conclude that the site in question has potential for collapse.

Key words: collapse in the place, edometric test, Anápolis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Representação da Torre de Pisa em estado de colapso.....	18
Figura 2-Representação de colapso na barragem de Oroville.....	18
Figura 3- Representação do estado de tensões no solo.....	19
Figura 4-Gráfico de porcentagem dos componentes do solo	20
Figura 5-Mapa de solos de Goiás	23
Figura 6-Os horizontes do solo.....	26
Figura 7- Solo do centro-oeste.....	29
Figura 8-Tipos de solo encontrados no centro-oeste.....	30
Figura 9-Representação da saturação do solo.....	31
Figura 10- Latossolo amarelo	34
Figura 11-Latossolo vermelho.....	35
Figura 12- Latossolo vermelho-amarelo.....	36
Figura 13-acidez no solo.....	37
Figura 14-Foto referente à localização de coleta.....	39
Figura 15-Foto referente à profundidade de coleta.	40
Figura 16-Foto referente aos caixotes de coleta	41
Figura 17-Imagem referente à amostra lacrada	41
Figura 18-Imagem referente ao mapa geológico de Goiás.....	43
Figura 19-Imagem referente ao tipo de solo local.....	44
Figura 20-Massa pesada	46
Figura 21-Material grosso	47
Figura 22-Material fino	48
Figura 23-Massa da peneira de número 30 com 0,6 mm	48
Figura 24-Peneira de número 40	49
Figura 25-Peneira de número 50	49
Figura 26-Pesagem do material da peneira de número 100	50
Figura 27-Pesagem do material da peneira de número 200	50
Figura 28- Pesagem inicial da amostra na capsula	52
Figura 29- Amostra 1 com ranhura.....	53
Figura 30- Pesagem das partes que uniram na amostra 1	53
Figura 31- Pesagem após estufa	54
Figura 32- Amostra 2 com ranhura.....	54

Figura 33-Pesagem partes que se unem na ranhura da amostra 2	55
Figura 34-Pesagem após estufa da amostra 2	55
Figura 35- Ranhura amostra 3	56
Figura 36-Pesagem das partes que se unem na ranhura na amostra 3	56
Figura 37- Pesagem pós-estufa amostra 3	57
Figura 38- Ranhura amostra 4	57
Figura 39- Pesagem das partes que se uniram na ranhura na amostra 4	58
Figura 40- Pesagem pós-estufa da amostra 4	58
Figura 41- Ranhura da amostra 5	59
Figura 42- Pesagem das partes que se uniram na ranhura na amostra 5	59
Figura 43- Pesagem pós-estufa da amostra 5	60
Figura 44- Amostras na capsula inseridas na estufa.....	60
Figura 45-Gráfico de teor de umidade e número de golpes	61
Figura 46- Pesagem inicial da amostra.....	64
Figura 47-Pesagem da esfera.....	65
Figura 48- Primeira amostra de plasticidade	65
Figura 49-Pesagem antes de ir pra estufa	66
Figura 50- Pesagem amostra 1 após estufa.....	66
Figura 51-Amostra 2 de plasticidade.....	67
Figura 52-Pesagem amostra 2 antes da estufa	67
Figura 53- Pesagem amostra 2 após estufa.....	68
Figura 54- Amostra 3 de plasticidade.....	68
Figura 55-Pesagem amostra 3 antes da estufa	69
Figura 56- pesagem amostra 3 após estufa.....	69
Figura 57-Amostra indeformada sendo moldada.	72
Figura 58-Amostra no anel de adensamento	73
Figura 59-Prensa de adensamento	73
Figura 60-Gráfico de leitura de adensamento referente a todas as cargas aplicadas.....	75
Figura 61-Gráfico de curva de tensão e vs. Tensão efetiva.....	75
Figura 62-Gráfico de curva de tensão e/e_0 vs. Tensão efetiva.	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-Quadro de processos específicos de formação do solo	22
Quadro 2- Quadro comparativo entre os métodos de classificação do solo	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Classificação dos poros quanto ao tamanho.....	33
Tabela 2-Teste de granulometria	46
Tabela 3- Volume de água destilada referente ao número de golpes	52
Tabela 4- Valores obtidos no ensaio de liquidez.....	61
Tabela 5-Tabela de análise das amostras do teste de plasticidade	70
Tabela 6-Tabela de grau de plasticidade do solo conforme índice de plasticidade.....	70
Tabela 7-Tabela de índice de consistência do solo.....	71
Tabela 8-Tabela de leitura de adensamento	74
Tabela 9-Tabela de leitura de umidade.....	74
Tabela 10-Tabela de potencial de colapso.....	77
Tabela 11-Tabela de parâmetros de definição segundo Jening e Knight	77
Tabela 12-Qualificação do solo devido ao potencial de colapso.....	78

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
cm	Centímetro
CPRM	Companhia de pesquisa de recursos minerais
CTC	Capacidade de troca catiônica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
g	Gramas
GO	Goiás
h	Umidade
Ho	Altura inicial do corpo de prova
IC	Índice de consistência
IP	Índice de plasticidade
K	Potássio
Kg	Quilograma
KPa	Quilo pascal
LL	Limite de liquidez
LP	Limite plasticidade
Mg	Magnésio
N	Número de golpes
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
P	Página
PC	Potencial de colapso
P_h	Peso do material úmido
P_s	Peso material seco
SIBCS	Sistema Brasileiro de Classificação do Solo
SIEG	Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás
SPT	Standard penetration test
TB	Tabela

TCC	Trabalho de conclusão de curso
U.S. Soil Taxonomy	Sistema de classificação de solo dos Estados Unidos
W	Teor de umidade em porcentagem
WBR	Referência mundial para recursos do solo
ΔH	Variações de altura do corpo de prova devido a sua inundação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivo geral.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 METODOLOGIA.....	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	16
2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	17
2.1 CONCEITO DE COLAPSO.....	17
2.2 SOLOS TROPICAIS.....	19
2.3 ORIGEM E FORMAÇÃO DOS SOLOS.....	20
2.4 TIPOS DE PROCESSOS DE FORMAÇÃO ESPECÍFICOS.....	21
2.4.1 Podzolização.....	24
2.4.2 Latolização ou Ferralitização.....	24
2.4.3 Calcificação.....	24
2.4.4 Hidromorfismo.....	24
2.4.5 Halomorfismo.....	25
2.5 HORIZONTES DO SOLO.....	25
2.6 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DO SOLO.....	27
2.7 CARACTERÍSTICAS DO SOLO DO CENTRO-OESTE.....	29
2.8 SATURAÇÃO DO SOLO.....	30
2.8.1 Solos saturados.....	31
2.8.2 Solos não saturados ou pouco saturados.....	32
2.9 POROSIDADE.....	32
2.10 SOLOS COLAPSÍVEIS.....	33
2.11 LATOSSOLOS.....	34
2.11.1 Latossolos amarelos.....	34
2.11.2 Latossolos vermelhos.....	35
2.11.3 Latossolos vermelho-amarelos.....	36
2.12 ACIDEZ NO SOLO.....	36
2.13 LIGAÇÃO CIMENTÍCIA.....	37
3 COLETA E AVALIAÇÃO DO SOLO.....	39

3.1 LOCALIZAÇÃO.....	39
3.1.1 Coleta do solo.....	40
3.1.2 Mapeamento	42
3.1.2.1 Mapa geológico.....	42
3.1.2.2 Mapa de solo	44
3.1.3 Caracterização do solo.....	45
3.1.3.1 Granulometria	45
3.1.3.2 Limite de liquidez	51
3.1.3.2.1 Materiais utilizados	51
3.1.3.2.2 Descrição.....	51
3.1.3.2.3 Cálculos.....	60
3.1.3.3 Limite de plasticidade	63
3.1.3.3.1 Materiais utilizados	63
3.1.3.3.2 Descrição.....	63
3.1.3.3.3 Cálculos.....	69
3.1.3.4 Índice de plasticidade.....	70
3.1.3.5 Índice de consistência	71
3.1.3.6 Ensaio Edométrico	72
3.1.3.6.1 Descrição.....	72
3.1.3.6.2 Dados obtidos.....	74
3.1.3.6.3 Análise dos dados.....	76
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

1 INTRODUÇÃO

A maior parte dos construtores atualmente, ainda não fazem um estudo a fundo do solo, e por isso pode ser que, ocorram sérios problemas na fundação, que afetam criticamente a estrutura, foi se baseando nesta linha de pensamento que este trabalho, foi desenvolvido.

Para fazer um estudo do solo, e relatar algumas das problemáticas relacionadas, servindo como inspiração para a observação do perfil do solo, para que o processo construtivo seja mais eficaz.

O estudo do solo envolve uma série de fatores, desde o intemperismo aos agentes químicos e físicos, que são responsáveis pela sua formação. Cada solo possui um perfil típico, que o convencionam a um determinado tipo de uso, e tendo em vista como o espaço é ocupado, ou seja, o adensamento (densificação por meio de compactação, o que reduz o volume) em determinadas áreas, combinado a mudanças no regime de saturação, o que faz com que o mesmo se desgaste. Esse fenômeno em questão, se chama colapso.

Ocorre quando, o solo é comprimido pela carga da estrutura que fica sobre ele, e ao ser comprimido as camadas mais compressíveis se adaptam a nova situação, entretanto onde há água ocorrem deformações por ser pouco compressível, o que pode levar ao colapso dependendo do grau de saturação do solo.

Esse problema é passível para região de Anápolis, principalmente em solos que não são predispostos ao subsolo, o que causa problemas no solo e na estrutura.

E para explorar o tema em questão o trabalho será desenvolvido por meio de estudo de caso, em um ponto específico da região de Anápolis, para exemplificar as deficiências que geram o colapso no solo.

Entretanto o colapso não depende apenas da capacidade de carga, ele é um produto de peculiaridades de cada solo. Segundo Das (2012), o nível de adensamento de um horizonte de solo é determinado pelo coeficiente de adensamento e a menor distância de drenagem.

1.1 JUSTIFICATIVA

O solo é o principal receptor de cargas de uma estrutura, pois este exerce função de receptor final. Ademais se tem primeiro a laje, que repassa para a viga, desta para o pilar, em seguida para a fundação, findando com o solo, portanto ele é um elemento extremamente

importante para o processo construtivo. Para construir de forma eficaz, é necessário o conhecer bem, para que a estrutura atenda as expectativas do projeto.

Só é possível traçar o perfil do solo através de seu estudo, no qual será implantado o empreendimento. Entretanto, o tipo de verificação mais utilizada é a sondagem SPT(Standard Penetration Test), que não abrange todas as possíveis, patologias que possam vir a ocorrer.

Uma delas é o processo de colapso, que decorre do deslocamento vertical ou recalque, gerado pela incapacidade de suportar seu próprio peso, ou pela inundação de solos porosos. Segundo Louro *et al.* (2006, *apud* Conciani, 1997), os solos com grande índice de vazios (porosos), e não saturados, são passíveis de sofrer colapso ao terem uma redução grande de volume, com o aumento da umidade.

O processo de inchamento ou inundação é muito recorrente em solos arenosos e finos, como os latossolos, que são comuns à região de Anápolis. Uma vez que, com a mudança da consistência do solo devido à umidade, a sua resistência diminui, o que o torna, mais inclinado ao colapso.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver um estudo de caso numa área específica da cidade de Anápolis, através de amostragem, análise de dados em laboratório, usando o método de adensamento uniaxial, e outros ensaios de caracterização do solo. Para definir se o local escolhido, é colapsível.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos principais do trabalho são; a determinação da saturação do local, tendo em vista que é um fator influente em termos de colapso, definir o tipo de solo e a textura .

Mais um fato a ser observado é a tensão máxima suportada, durante o ensaio edométrico, já que a mesma delimita o potencial de colapso do solo.

E através dos dados obtidos, no decorrer do trabalho, poder definir se a amostra colhida apresenta características de um solo colapsível ou não.

1.3 METODOLOGIA

A adesão de conhecimentos teóricos, foi feita com uma revisão bibliográfica, sobre o assunto em questão baseada; em livros, revistas, artigos científicos, monografias, dissertações e outras diversas publicações, que abordassem o assunto em questão. Para o desenvolvimento do trabalho foi feita, visita técnica, registro técnico, coleta de amostras, que foram analisadas em ensaios laboratoriais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se dividirá em quatro capítulos, sendo o primeiro capítulo uma introdução, uma apresentação do que será feito no decorrer do trabalho. No seguinte, será feita uma revisão bibliográfica, sobre conceitos básicos e específicos sobre o solo e o colapso do solo.

No terceiro capítulo será aplicada a metodologia do trabalho, ou seja, a forma como o tema será abordado, os ensaios a serem realizados, e a visita técnica para coleta de amostras, e os resultados obtidos.

Já no quarto capítulo, serão feitas as considerações finais, buscando promover a união de todo o conhecimento teórico adquirido, e as conclusões feitas no trabalho em campo.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CONCEITO DE COLAPSO

Segundo Kanashiro (2003) o colapso significa o arruinamento da estrutura, principalmente em casos de fundações diretas, pois as camadas superficiais do solo são as mais afetadas durante o processo.

Quando ocorrido, há uma sucessão de acontecimentos que podem prejudicar os elementos construtivos, dependendo do potencial colapsível do solo e do tipo de estrutura.

Um grande ponto a ser salientado, para que seja feita a análise de colapso, é que mesmo com o teste de solo feito através da sondagem, não é possível determinar se o solo é colapsível em alguns casos. Fazendo com que a testagem para colapso, seja importante em regiões com potencial colapsível.

Para Motta e Ferreira (2011) existe mais de uma causa para o colapso. Ele pode ser causado; pelas estações chuvosas, posicionamento da galeria de esgoto e pluvial, e também pelo tipo de fundação aplicada. Segundo Kanashiro(2003),o exemplo de colapso mais conhecido é a Torre de Pisa (Figura 1).

Mas há casos mais sérios, que geram desde trincas e rachaduras, a desabamentos (Figura 2). Conforme a Figura 3 é possível ver as tensões presentes no solo, para visualizar melhor o estado de fadiga que o solo passa antes do colapso.

É importante destacar que ao contrário do que se é previsto, ele é gerado pelo aumento do teor de umidade, ao invés da não ou pouca saturação do solo.

Figura 1-Representação da Torre de Pisa em estado de colapso.



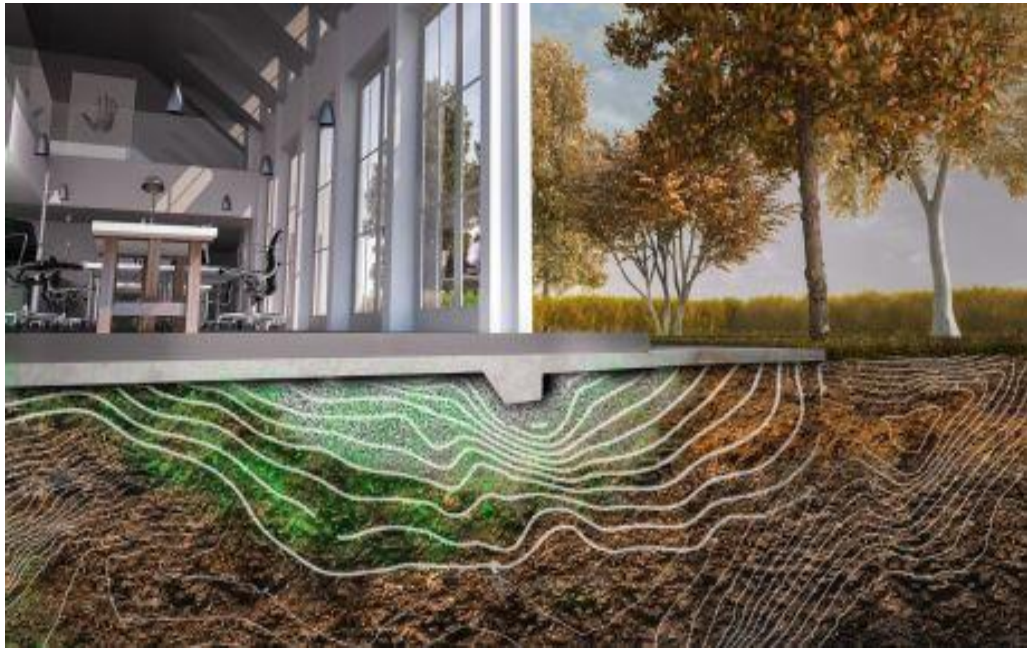
Fonte: Depositphotos, 2017.

Figura 2-Representação de colapso na barragem de Oroville.



Fonte: CMD-JOC adaptado por engenhariacivil, 2017.

Figura 3- Representação do estado de tensões no solo.



Fonte: Carolina Ramirez Figueroa, Luis Hernanand Martyn Dade-Robertson, 2016.

Oliveira (2002, *apud* Sultan; Vilar *et al.*), faz uma listagem de condutas que o solo pode manifestar, como; colapso instantâneo, decorrente da moção do lençol freático, solos que recuperam e que não recuperam o volume perdido com o colapso.

2.2 SOLOS TROPICAIS

O clima é um fator determinante na formação do solo, isso por que no processo durante formação, ao se desprender da rocha ele se forma, em regiões de trópicos e trópicos semiúmidos, há um constante processo de umidade e secagem da água presente, isso o torna mais poroso e mais, fino.

Pois no intenso processo de mutação, ele apresenta dificuldade em adquirir resistência, por isso se faz tão necessário um estudo baseado no clima, por que esse condicionante definiu as características que ele apresentará.

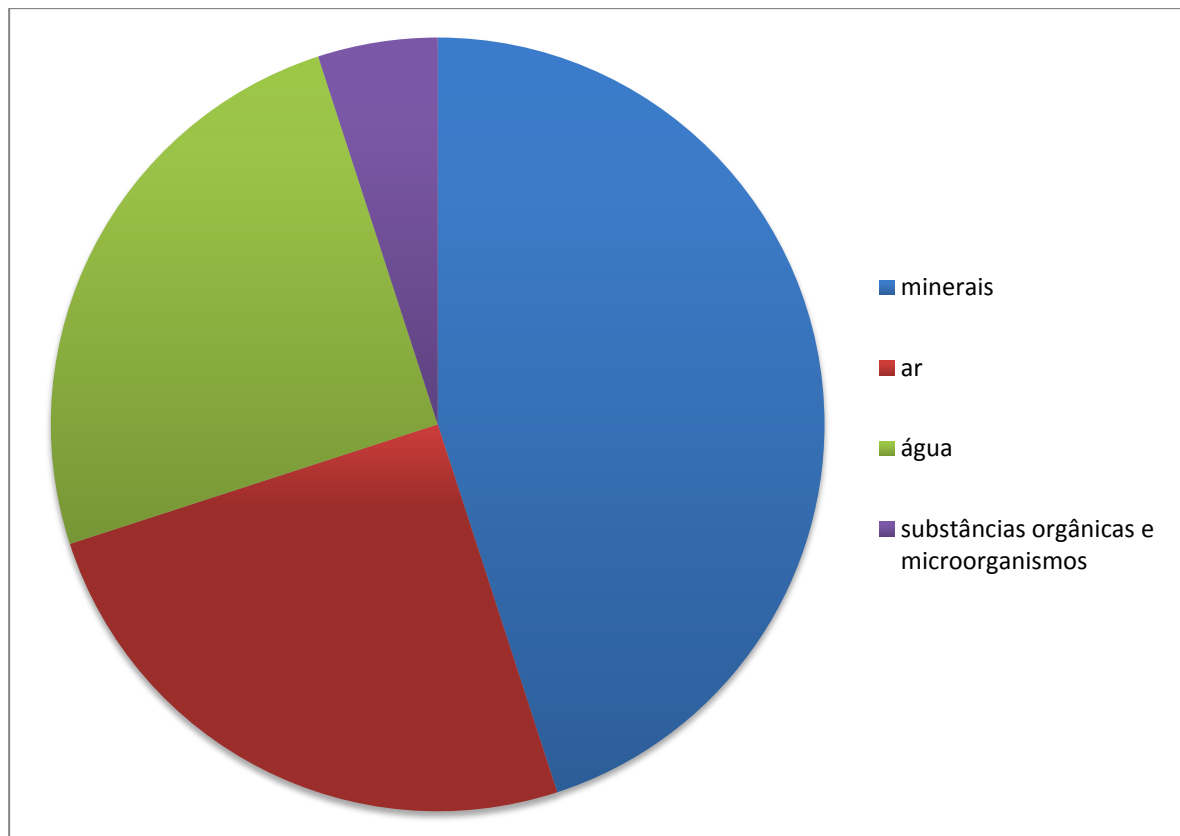
Para Silva Junior Silva Junior (2011 *apud*, Uehara, 1988) umas das principais características dos solos tropicais é a diminuição da taxa de sílica e o aumento na concentração de óxidos não solúveis de ferro e de alumínio e por causa da presença de ferro nesse tipo de solo apresenta a cor avermelhada.

Como a cidade Anápolis, possui um clima de trópico semiúmido, que caracteriza o solo como mais frágil, e passível ao colapso, é importante analisá-lo devido ao fato de ser determinado como solo tropical.

2.3 ORIGEM E FORMAÇÃO DOS SOLOS

Segundo Neto (1984) solo é composto nas frações: 45% minerais, 25% ar, 25% água, 5% substâncias orgânicas e micro-organismos, conforme pode ser visto na Figura 4. Além disso, sua estrutura é tridimensional, e chama-se *pédon*.

Figura 4-Gráfico de porcentagem dos componentes do solo



Fonte:próprias autoras,2018.

Ele é formado através do desprendimento de materiais das rochas, esse material denomina-se *saprolito* (solo que apresenta várias camadas ou seções sobrepostas, paralelas à superfície em pedologia chamada de horizontes) sob a intervenção de fenômenos biológicos, físicos e químicos, o solo inicia seu processo de formação.

Há mais de um tipo de processo de formação do solo, isso por que há mais de um fator determinante de sua formação. Esse combinado de ações caracterizadoras da formação do solo chama-se intemperismo.

Segundo Toletto *et al* (2000) os fatores causadores são; o clima, o relevo, a fauna e a flora, a rocha da qual se originou e o tempo de exposição. Outro fator importante, é que há dois tipos de intemperismo, o físico e o químico.

Já para Brady e Weil (2013), existem quatro processos básicos de formação do solo, que são; as transformações, translocações, adições e remoções. As transformações dizem respeito à mudança química ou física dos elementos que o compõem. As adições são novos materiais, que se incorporam ao solo posteriormente ao se desenvolvimento. Quando ocorre a movimentação de material orgânico ou inorgânico horizontal ou transversalmente trata-se de uma translocação. E quando o solo passa por processos que o prejudiquem estruturalmente, como; lixiviação, erosão de materiais superficiais, e remoção de partículas que deixam o solo mais fino e arenoso, esse processo é uma remoção.

2.4 TIPOS DE PROCESSOS DE FORMAÇÃO ESPECÍFICOS

Conforme foi visto no item anterior, o solo passa por processos de transformação, que modificam a estrutura inicial do mesmo. Aos processos já citados dá-se o nome de processos gerais de formação, e além deles há os processos específicos (Quadro 1), que são os responsáveis finais pela composição do perfil.

Quadro 1-Quadro de processos específicos de formação do solo

Processos pedogenéticos específicos	Processos múltiplos	Descrição resumida do processo	Exemplo de ocorrência
Ferralitização	Remoção, transformação e translocação.	Remoção de sílica e concentração de óxidos de Fe e Al.	Latossolos, Nitossolos, caráter ácrico
Silicificação	Transformação e translocação	Migração e acúmulo de sílica cimentando estruturas ou a matriz do solo	Latossolos e Argissolos amarelos coesos
Plintitização e Laterização	Translocação	Redução e translocação de Fe e oxidação e precipitação originando mosqueados, plintita ou petroplintita	Plintossolos
Lessivagem ou Argiluviação	Transformação e translocação	Migração vertical de argila no solo	Argissolos, Luvisolos, horizontes E, lamelas
Podzolização	Remoção, transformação e translocação.	Migração de complexos de Fe, Al e matéria orgânica no solo com acúmulo em horizonte iluvial, com ou sem sílica.	Espodossolos, Ortstein
Gleização	Translocação	Redução de Fe em condições anaeróbias e translocações formando horizontes acinzentados com ou sem mosqueados	Gleissolos, Planossolos
Calcificação ou Carbonatação	Translocação	Acúmulo de CaCO ₃ com nódulos ou horizonte endurecido	Luvisolos, Chernossolos Rêndzicos.
Ferrólise	Remoção, transformação e translocação.	Destruição de argila com horizonte B textural	Planossolos, Argissolos
Salinização	Translocação	Acumulação de sais por evaporação no horizonte superficial ou na superfície do solo	Gleissolos sálicos
Sulfurização ou Tiomorfismo	Transformação e translocação	Acidificação do solo causada pela oxidação de compostos de enxofre	Gleissolos tiomórficos

Fonte: Kämpf & Curi adaptado por EMBRAPA, 2012.

Uma forma mais didática de apresentação dos solos é através do mapeamento, conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5-Mapa de solos de Goiás

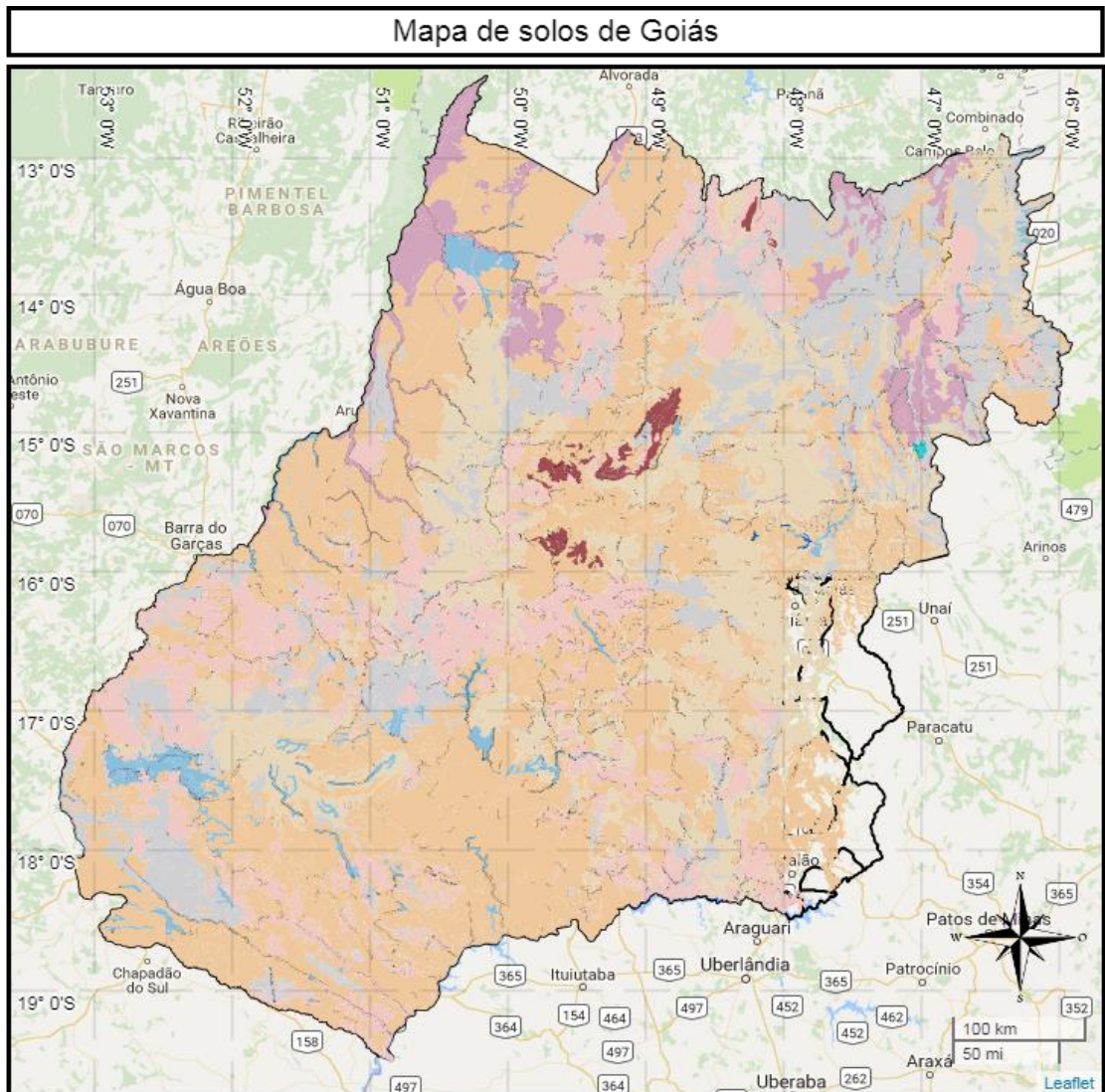


Municípios (2017)

□ Municípios (2017)

Solos

- Afloramento
- Água
- Argissolos
- Cambissolos
- Chernossolos
- Gleysolos
- Latossolos
- Neossolos
- Nitossolos
- Planossolos
- Plintossolos
- Podzólico



Fonte: SIEG adaptado pelas autoras, 2018.

E para maior entendimento, será discorrido a respeito de alguns processos específicos de formação nos itens seguintes.

2.4.1 Podzolização

É o processo no qual, é feito o transporte de nutrientes das camadas superiores, ou seja, o horizonte A, para as camadas inferiores, este processo é comum em solos ácidos.

No livro de White (2009), infere-se que este processo, envolve o deslocamento do Al (alumínio) e do Fe (ferro), do nível superior para o inferior, entretanto o autor ainda relata que pode haver um novo deslocamento do Al.

2.4.2 Latolização ou Ferralitização

Segundo Tosta (2016), esse processo de formação é decorrente, de um intensivo processo de intemperismo, e acúmulo de minerais de argila, hidróxidos e óxidos de ferro e de alumínio. E ocorre em locais de clima quente.

Como complemento teórico, Martins (2014) conceitua que, esse tipo de solo passa transformações químicas, que modificam a sua composição, num processo denominado ferrólise, que é a perda de óxidos de ferro, que passa para, e passa por uma nova oxidação.

2.4.3 Calcificação

Para Da Mata (2007) o processo de calcificação, ocorre com a concentração de carbonato de cálcio (CaCO_3), em um horizonte do solo, sendo que o mesmo tem dimensão igual ou superior a 15cm. E possui um carbonato adicional com concentração de 150g/kg, ou uma concentração maior de carbonato de cálcio.

2.4.4 Hidromorfismo

Na dissertação de Sousa (2015), são expostas as suas principais características, como; cor acinzentada, concentração de plintita, lençol freático localizado no nível superior do solo, e baixa disponibilidade de O_2 . Outro ponto a ser salientado é que esse processo ocorre em locais de relevo mais plano.

2.4.5 Halomorfismo

É o processo no qual, há grande concentração de sais minerais. Em um relatório técnico, resultado da Cooperação entre a Embrapa e a COVASP feito em 2012, chegou à conclusão, que o ecossistema é uma parte importante do processo, através de um alto índice de evaporação, drenagem fraca, e lençol freático rico em sais minerais. De forma que esse tipo de solo é rico em sais minerais.

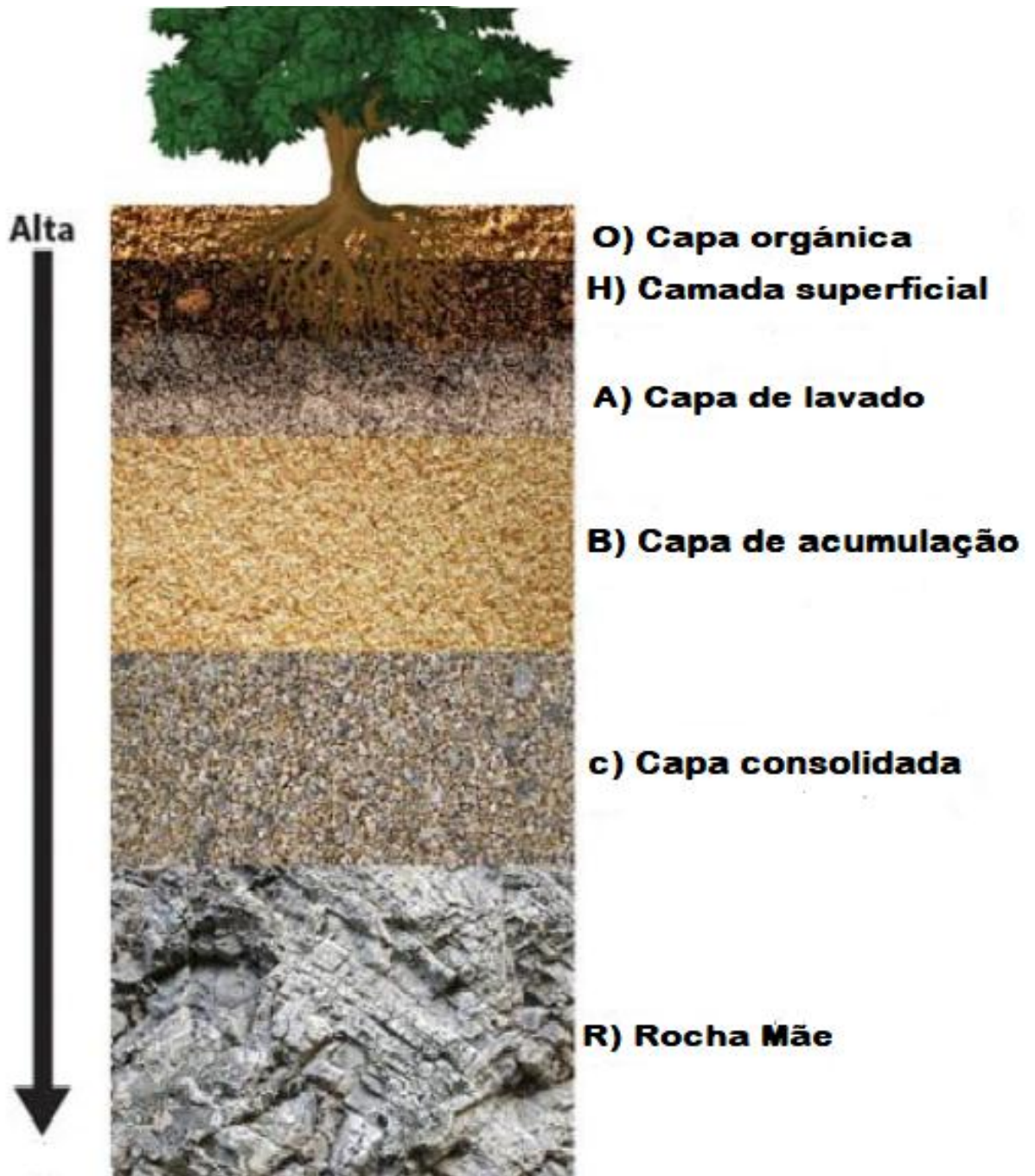
2.5 HORIZONTES DO SOLO

Segundo de Oliveira (2011) as camadas são mutáveis, elas somem sucessivamente ou subitamente, no tempo que outras surgem sucessivamente, essas partes, que constituem estas camadas fracionadas do volume total são exibidas pela superfície.

Isso por que as mudanças ocorridas são um produto de uma série de fatores, causados pelo próprio ambiente ou pela ação do homem, que modificam o perfil original do solo.

De acordo com Pes e Arenhardt (2015) o perfil dos solos é fragmentado em partes características, separadas por fatores, como; textura, cor e profundidade. Estas frações são chamadas de horizontes tais como; horizonte O; que é uma camada orgânica com facilidade em drenar. Horizonte H; que é superficial e difícil de drenar. Horizonte A; também classificado como superfície, e de aspecto escuro devido ao acúmulo de matéria orgânica. Horizonte E, possui aspecto arenoso e cor mais clara devido à alta taxa de partículas minerais presentes. Horizonte B; tem uma classificação definida em material, por estar abaixo do horizonte A. E. Horizonte C; que é literalmente consolidado e que torna conseguinte que o horizonte R seja exclusivamente de material rochoso. É possível visualizar esse esquema na Figura 6.

Figura 6-Os horizontes do solo



Fonte: Formación de suelo.

Através do parágrafo anterior é visível, que a profundidade é um ponto de influência, na resistência do solo, isso se dá, por que as camadas ou também chamados horizontes, quanto mais superficiais forem mais passíveis de mudança se tornam no contato com o meio, enquanto que camadas mais profundas são menos penetráveis. E devido a esse fenômeno possuem características consolidadas, que influem diretamente na sua resistência.

E esse é um dos grandes motivos, pelos quais o colapso se apresenta em camadas mais rasas, por que elas são mais aptas a sofrer todo tipo de intervenção, modificando seu caráter inicial.

2.6 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

Trata-se de um sistema que tem por objetivo, fazer uma separação de cada tipo de solo baseando em: textura, cor, separação dos horizontes, consistência. O SIBCS é adotado em todo o território brasileiro e, é uma ferramenta útil para distinção dos tipos de solo.

É um projeto desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que tem buscado a obtenção, de conhecimento a respeito do solo.

O solo é classificado, através da rocha que o deu origem, e o processo responsável pela sua formação. Em caso de mistura de mais de um tipo de solo, ele é definido pelo que se apresenta em maior porcentagem.

Além dos SIBCS, há outros métodos classificatórios aproximados como o *WBR*, Base de Referência Mundial para Recursos do Solo, e o *U.S. Soil Taxonomy*, sistema de classificação dos solos dos Estados Unidos, que serviram de base para criação do modelo brasileiro, conforme Quadro 2.

Quadro 2- Quadro comparativo entre os métodos de classificação do solo

SIBCS	WRB	U.S.Soil Taxonomy
Neossolos		Entisols
(Neossolos Quartzarênicos_)	Arenosols	
(Neossolos Regolíticos)	Regosols	
(Neossolos Litólicos_)	Leptosols	
(Neossolos Flúvicos)	Fluvisols	
Vertissolos	Vertisols	Vertisols
Cambiossolos	Cambisols	Inceptisols
Chernossolos	Chernozems	Mollisols (apenas Ta)
	Kastanozems	
	Phaeozems	
Luvissolos	Luvisols	Alfisols, Aridisols (Argids)
Argissolos	Acrisols	Ultisols
	Lixisols	Oxisols
	Alisols	
Latossolos	Ferralsols	Oxisols
Espodossolos	Podzols	Spodosols
Planossolos	Planosols	Alfisols
(Planossolos Nátricos_)	Solonetz	Natr (ust, ud, alf)
(Planossolos Háplicos)	Planosols	Albaquults, Albaqualts
		Plinthaqu(Alf,ept,ox,ult)
Plintossolos	Plinthosols	Subgrupos Plinthic (várias classes dos Oxisols, Ultisols, Alfisols, Entisols, Inceptisols).
Gleissolos	Gleysols	Entisols(aqu,alf,and,ent,ept)
(Gleissolos Sálícos)	Solonchaks	Aridisols, Entisols (Aqu, Sulfa, Hydra, Salic).
Organossolos	Histosols	Histosols
Nitossolos	Nitisols	Ultisols, Oxisols (Kandic), Alfisols.
	Lixisols	
	Alisols	
Não relevantes (ou não classificados) no Brasil	Cryosols	Gelisols
	Anthrosols	Andisols
	Andosols	Vários subgrupos dos Aridisols
	Umbrisols	Vários grandes grupos, com prefixo Dura dos Alfisols, ’
	Gypsisols	Andisols, Aridisols, Inceptisols, etc.
	Durisols	Vários subgrupos dos Vertisols, Molisols, Inceptisols,
	Calcisols	Alfisols, etc.

	Albeluvisols	Algumas classes com prefixos Alb e Gloss
--	--------------	--

Fonte: Manual Técnico de Pedologia, 2007.

*Ta significam argilas com alta atividade.

2.7 CARACTERÍSTICAS DO SOLO DO CENTRO-OESTE

O centro-oeste é composto principalmente pela vegetação de cerrado, e o relevo pertinente à área são as planícies e vales. Os estados que compõem o centro-oeste, são; Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal.

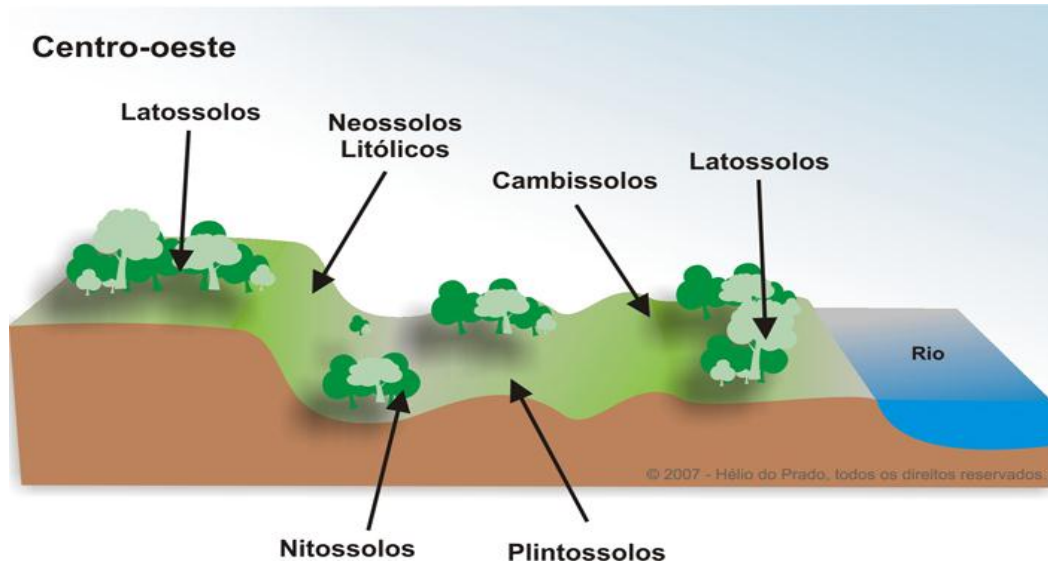
Ademais, segundo a EMBRAPA (2002) a região é composta principalmente por cerrado (Figura 7), e matas, próximos a locais onde há curso de água, o que fomenta as particularidades da região, sendo que o planalto central tem sua maior parte formada de chapadas constituídas de plantas e árvores do cerrado. Em sua topografia ocorrem variações, que apresentam leves declividades. De clima úmido na maior parte do ano, e nos meses de maio a setembro, ocorre o período de estiagem, portanto torna-se baixo o PH do solo, e pobre em nutrientes. Segundo Primavesi (2009, *apud* Ranzini, 1971) o cerrado é composto por solos lateríticos e podzólicos (Figura 8), o que significa que o clima é seco e úmido ou úmido.

Figura 7- Solo do centro-oeste



Fonte: Slideshare, 2010.

Figura 8-Tipos de solo encontrados no centro-oeste



Fonte: pedologiafacil, 2007.

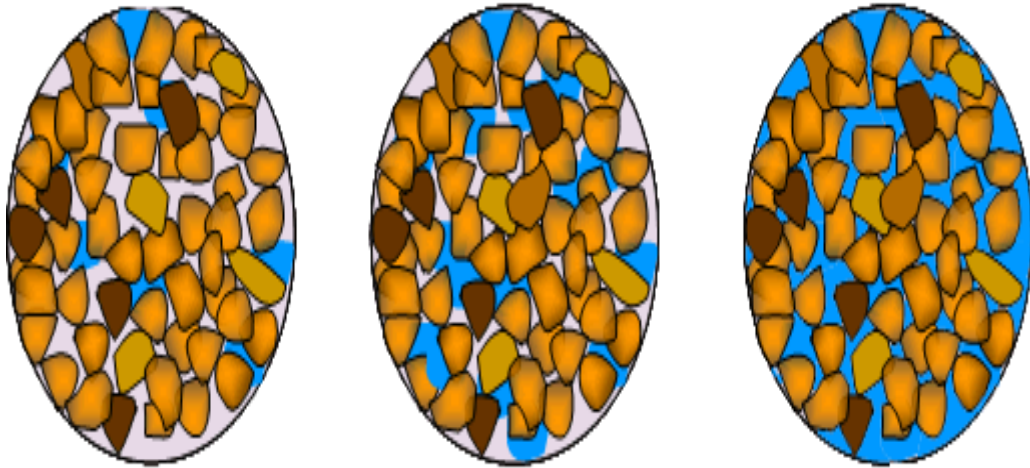
2.8 SATURAÇÃO DO SOLO

A saturação corresponde ao teor de água presente no solo, um solo ser saturado, indica que ele possui água localizada em seus poros. O estado de saturação do solo, ou seja, a porcentagem de água nele presente, que corresponde a um dos fatores determinantes da resistência do solo (Figura 9).

Um método muito utilizado na análise da porcentagem de água no solo é a curva água-solo, esse tipo de estudo gráfico propõe um comportamento característico do solo em relação à taxa de umidade presente nele.

De acordo com Brady e Weil (2013), esse tipo de análise gráfica em curva, chama-se curvas características de retenção de água, ou curvas características de água, e através desse método é possível observar a mudança do padrão de comportamento para cada tipo de solo.

Figura 9-Representação da saturação do solo



Fonte:Sanasa,2006.

2.8.1 Solos saturados

São formados sob meio úmido, com baixa taxa de evaporação, e seus poros são preenchidos por água. Segundo Vasconcelos (2008), o volume do teor de umidade equivale à porosidade.

Outro ponto em destaque é o NA (nível de água), e o relevo, pois solos com níveis de água altos e relevo constituído por planícies e poucas depressões são agentes formadores do solo saturado. Pois pelo contato água e solo, durante seu processo de formação, ele se forma moldado pela água.

Inclusive o método de análise do solo saturado, é um processo mais simples. Na dissertação de Rocha (2013), ele conota que o método de estudo de solos saturados, para resistência de cisalhamento, é baseado no método de Mohr-Coulomb, ou seja, uma representação bidimensional.

Enquanto que para solos não saturados, trata-se de um método tridimensional.

2.8.2 Solos não saturados ou pouco saturados

São aqueles, nos quais seus poros são preenchidos por ar, e possuem baixo teor de umidade. Segundo Reinert e Reichert (2016), o potencial de saturação do solo depende do tamanho dos seus poros, pois devido à capilaridade, poros menores têm maior capacidade de retenção de umidade, do que os macroporos onde ocorre a secagem rápida, do percentual de umidade.

Ao contrário do esperado o aumento da saturação de um solo, adaptado a pouca saturação, não é um fator positivo, sendo um dos princípios causadores do colapso.

Segundo De Carvalho *et al*(2015) a modificação da umidade do solo, influi na capilaridade ou sucção do mesmo. Ou seja, na sua capacidade de interagir em meio aquoso, na drenagem do mesmo.

Para Da Fonseca (2008.), o que diferencia solos saturados de não ou pouco saturados, é a pressão neutra negativa em meio aquoso, que é maior em solos mais resistentes e rígidos.

2.9 POROSIDADE

Os poros do solo equivalem ao espaço vazio, que é o preenchido por ar ou água, todos os solos possuem poros. Esse índice de vazios influi diretamente na resistência e textura.

Solos com maior índice de vazios são finos e fofos, enquanto que com menor índice de vazios são rijos, e difíceis de penetrar, pois possuem uma baixa porcentagem de percolação da água.

Existem dois tipos de poros, os macroporos e os microporos. Segundo Resende *et al* (2009) os macroporos são maiores que 0,5 mm de diâmetro, e os microporos menores que esta mesma medida de referência.

Já segundo Brady e Weil (2013), os macroporos correspondem à porção superior a 0.08 mm e os microporos ao inferior a 0.08 mm.

Enquanto que, em outras literaturas a classificação de poros é feita semelhante à classificação de raízes. Sendo a distinção de tamanho feita de muito finos a muito grossos.

Tabela 1-Classificação dos poros quanto ao tamanho

Classificação	Dimensão
Muito finos	< 1 mm
Finos	1 a < 2 mm
Médios	2 a <5mm
Grossos	5 a < 10 mm
Muito grossos	\geq 10 mm

Fonte: Manual técnico de Pedologia, 2007, adaptado pelas autoras.

Ainda quanto à classificação, existem dois tipos de macroporos, os poros entre agregados e os bioporos. Segundo Brady e Weil (2013), o primeiro ocorre em solos bem-estruturados. Enquanto que os bioporos são poros criados por raízes, minhocas e outros organismos. O que enfatiza a classificação comparativa com raízes.

2.10 SOLOS COLAPSÍVEIS

Os solos que tendem a perder a resistência, ao serem preenchidos por fluidos, são denominados colapsíveis. Esse tipo de solo tem um perfil específico, eles são porosos, não saturados ou pouco saturados, e possuem uma coloração avermelhada. Eles são compostos principalmente por solos lateríticos e podzólicos.

Para De Lollo (2008, *apud* Dudley, 1970) o colapso está interligado a diminuição da resistência do solo não saturado, que pode ter sido causada pela separação das ligações que mantinham as partículas sólidas unidas ou pelo detrimento da capilaridade do solo.

Segundo Cardoso (1995, *apud* Reginatto, 1970) os solos colapsíveis são aqueles que possuem baixo teor de umidade e conseguem suportar cargas, quando não está saturado, entretanto com o aumento do grau de saturação sofrem brusco desmoronamento, ocorrendo grande subsidência.

Há também outras variantes, que fazem diferença ao solo, como; os compostos ligantes, o intemperismo, a rocha de origem e o processo de formação.

Que influem na determinação de um solo, pouco colapsível a muito colapsível, para fins de projeto.

2.11 LATOSSOLOS

São solos intemperizados, com baixo índice de minerais e textura fina, identificada pela coloração vermelha ou amarelada. Segundo Ker (1997), a palavra Latossolo é originada das palavras “*laterite*” e “*solum*”, que significam tijolo ou material muito intemperizado, e solo.

Segundo Lepsch (2013) outro ponto importante dos latossolos é a uniformidade dos horizontes, pois há muita semelhança entre as camadas, em muitos aspectos, como; cor e textura. É importante destacar que esse tipo de solo, possui horizontes fundos.

2.11.1 Latossolos amarelos

Segundo Chauvel(1982) esses latossolos são encontrados na profundidade 35 a 70 cm, é um solos com uma taxa alta de umidade, que pode ter argila, constituídos por pequenos poros, preenchidos por microagregados,plásticos e pegajosos. Além disso possuem coloração amarelada,são, cauliniticos , alicos de acordo com os ferraliticos, típicos que nos mostram ser fortemente dessaturados, o mesmo e encontrado, no horizonte B.

Figura 10- Latossolo amarelo



Fonte: Acervo da Embrapa Solos adaptado por ageitec.

2.11.2 Latossolos vermelhos

Na dissertação de Ramos (2008 apud Ker,1997), é mencionado que eles são originados por muitos compostos como; arenitos, calcários, gnaisses compostos reutilizados e inicialmente intemperizados.

Saliente-se ainda que, são chamados de ferríferos (compostos por ferro) pela maior parte dos registros bibliográficos, devida à coloração mais avermelhada estar conectada a presença de ferro.

Figura 11-Latossolo vermelho



Fonte: Acervo da Embrapa Solos adaptado por ageitec.

2.11.3 Latossolos vermelho-amarelos

Os latossolos têm suas cores Vermelho-amarelo que se diversificam morfológicamente. A cor é uma peculiaridade que define a formação mineralógica dos solos, principalmente pela presença de óxidos de ferro, instruída por proporção de hematita e goethita nos latossolos vermelho-amarelo.

Segundo Campos (2009, *apud* Macedo, 1988), os perfis de latossolos vermelho-amarelos, apresentam grande umidade devido a constante mudança mineralógica que o solo sofre, em conjunto com ação contínua do lençol freático. E concomitante a esses eventos, há o aparecimento de perfis com concentração de petroplintita, que ajudam na conservação de goethita.

Figura 12- Latossolo vermelho-amarelo



Fonte: Acervo da Embrapa Solos adaptado por ageitec.

2.12 ACIDEZ NO SOLO

Para Primavese(1979),um horizonte solo que não seja profundo, com espessura de 0 a10 cm, não tem diferença significativa de PH(potencial de hidrogênio),pois pode ser considerado como uma camada apenas.

De acordo com De Carvalho *et al*(2006) o cerrado possui uma grande parcela de Latossolos e isso implica que, os solos são fortemente ácidos, com baixos teores de bases (Ca, Mg e K) e fósforo disponível para as plantas.

O nível de acidez é um ponto que afeta o solo em muitas esferas, como a estrutura dele, a funcionalidade, e os processos pelos quais ele passa.

Para De Carvalho *et al*(2006), a acidez tem propriedades relevantes, o estudo mostra que o teor do material orgânico pode provocar acidez do mesmo. No local menos intemperado, é significativo o potencial de capacidade de troca catiônica (CTC), sendo um ponto importante o teor de sódio dado o seu caráter, facilitador dos processos de esquematização, erosão interna e solapamento de base dos taludes.

Outro ponto interessante, é que o PH pode ser determinante na análise de contaminação do solo, principalmente no que diz respeito ao seu lençol freático (vertente de água que passa pelo solo).

Por fim no livro de fertilidade do solo, Thoeh e Thompson (2007) discorre sobre o excesso de alumínio no solo do cerrado, como fator que comprova que o PH (potencial de hidrogênio) é baixo, e com isto os níveis de fósforo nos solos cerranos são escassos.

Figura 13-acidez no solo



Fonte: jardimcor, 2015.

2.13 LIGAÇÃO CIMENTÍCIA

É o equivalente aos agentes ligantes do solo, o tipo de composto que a forma é um determinante do seu comportamento, ou seja, as ligações tornam compostos em pequenas dimensões em algo maior, através da união entre as partículas.

Para que isso ocorra é necessário que haja, executores dessa ação. Segundo Póvoa (2000, *apud* Shybuya2000, Cotecchia e Chandler, 2000), são ligações de forte adesão causada pela combinação de sais minerais e processos químicos.

No trabalho de Coutinho e Severo (2009, *apud* Vargas, 1985), solos tropicais com ligações cimentícias fracas podem apresentar potencial para colapso. Sendo esses solos que apresentam grande porosidade.

3 COLETA E AVALIAÇÃO DO SOLO

Para avaliação do solo, das suas características físicas, e do seu potencial de colapso, será realizada uma série de ensaios.

Seus ensaios de caracterização são os de granulometria, baseado no método do sistema unificado para a distinção dos grãos.

E pelos limites liquidez e plasticidade, onde será aplicada umidade, para prever o comportamento do solo.

Sendo esses três citados, realizados com amostra deformada, seca em estufa para diminuição da umidade.

Além disso, será medido o potencial de colapso do solo, por meio de ensaio edométrico, com o uso de amostra indeformada, para prever a resistência do solo.

3.1 LOCALIZAÇÃO

O local da coleta se encontra no Jardim promissão, que fica ao norte da cidade, sentido Pirenópolis, caracterizado por habitações uni familiares, com um só piso e sem presença de subsolo, sem atividades de grande impacto na região. E vias locais de pouco tráfego de veículos.

Figura 14-Foto referente à localização de coleta



Fonte: SIEG, adaptado pelas autoras,2018.

3.1.1 Coleta do solo

A coleta do solo foi feita, a um metro abaixo do nível do solo, nesta camada do solo, há presença de cascalho, que deixou a terra mais rija. Além disso, apresentava cor avermelhada e aspecto arenoso.

Foram colhidos três blocos de 30(trinta) cm de terra, moldados no caixote e envolvidos com parafina para manter a umidade, os mesmo se caracterizam, como amostra indeformada, designada ao ensaio de colapso. Segundo a NBR 9820/97, para amostras indeformadas (Figuras 15 a 17).

E para os ensaios de caracterização do solo, foram retiradas amostras deformadas, armazenadas em saco plástico. Conforme NBR 9604/2016, para amostras deformadas.

Figura 15-Foto referente à profundidade de coleta.



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 16-Foto referente aos caixotes de coleta



Fonte próprias autoras, 2018.

Figura 17-Imagem referente à amostra lacrada



Fonte: próprias autoras, 2018.

3.1.2 Mapeamento

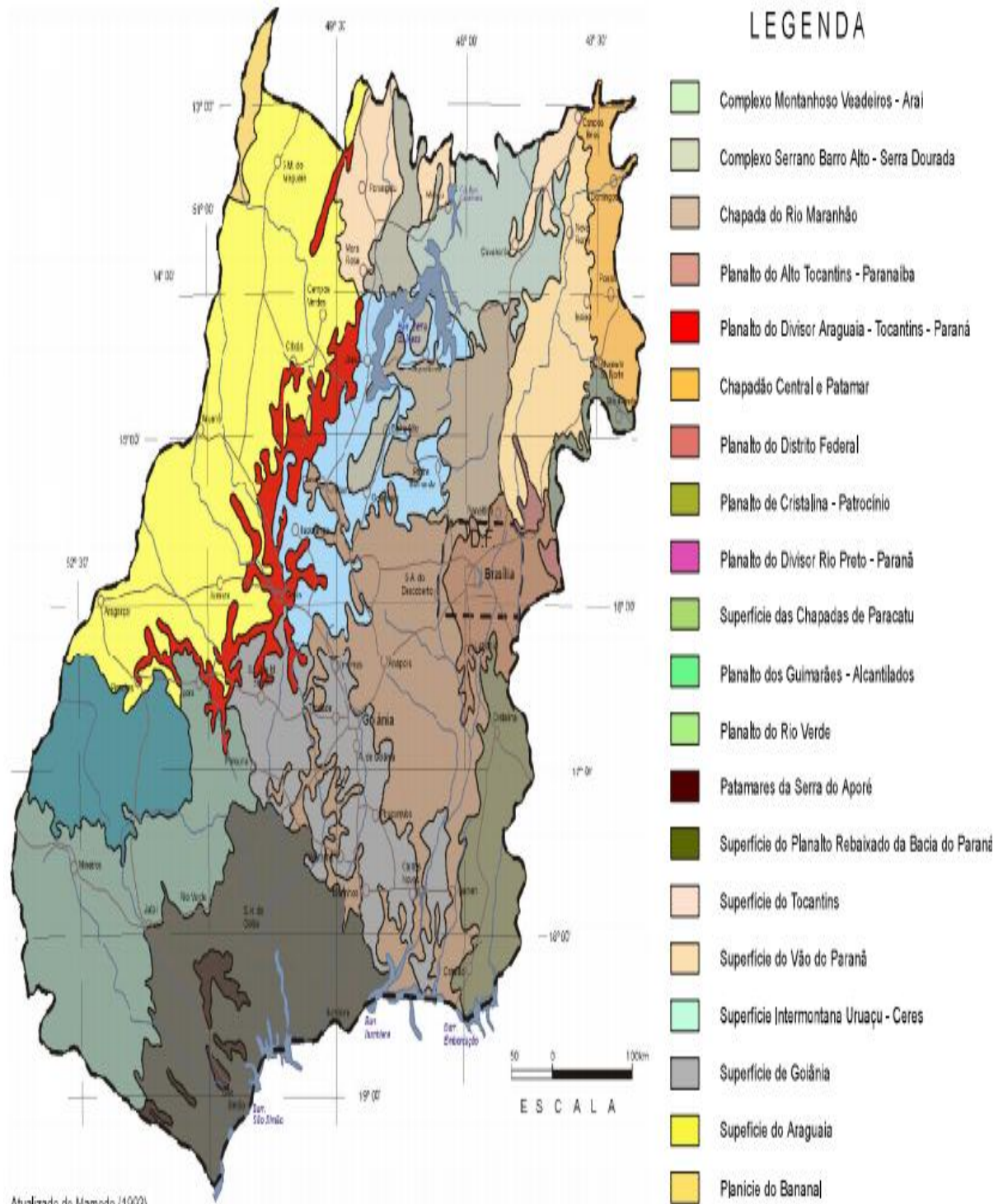
Um dos métodos aplicados para identificação do solo foi o mapeamento, feito através da SIEG e CPRM.

3.1.2.1 Mapa geológico

A seguir na figura 16 segue-se o mapa geológico de Goiás, emitido pela CPRM (companhia de pesquisa de recursos minerais) através da qual é possível ter uma noção a respeito do relevo anapolino, segundo o mapa a cidade está localizada na chapada do rio maranhão (Figura 18).

Sendo seu tipo de relevo característico do solo centro-oeste, conforme já havia sido visto.

Figura 18-Imagem referente ao mapa geológico de Goiás

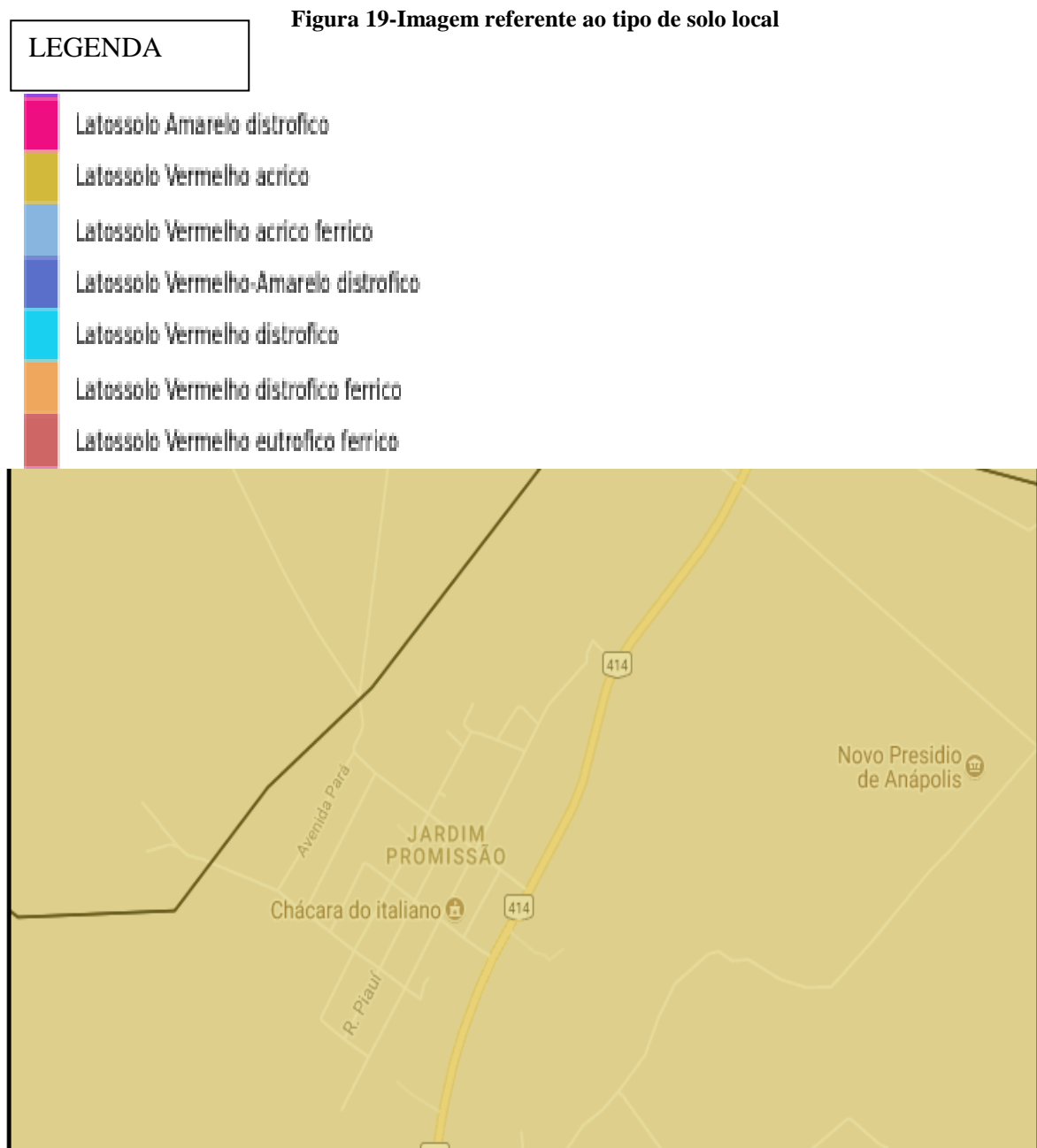


Fonte: CPRM adaptado pelas autoras, 2018.

Segundo o Programa de levantamentos Geológicos Básicos do Brasil desenvolvido pela CPRM (2000), a região possui drenagem deficiente, além disso, é protegida por uma camada ferruginosa.

3.1.2.2 Mapa de solo

Através do sistema de mapeamento da SIEG (Sistema estadual de Geoinformação), que usa o método classificativo do SIBCS, foi possível identificar, que o solo da região de coleta, trata-se de um latossolo (Figura 19).



Fonte: SIEG adaptado pelas autoras, 2018.

3.1.3 Caracterização do solo

3.1.3.1 Granulometria

Segundo Knappett e Craig (2014) o teste granulométrico consiste em determinar a porcentagem de massa das partículas em diferentes tamanhos, para classificação do solo.

De acordo com a norma da 5734/89 foram selecionadas as peneiras ideais para o cumprimento do ensaio granulométrico, vale lembrar que a NBR 6457/86 é utilizada para a preparação das amostras. A NBR 7181 prescreve como é feito o procedimento do ensaio granulométrico.

Foram retirados 2 kg para ser realizado o ensaio, deste foi peneirado em peneira de 2,00 mm e descartado e o que foi passado o retido foi lavado e levado a estufa por 24 horas, após o tempo necessário foi separado o material grosso e fino. Malhas de peneiramento para material grosso; 50 mm; 38 mm; 25 mm; 19 mm; 9,5mm; 4,8mm. Material fino; 1,2mm; 0,6mm; 0,42mm; 0,25mm; 0,15mm; 1,075mm.

Tabela 2-Teste de granulometria

	Material Fino		Material Grosso		
Tamanho das malhas das peneiras	Peso sem estufa	Peso com estufa	Tamanho das malhas das peneiras	Peso sem estufa	Peso com estufa
1,2 mm	15,6 g	15,4 g	50 mm	0	0
0,6 mm	26,3 g	26,3 g	38 mm	0	0
0,42 mm	22,4 g	22,3 g	25 mm	0	0
0,25 mm	32,4 g	32,4 g	19 mm	0	0
0,15 mm	14,7 g	14,5 g	9,5 mm	0	0
1,075mm	0,3 g	0,2 g	4,8 mm	180,4 g	180,3 g

Fonte: próprias autoras, 2018.

Procedimento do ensaio:

Peneiramento da massa pesada e lavada;

Figura 20-Massa pesada

Fonte próprias autoras, 2018.

Peso da peneira de número 4 de 4,8 mm, material grosso.

Figura 21-Material grosso



Fonte: próprias autoras, 2018.

Peneiramento de material fino:

Massa da peneira de número 16 com 1,2 mm

Figura 22-Material fino



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 23-Massa da peneira de número 30 com 0,6 mm



Fonte: próprias autoras, 2018.

Massa da peneira de número 40 com 0,42 mm

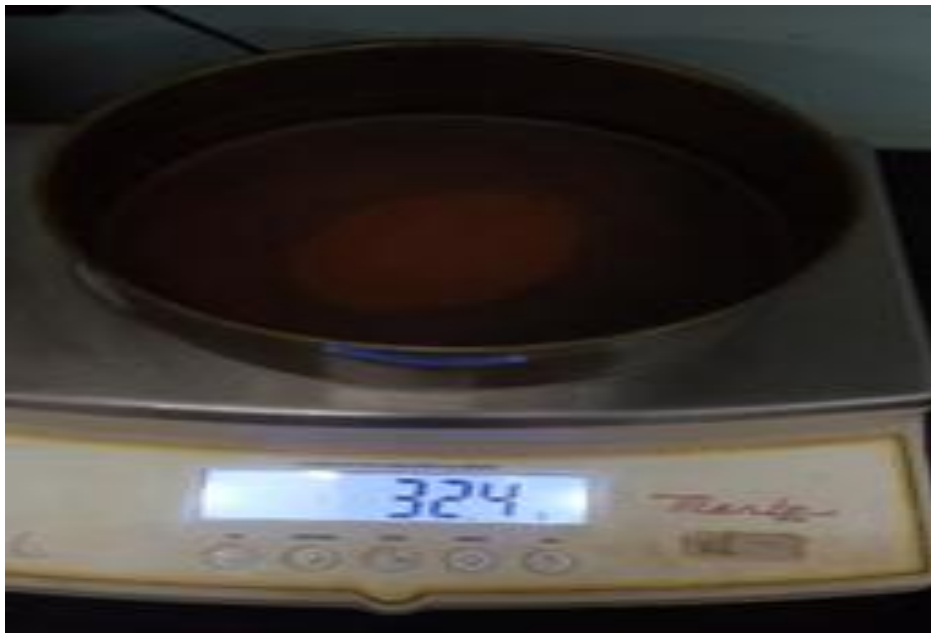
Figura 24-Peneira de número 40



Fonte: próprias autoras, 2018.

Massa da peneira de número 50 com 0,25 mm

Figura 25-Peneira de número 50



Fonte: próprias autoras, 2018.

Massa da peneira de número 100 com 0,15 mm;

Figura 26-Pesagem do material da peneira de número 100



Fonte: próprias autoras, 2018.

Massa da peneira de número 200 com 0,075mm;

Figura 27-Pesagem do material da peneira de número 200



Fonte: próprias autoras, 2018.

No ensaio de peneiramento, realizado de acordo com a norma da NBR 5734/89, na seção de material grosso, somente a menor peneira ficou com material retido, na seção de material fino em todas as peneiras obteve resultados diferentes de zero.

Logo neste ensaio granulométrico, foi constatado que, o solo estudado é um material de grãos com tamanho mediano.

3.1.3.2 Limite de liquidez

3.1.3.2.1 *Materiais utilizados*

- Peneira 0,42 mm;
- Capsula de porcelana;
- Balança;
- Espátula de plástico;
- Espátula de metal;
- Água destilada;
- Pipeta;
- Béquer;
- Amotola;
- Estufa;
- Aparelho Casagrande;
- Cinzel.

3.1.3.2.2 *Descrição*

O ensaio foi realizado conforme a NBR 6459/84, sendo que as proporções de preparação da amostra foram feitas segundo a NBR 6457/86.

Pesa-se uma amostra de 100g, posta numa capsula, e adiciona-se água destilada até adquirir comportamento plástico para 35 golpes, com 46.5ml.

Em seguida a amostra é inserida no Casagrande, onde será feita a ranhura na parte central, com o cinzel, e aplicam-se 35 golpes com o Casagrande. E extrai-se a parte que se uniu e pesa-se na capsula.

O processo é repetido, quatro vezes para 30, 28,18 e 15 golpes. Sendo que a cada novo ponto a ser colocado no Casagrande, é adicionada água destilada, para que a amostra se torne mais encharcada e menos resistente aos golpes.

Tabela 3– Volume de água destilada referente ao número de golpes

Número da amostra	Volume de água destilada	Número de golpes
Amostra 1	48.5 ml	35
Amostra 2	50.5ml	30
Amostra 3	51.5 ml	28
Amostra 4	54.5 ml	18
Amostra 5	57 ml	15

Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 28- Pesagem inicial da amostra na capsula

Fonte: próprias autoras, 2018.

Ponto 1:

Figura 29- Amostra 1 com ranhura



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 30- Pesagem das partes que uniram na amostra 1



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 31- Pesagem após estufa



Fonte: próprias autoras, 2018.

Ponto 2:

Figura 32- Amostra 2 com ranhura



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 33-Pesagem partes que se unem na ranhura da amostra 2



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 34-Pesagem após estufa da amostra 2



Fonte: próprias autoras, 2018.

Ponto 3:

Figura 35- Ranhura amostra 3



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 36- Pesagem das partes que se unem na ranhura na amostra 3



Fonte: próprias autoras, 2018.

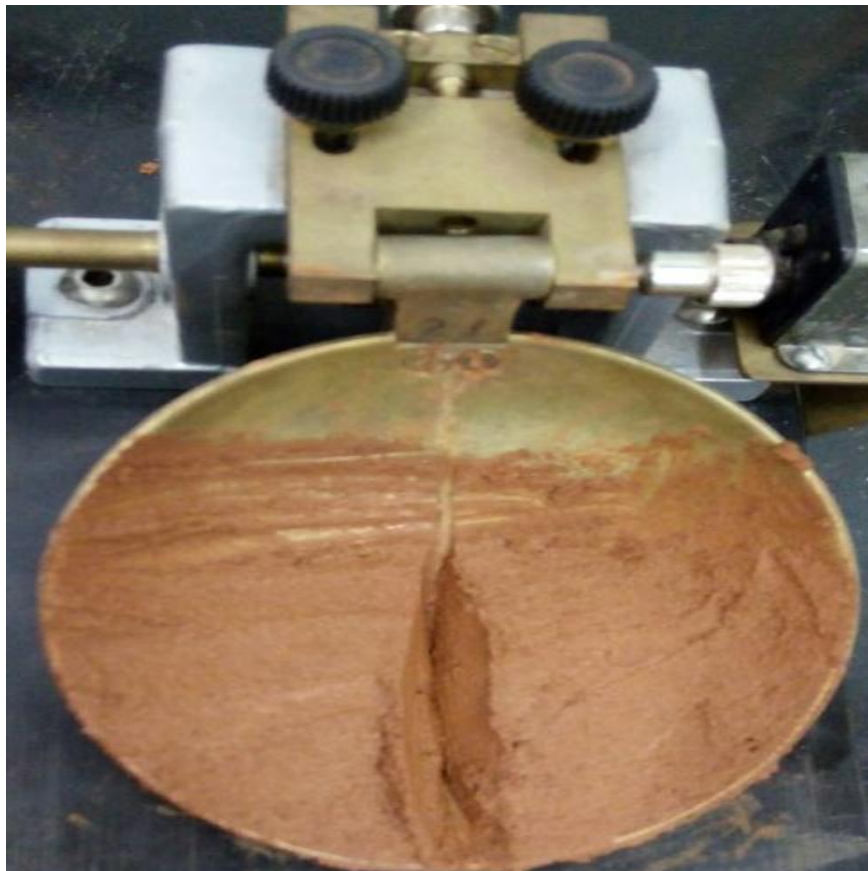
Figura 37- Pesagem pós-estufa amostra 3



Fonte: próprias autoras, 2018.

Ponto 4:

Figura 38- Ranhura amostra 4



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 39- Pesagem das partes que se uniram na ranhura na amostra 4



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 40- Pesagem pós-estufa da amostra 4



Fonte: próprias autoras, 2018.

Ponto 5:

Figura 41- Ranhura da amostra 5



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 42- Pesagem das partes que se uniram na ranhura na amostra 5



Fonte: Próprias autoras, 2018.

Figura 43- Pesagem pós-estufa da amostra 5



Fonte: Próprias autoras, 2018.

Figura 44- Amostras na capsula inseridas na estufa



Fonte: Próprias autoras, 2018.

3.1.3.2.3 Cálculos

$$W = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (1)$$

W = teor de umidade em porcentagem;

P_h = peso do material úmido;

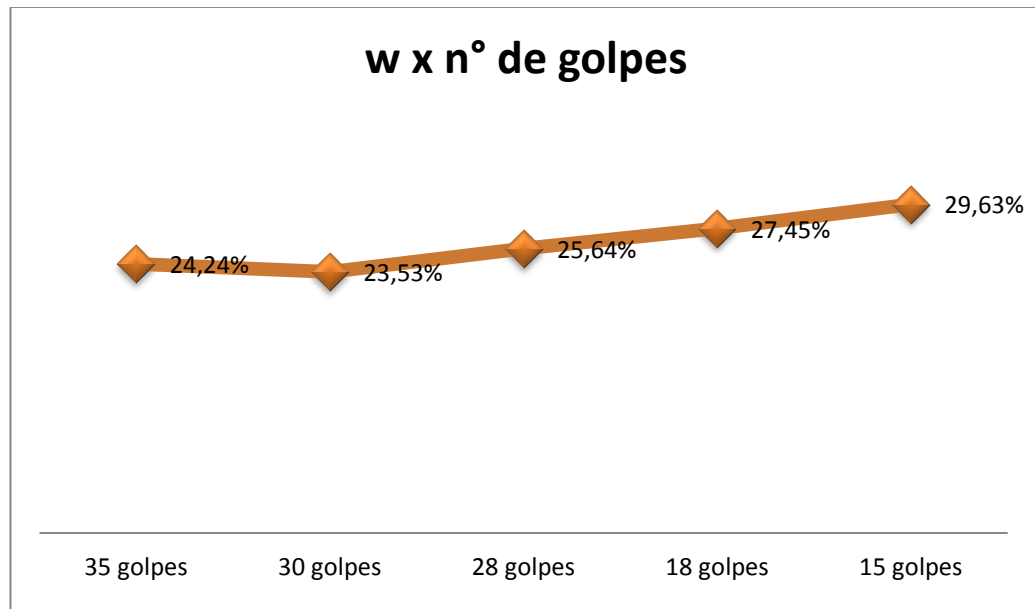
P_s = peso do material seco.

Tabela 4- Valores obtidos no ensaio de liquidez

Número da amostra	Número de golpes	Peso úmido	Peso seco	W
Amostra 1	35	3.3g	2.5g	24.242%
Amostra 2	30	3.4g	2.6g	23.529%
Amostra 3	28	3.9g	2.9g	25.641%
Amostra 4	18	5.1g	3.7g	27.451%
Amostra 5	15	5.4g	3.8g	29.629%

Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 45-Gráfico de teor de umidade e número de golpes



Fonte: Próprias autoras, 2018.

Segundo a maior parte das biografias o limite de liquidez é referente, ao teor de umidade para qual a ranhura se fecha com 25 golpes. Entretanto não foi possível, obter essa ranhura de 25 golpes, no decorrer do ensaio.

Então serão utilizados dois métodos, para obtenção do valor, o primeiro se trata de um método empírico, no qual serão aplicadas duas médias para obtenção de um valor aproximado a umidade, da ranhura para 25 golpes.

Método 1:

Valores usados na primeira média: umidade para 35 e 30 golpes.

Média dos golpes:

$$\frac{M=35+30}{2} \quad (2)$$

$$M = 32,5 \text{ golpes}$$

Média das umidades para 35 e 30 golpes:

$$\frac{M=24.242\%+23.529}{2} \quad (3)$$

$$M = 23.8855\%$$

Valores usados na segunda média: umidade para 32.5 e 18 golpes.

Média dos golpes:

$$\frac{M=32.5+18}{2} \quad (4)$$

$$M = 25.25 \text{ golpes ou } \cong 25 \text{ golpes}$$

Média das umidades para 32.5 e 18 golpes:

$$\frac{M=23.8855+27.451}{2} \quad (5)$$

$$M = 25.668\%$$

Neste método o limite de liquidez será 25.668%

Segundo método:

Trata-se de uma fórmula utilizada em muitos registros bibliográficos.

$$LL = \frac{h}{1.419 - 0,3 \text{Log} n} \quad (6)$$

LL = limite de liquidez

h = umidade

n = número de golpes

$$LL = \frac{25.668}{1.419 - 0,3 \text{Log} 25}$$

$$LL = 25.6778$$

Fazendo um comparativo dos casos, nota-se que há uma grande proximidade entre os valores, e para facilitar, foi arredondado para 25.7% o valor do limite de liquidez.

3.1.3.3 Limite de plasticidade

3.1.3.3.1 *Materiais utilizados*

- Béquer;
- Balança;
- Espátula;
- Tabua de vidro;
- Água destilada;
- Peneira 0.42mm;
- Pipeta;
- Terra;
- Forma (utilizada no lugar da capsula de porcelana);

- Estufa;
- Paquímetro.

3.1.3.3.2 *Descrição*

O ensaio foi realizado conforme a NBR 7180/84, onde foi pesado o solo já seco em estufa proveniente da amostra deformada retirada durante a coleta solo.

Com 100 gramas de solo, colocados numa capsula e saturado o solo, que foram passadas na peneira de 0,42mm;

Figura 46- Pesagem inicial da amostra



Fonte: próprias autoras, 2018.

Posteriormente a amostra foi saturada até adquirir caráter plástico, com 38 ml de água destilada, respeitando o processo de tempo de mistura de 15 a 30 minutos a cada adição de água conforme o prescrito na NBR7181/84.

Depois de adquirida a textura desejada foi tomada cerca de 10g, da amostra modelada na forma de uma esfera. E feita a rolagem, no ritmo de 80 a 90 rolagens por minuto, até adquirir o diâmetro de 3 mm e o comprimento na ordem de 10cm.

Feito esse processo, três vezes sucessivas, com a mesma amostra, para comprovar que a porcentagem de umidade não sobrepusesse a diferença de 5% (cinco por cento) entre uma amostra e outra.

Ponto1:

Figura 47-Pesagem da esfera



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 48- Primeira amostra de plasticidade



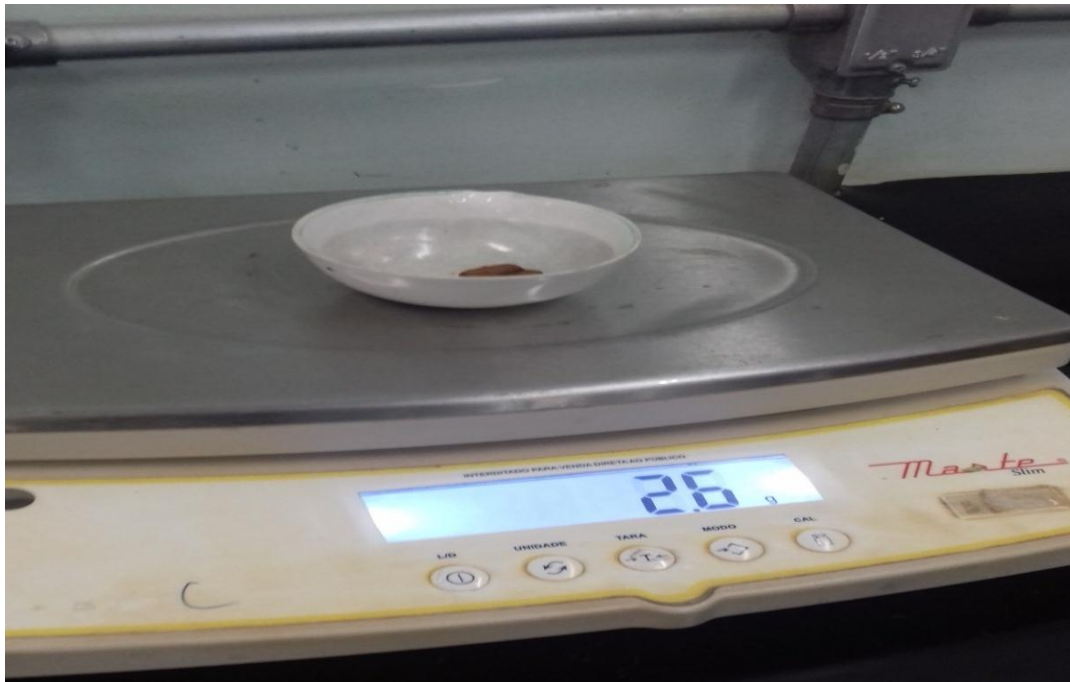
Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 49- Pesagem antes de ir pra estufa



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 50- Pesagem amostra 1 após estufa



Fonte: próprias autoras, 2018.

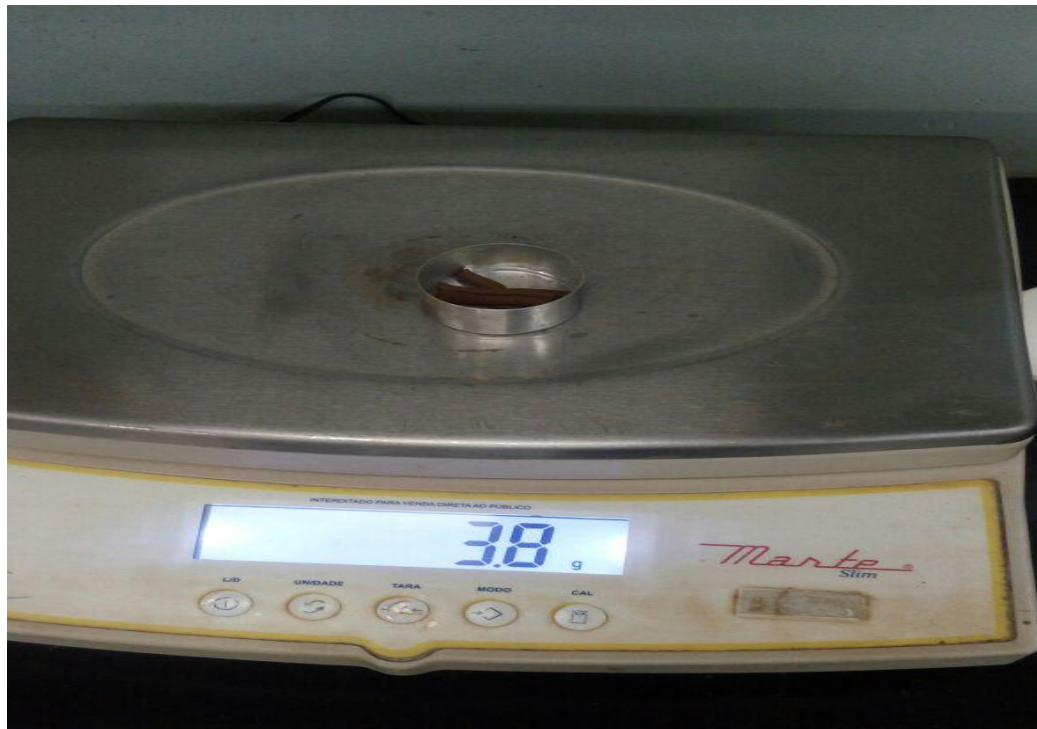
Ponto 2:

Figura 51-Amostra 2 de plasticidade



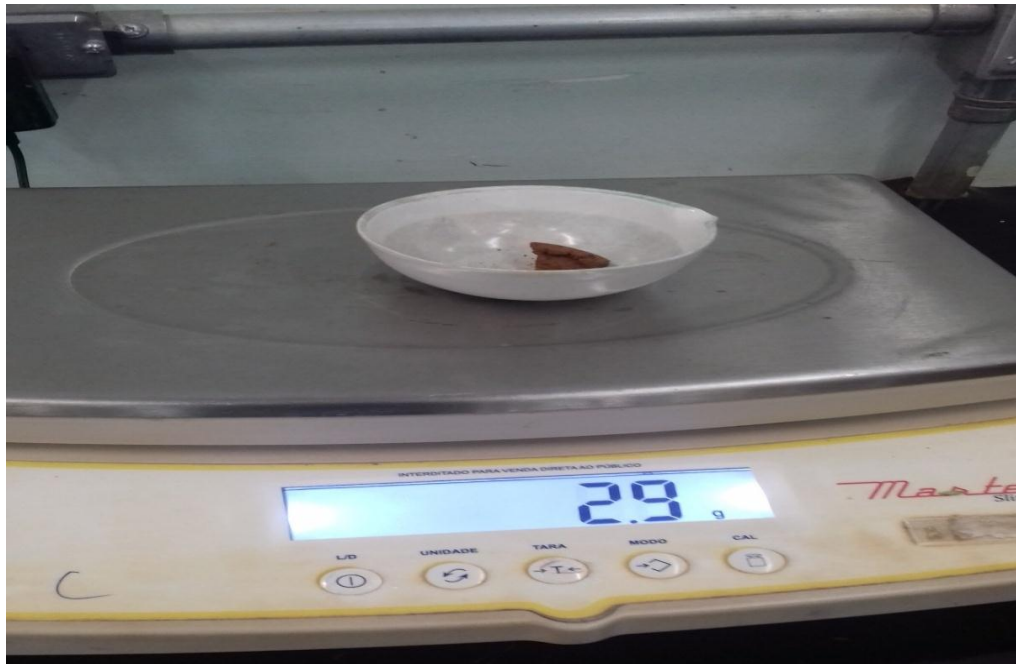
Fonte: Próprias autoras, 2018.

Figura 52-Pesagem amostra 2 antes da estufa



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 53- Pesagem amostra 2 após estufa



Fonte: Próprias autoras, 2018.

Ponto 3:

Figura 54- Amostra 3 de plasticidade



Fonte: próprias autoras, 2018.

Figura 55-Pesagem amostra 3 antes da estufa



Fonte:próprias autoras,2018.

Figura 56- pesagem amostra 3 após estufa



Fonte: próprias autoras,2018.

3.1.3.3.3 Cálculos

$$W = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 \quad (7)$$

W =teor de umidade em porcentagem;

P_h =peso do material úmido;

P_s = peso do material seco.

Tabela 5-Tabela de análise das amostras do teste de plasticidade

Número da amostra	Peso do material úmido	Peso do material seco	W
Amostra 1	3.3 g	2.6 g	21.212%
Amostra 2	3.8 g	2.9 g	23.684%
Amostra 3	3.2g	2.5 g	21.875%

Fonte: próprias autoras,2018.

O limite de plasticidade é obtido a partir da média dos teores encontrados.

$LP = \text{média de } h$

LP =limite plasticidade;

$$LP = \frac{21.212+23.684+21.875}{3} \quad (8)$$

$LP = 22.257\%$ ou $\cong 22.3\%$

Observação: é importante que os valores, não variem de 5% do obtido através da média.

3.1.3.4 Índice de plasticidade

$$IP = LL - LP \quad (9)$$

IP =índice de plasticidade;

LL =limite de liquidez;

LP =limite de plasticidade;

$LL = 25.7$

$LP = 22.3$

$IP = 25.7 - 22.3$

$IP = 3.4\%$

Tabela 6-Tabela de grau de plasticidade do solo conforme índice de plasticidade

Grau de plasticidade	Índice de plasticidade
Fracamente plásticos	$1 < IP < 7$
Medianamente plásticos	$7 < IP < 15$
Altamente plásticos	$IP > 15$

Fonte:Caputo,2012 adaptado pelos autoras.

Segundo a tabela de Caputo o solo em análise pode ser classificado, como fracamente plástico.

3.1.3.5 Índice de consistência

$$IC = \frac{(LL-h)}{IP} \quad (10)$$

IC =índice de consistência;

LL =limite de liquidez;

h =umidade;

IP =índice de plasticidade.

$$IC = \frac{(25.7 - 25.668)}{3.4}$$

$$IC = 9.412 \times 10^{-3}$$

Salienta-se que a umidade empregada, equivale a encontrada no ensaio de limite de liquidez.

Tabela 7-Tabela de índice de consistência do solo

Consistência do solo	Índice de consistência
Muito mole(vasas)	$IC < 0$
Mole	$0 < IC < 0,5$
Médias	$0,5 < IC < 0,75$
Rijas	$0,75 < IC < 1,00$
Duras	$IC > 1,00$

Fonte: CAPUTO, 2012.

Segundo a tabela de caputo a consistência do solo estudado é mole.

3.1.3.6 Ensaio Edométrico

3.1.3.6.1 Descrição

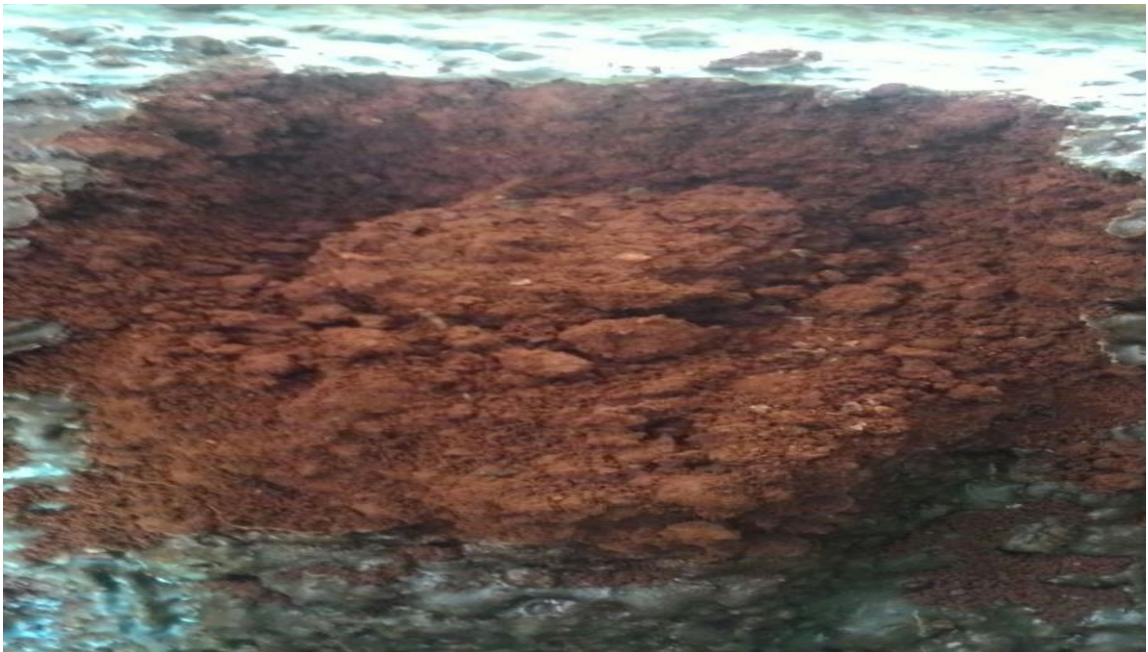
Segundo a norma NBR 12007-MB3336/90 o ensaio tem como objetivo determinar as propriedades de adensamento, conforme a velocidade de deformação e magnitude, quando o solo passa por um regime de confinamento, carregamento e drenagem axial.

O ensaio é realizado no edômetro, e moldado conforme o anel de adensamento. Então a amostra é submetida ao edômetro com aplicação de cargas progressivas.

Cada carregamento é mantido pelo período de um dia, e sua leitura é feita nos intervalos de: 0,1; 0,25; 0,5; 1;2;4;8;15;30;60;120;240;480;1440 minutos (o equivalente a um dia).

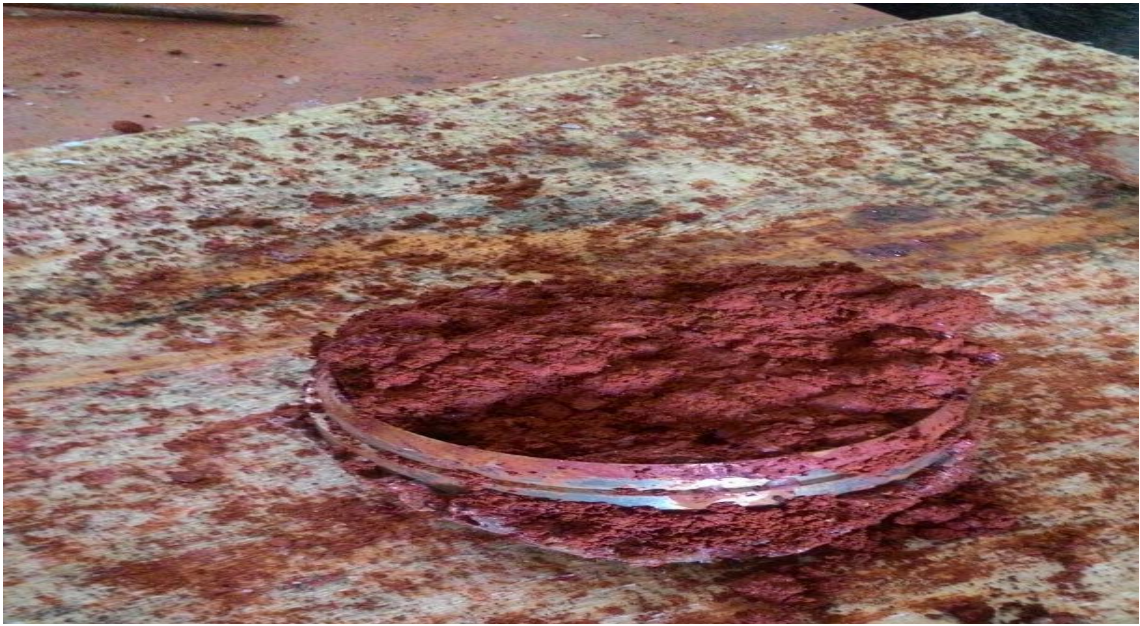
Cada adição de carga duplica a anterior. O ensaio fornece curvas que representam a deformação ao longo do tempo no solo, e o índice de vazios do solo.

Figura 57-Amostra indeformada sendo moldada.



Fonte: LTEC, 2018.

Figura 58-Amostra no anel de adensamento



Fonte: LTEC, 2018.

Figura 59-Prensa de adensamento



Fonte: LTEC, 2018.

3.1.3.6.2 Dados obtidos

No decorrer do ensaio foram feitas leituras de cada carregamento, onde foram registrados os dados mais relevantes, para facilitar na análise do solo.

Os dados foram organizados em dois padrões que se complementam que são; tabelas (tabelas 7 a 9) e os gráficos (Figuras 59 a 61). Referentes às leituras de umidade, altura, índice de vazios e tensão efetiva.

Tabela 8-Tabela de leitura de adensamento

Parâmetro	Valor	Unidade
H_0 = altura inicial (cm)	20,00	mm
e_0 = índice de vazios	0,56	-
M_s =peso da amostra seca	169,92	g
A = área inicial	44,18	cm ²
G_s =peso específico dos grãos	3,00	g/cm ³
w =massa específica da água	1,00	g/cm ³
H_s = altura sólidos	12,82	mm

Fonte: LTEC, 2018.

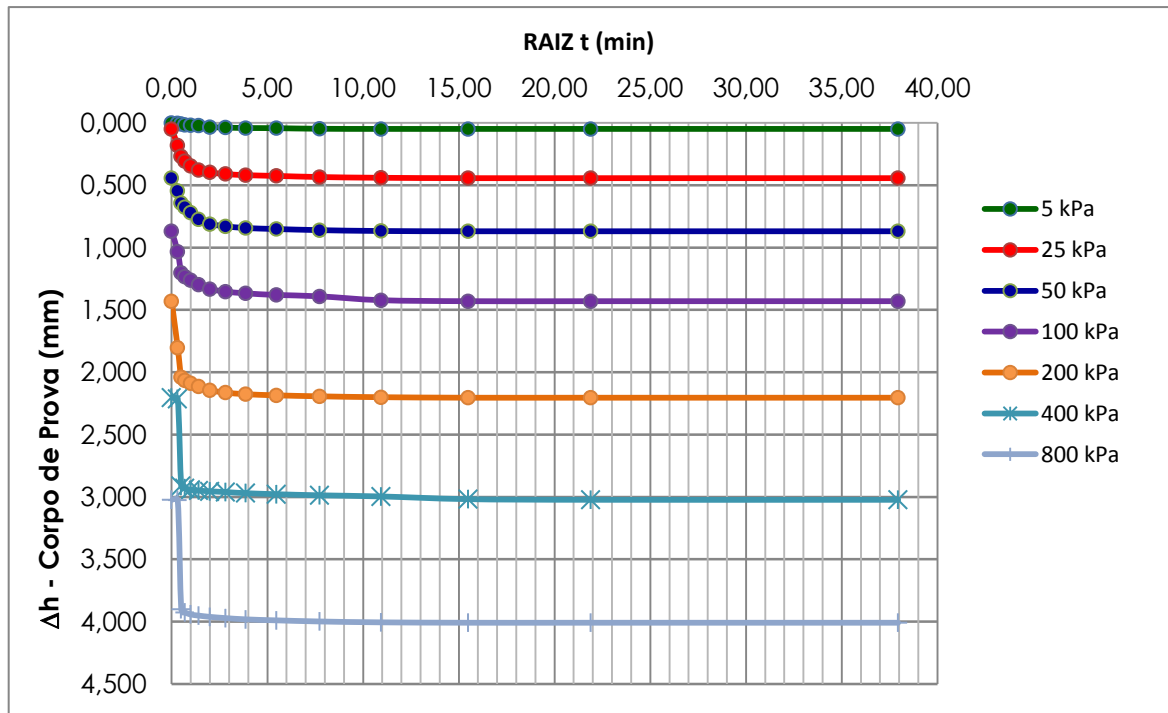
Tabela 9-Tabela de leitura de umidade

Previsão da umidade Final		
Vw inicial	24,62	cm ³
Vw final	24,62	cm ³
w final	14,5 %	

Fonte: LTEC, 2018.

No gráfico seguinte é feita uma análise do recalque devido ao carregamento, demonstrando em caráter decrescente a variação de altura nos carregamentos de 5KPa a 800KPa.

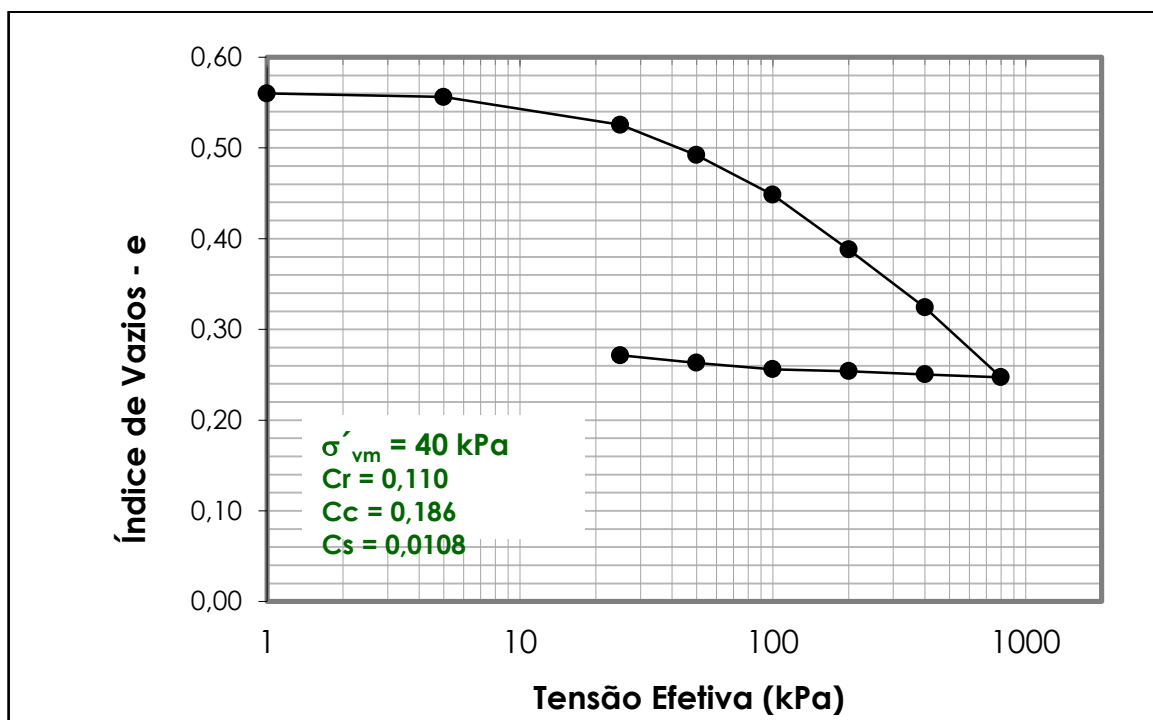
Figura 60-Gráfico de leitura de adensamento referente à todas as cargas aplicadas



Fonte: LTEC, 2018.

Já na figura 60 é feita uma correlação entre o índice de vazios, que corresponde ao percentual de poros no solo e a tensão efetiva no decorrer do ensaio

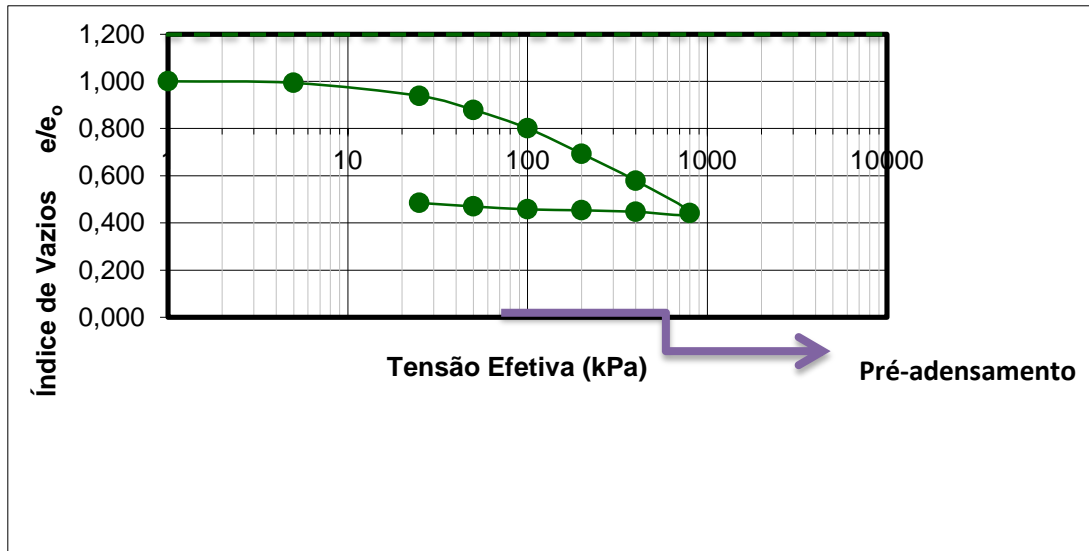
Figura 61-Gráfico de curva de tensão e vs. Tensão efetiva



Fonte: LTEC, 2018.

Enquanto que na figura 62 é feito o traçado do pré-adensamento do solo., de acordo com o índice de vazios obtido, a tensão no início do ensaio e a tensão no decorrer do ensaio (que correspondem as tensões efetivas).

Figura 62-Gráfico de curva de tensão e/e_0 vs. Tensão efetiva.



Fonte: LTEC, 2018.

3.1.3.6.3 Análise dos dados

Tendo em vista os dados obtidos pelo ensaio edométrico uniaxial, será feita a análise de risco de colapso, da amostra colhida.

Iniciando com o cálculo do potencial de colapso, segundo a fórmula de Batista e Bandeira (2012, *apud*, Jening e Knight, 1975), seguinte:

$$PC (\%) = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100 \quad (11)$$

PC = potencial de colapso;

ΔH = variação de altura do corpo de prova devido a sua inundação;

H_0 = altura inicial do corpo de prova;

Tabela 10-Tabela de potencial de colapso

Tensão aplicada	ΔH	H_0	PC (%)
5	0,048	20,0	0,24
25	0,395	19,952	1,98
50	0,426	19,557	2,18
100	0,561	19,131	2,93
200	0,774	18,570	4,6
400	0,819	17,796	4,6
800	0,986	16,977	5,8
400	-0,041	15,991	-0,256
200	-0,044	16,032	-0,2745
100	-0,028	16,076	-0,174
50	-0,089	16,104	-0,055
25	-0,108	16,193	-0,667

Fonte: Próprias autoras, 2018.

Segundo De Melo e Bandeira (2014, *apud*, Vargas, 1978, p.4), o solo é colapsível para valores de potencial de colapso, superiores a 2%.

Batista e Bandeira (2012, *apud*, Jening e Knight, 1975) citam que, há cinco tipos de definição para colapso. Isso por que autores desenvolveram o tema, tendo como referencial, a aplicação em obra de forma que, o potencial colapso, pode definir o solo estudado, em parâmetros que vão de sem problema a problema muito grave, como pode ser visto na Tabela 11.

Tabela 11-Tabela de parâmetros de definição segundo Jening e Knight

Potencial de colapso	Parâmetros de definição
$0 < PC < 1$	Sem problema
$1 < PC < 5$	Problema moderado
$5 < PC < 10$	Problemático
$10 < PC < 20$	Problema grave
$PC > 20$	Problema muito grave

Fonte: Jening e Knight adaptado por Batista e Bandeira, 2014.

Conforme os dois critérios de avaliação de colapso, foi traçado o perfil de colapso, ilustrado na forma de tabela (Tabela 12), onde foi possível observar, a tendência de colapso de acordo com a carga aplicada.

Tabela 12-Qualificação do solo devido ao potencial de colapso

Tensão de carga (KPa)	Potencial de colapso	Vargas	Jening e Knight
5	0,24	Não colapsível	Sem problema
25	1,98	Colapsível	Problema moderado
50	2,18	Colapsível	Problema moderado
100	2,93	Colapsível	Problema moderado
200	4,6	Colapsível	Problema moderado
400	4,6	Colapsível	Problema moderado
800	5,8	Colapsível	Problemático

Fonte: próprias autoras, 2018.

Através da análise dos dados obtidos, é possível observar que o solo não possui uma incidência séria de colapso, e seu caso mais grave é referente à carga de 800 KPa, com a definição de incidência de colapso classificada como; problemático. E em outras cargas, seu potencial é praticamente fixo em problema moderado, não chega a um caso grave de colapso.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das análises obtidas, no decorrer do trabalho, como; os ensaios de solo e os sistemas de mapeamento, cálculos e os parâmetros bibliográficos foi possível fazer uma análise de solo e identificar suas potencialidades.

O solo estudado pode ser definido como um solo com relevo de chapadas conforme o mapa de geológico. Outro fator que foi possível analisar através de mapeamento foi a classificação do solo, conforme SIBCS, segundo o mapa de solo obtido através da SIEG(2017), foi possível constatar que o solo em questão trata-se de um latossolo.

Nos ensaios executados, constatou-se que o solo, possui uma quantidade de grãos médios, tendo em vista a análise de peneiramento, feita pela granulometria. Nos ensaios de limite de Atterberg (liquidez e plasticidade), ficou concluído que é solo fofo, e pouco plástico.

Já no ensaio edométrico, observou-se a influência do carregamento tendo como contrapartida a deformação, onde através dessas medições de recalque, por meio de altura, foi possível concluir, o potencial de colapso do solo.

Além disso ,tornou-se notável o comportamento do solo em função do carregamento, demonstrado com parâmetros, como; tensão efetiva, índice de vazios e diferença de altura(sendo esse fator o recalque sofrido com o carregamento).

Dado tal fato, em parâmetros de De Melo e Bandeira (2014, *apud*, Vargas, 1978, p.4) e Batista e Bandeira (2012, *apud*, Jening e Knight, 1975), ficou determinado que aquele solo regional, é colapsável sob o óbice de um desses parâmetros, e de colapso moderado através da análise feita com o outro. Entretanto mesmo, com o colapso, não sendo tão acentuado é necessário tem em vista, o tipo de carregamento que o solo sofrerá.

Levando-se em conta as proposições iniciais do estudo, versus os resultados obtidos, é possível afirmar que o estudo obteve êxito, ao atingir as expectativas, do que se era suposto.

Como um acréscimo, um ponto interessante nesse solo em estudo, foi sua constituição, altamente concentrada por pedregulho no horizonte B (abaixo de um metro da superfície), pois a presença do mesmo deixou o solo com um aspecto mais firme, funcionando com uma espécie de agregado graúdo deste tipo de solo, o deixando mais firme.

De forma que é um caso a se pensar, a forma como a presença de pedregulho no solo afeta sua resistência, se seria uma variante de acréscimo de resistência, oferecendo um aspecto mais consolidado para o solo ou não. E tal questão, fica como proposição para pesquisas

futuras, ou seja, um estudo da influência da presença, material grosso, de constituição e sua influência na resistência do solo as cargas.

Além disso o trabalho desenvolvido, pode servir de material de apoio para outras pesquisas à respeito do colapso do solo, principalmente na região centro-oeste.

REFERÊNCIAS

A água armazenada como parte do ciclo de água. Disponível em: < http://www.sanasa.com.br/conteudo/conteudo2.aspx?f=G&par_nrod=557&flag=PC-2>. Acesso em: 08 abr.2018..

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12007-MB 3336:** solo ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro,1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5734:** peneira de ensaio e ensaio de peneiramento. Rio de Janeiro,1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457:** amostras de solo-preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459:** solo-.determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180:** solo-determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181:** solo-análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9604:** abertura de poço e trincheira de inspeção em solo,com retirada de amostras deformadas e indeformadas. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9820:** coleta de amostras indeformadas de solo de baixa consistência em furos de sondagem. Rio de Janeiro, 1997.

AMAZONAS. Embrapa Amazônia Ocidental. **Caracterização de Latossolo Amarelo no município de Parintins:** Estado do Amazonas: alguns atributos físicos, químicos e hídricos. Disponível em:<<https://www.embrapa.br/busca-d-e-publicacoes//publicacao/1001409/>>

caracterizacao- de- latossolo -amarelo-no-municipio-de-parintins-estado- do- amazonas - alguns- atributos –fisicos -quimicos-e-hidricos>. Acesso em: 09 abr. 2018.

AMAZONAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável-SDS.

Sumário da proposta de zoneamento ecológico e econômico da sub-região do Purus.

Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/A29EB9BD/Resumo_PropZEE_SubRegiaoPorus.pdf>. Acesso em: 14.abr.2018.

ANDREOLI, Cleverson. V. **Formação e características dos solos:** para o entendimento de sua importância agrícola e ambiental. Disponível

em:<<http://sme.pontagrossa.pr.gov.br/agrinhosolos.pdf>>. Acesso em: 03 abr.2018.

Apostila de solos: formação do solo. Disponível

em:<http://files.ronaldopedreira.webnode.com.br/200000097-23_d0a_24cab/APOSTILA%20SOLOS.pdf>. Acesso em: 09 abr.2018.

BATISTA, W. F. B.; BANDEIRA, Ana Patrícia Nunes . **Análise do Potencial de Colapso do Solo de Juazeiro do Norte-CE:** por meio de Ensaios de Laboratório e de Campo. In: VIII Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, 2015, Fortaleza. VIII Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, 2015.

BERTONI, José; NETO, Francisco Lombardi. **Solo:** Conservação do solo.7.ed.São Paulo: Ícone, 2010.

BOTELHO, Betânia Severino. **Equipamento triaxial cúbico para ensaios:** em solos saturados e não saturados com sucção matricial controlada. 116f. Dissertação. 2007. (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2007.

BRADY, Nyle. C e WEIL, Ray R. **Ciência do solo:** elementos da natureza e propriedades dos solos. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRASIL, EMBRAPA. **Cerrado: adubação verde**. 1. ed. Planaltina: 2006, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

BRASIL, EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 3.ed. Brasília: 2013, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

CAMPOS, Patrícia Mauricio. **Influência Físico-Hídrica nos atributos diagnósticos em latossolos do distrito federal**. 110p. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2009.

CARDOSO, Fabrício Bueno da Fonseca **Análise química, mineralógica e micromorfológica de solos tropicais colapsíveis: E o estudo da dinâmica do colapso**. 157f. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, 1995.

CARVALHO, Limirio de Almeida, et al. **Aspectos Agro e Zooecológicos : Processo de Formação do Solo**. Disponível em:
<<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/aspectos/processo.html>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

CHAUVEL , Armand. **Os latossolos amarelos, alicos, argilosos** : dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha . Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/aa/v12s3/1809-4392-aa-12-3s-0047.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2018.
Compressibilidade e adensamento dos solos. Faculdade de Engenharia –NuGeo/ Núcleo de Geotecnia. Disponível em:<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2_unid03.pdf>. Acesso em: 27 abr.2018.

COUTINHO, R.Q e SEVERO, R.N.F. **Investigação geotécnica: para projeto de estabilidade de encostas**. 55f. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. Disponível em:<<https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobrae/2009-coutinho.pdf>>. Acesso em: 01 mai.2018.

DA FONSECA, A. Viana. **Caracterização de solos residuais em projeto geotécnico:** assistido por ensaios. Disponível em:<<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67289/2/42547.pdf>>. Acesso em: 15 abr.2018.

DA MATA, Prof. José de Deus Viana. **Apostila de classificação dos solos.** Maringá, PR, 2007.

DAS, BRAJA. M. **Geotécnica:** fundamentos de engenharia geotécnica. Tradução: EZ2Translate.Revisão técnica:Leonardo Fagundes Rosembach .Miranda.7^a edição.São Paulo.Cengage Learning,2012.

DE CARVALHO, José Camapum. **Solos não saturados no contexto geotécnico.**São Paulo,2015. Disponível em :< https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/livros/Solos_ao_saturados_no_contexto_geotecnico_2015.pdf>. Acesso em 17abr.2018.

DE LOLLO, José Augusto. **Solos Colapsíveis:** Identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas. 1^a edição. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008.

DE MELO, Carlos Ernesto e BANDEIRA, Ana Patricia Nunes. **Estudo do colapso dos solos para dimensionamento de fundações superficiais.** Disponível em:< https://www.abms.com.br/links/bibliotecavirtual/cobramseg/2014/604793_80_artigo_cobramseg2014_Melo_Bandeira.pdf>.Acesso em: 05 abr.2018.

DE OLIVEIRA, Cíntia Magda Gabriel. **Carta de risco de colapso de solos:** para a área urbana do município de Ilha Solteira-SP. 128f. Dissertação. 2002. (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia de engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2002.

DO AMARAL, Fernando Cezar Saraiva et.al.**Classificação da potencialidade do Projeto de Irrigação Baixio de Irecê para a produção de cana-de-açúcar.** Relatório técnico. 61f. 2012.

DO NASCIMENTO, Paulo César et.al. **Caracterização, classificação e gênese de solos hidromórficos em regiões litorâneas do Estado do Espírito Santo**. Disponível em:<<http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/380/248>>. Acesso em 08 abr.2018.

DO PRADO,Hélio. **Pedologiafacil**.Disponível em:< [http:// www. Pedologiafacil .com. br/solopaisagem .php](http://www.Pedologiafacil.com.br/solopaisagem.php) >.Acesso em: 03 abr. 2018

DOS SANTOS, Raphael David; DE LEMOS Raimundo Costa; DOS SANTOS, Humberto Gonçalves; KER, João Carlos; DOS ANJOS, Lúcia Helena Cunha; SHIMIZU, Sérgio Hideti. **Manual de descrição e coleta de solo: No campo**. 6. ed. Viçosa: sociedade brasileira de ciência do solo,2013.

EMBRAPA. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**. 1. ed.Planaltina, DF, 2004.56p. **Estudo sobre as ciências Agrárias: formação dos solos**. Disponível em:<<http://bernardoagro.blogspot.com.br/2011/03/formacao-de-solos.html>>. Acesso em: 29 mar.2018.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro,RJ,2011.226p.Disponível em: [https://www. researchgate. net/publication/267038200_ Manual_ de_ Metodos_de_ Analise_de_ Solo_2a_ Edicao](https://www.researchgate.net/publication/267038200_Manual_de_Metodos_de_Analise_de_Solo_2a_Edicao) >.Acesso em 01 mai.2018.

FACCO, Ronaldo. **Influência dos parâmetros físico-hídricos do solo na conformação das vertentes**: na formação Santa Maria (membro Alemoa) no bairro Camobi e distrito de Pains, Santa Maria, RS.87f. Dissertação. 2017. (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Curso de Pós-Graduação em Geografia, Área de concentração Análise Ambiental e Dinâmica Espacial, Santa Maria, 2017.

Formação do solo. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/formacao-do-solo>>.Acesso 28 mar.2018.

Geologia básica .CPRM. - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais,Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica-26>.Acesso em: 01 mai. 2018.

Geomorfologia: geologia e recursos minerais do estado de Goiás e do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/geolgoias/geolgoias_geomorfologia.pdf> Acesso em: 28 abr.2018.

GONÇALVES, M.C et.al. **A salinização do solo em Portugal. Causas, extensão e soluções.** Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2015000400009> Acesso em: 15 abr. 2018.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências:** Manual técnico de pedologia. 2.ed.Rio de Janeiro,RJ,2007.320p.

KANASHIRO, Marta. **Colapso do solo:** Pesquisa elabora primeira carta brasileira de risco. Ciência e Cultura. São Paulo, v.55, n.3, julho/setembro 2003.

KER, João Carlos. **Latosolos do Brasil:** uma revisão. Disponível em:<http://general.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/5_1_17_40_Ker.pdf>. Acesso em: 14 abr.2018.

KNAPPETT, J.F E CRAIG, R.F. **Craig mecânica dos solos.** 8ª ed.Rio de Janeiro,2018.

Laboratório de mecânica dos solos: conceito de plasticidade; ensaios LL, LP, LC.

Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/5/50/Aula_2_Plasticidade.pdf>. Acesso em: 01 mai.2018.

LEPSCH, Igo. F. **Ciência de solos:** 19 lições de pedologia. 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

LEPSCH, Igo. F. **Solos: formação e conservação dos solos.** 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LOURO, Cássia Ferraz, et.al. **Utilização de Expansocolapsômetro na Determinação do Colapso no solo de Rondonópolis–MT,** Belo Horizonte, 19-22 out. 2016. Disponível em: <https://_UTILIZACAO_DE_EXPANSO-COLAPSOMETRO_NA_DETERMINACAO_DO_COLAPSO_NO_SOLO_RONDONOPOLIS_-_MT.>.Acesso em: 15 abr.2018.

MARANGON, Prof. M. **Mecânica dos solos II**:unidade 3-Compressibilidade e Adensamento dos solos. Disponível em:<http://www.ufjf.br/nugeo/files/2009/11/ms2_unid03.pdf>. Acesso em: 16 abr.2018.

MARTINS, Fernanda Pereira. **Caracterização Física e Química de Latossolos e Gleissolos**: No campo Murundu do córrego da Fortaleza, Chapada Oeste do Triângulo Mineiro.92f. Dissertação. 2014.(Mestrado)-Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, 2014.

Mecânica dos solos- notas de aula:unidade 9-Resistência ao cisalhamento dos solos.

Disponível em:<<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2013/03/unidade-9-e28093-resistencia-ao-cisalhamento-dos-solos.pdf>>. Acesso em: 16 abr.2018.

MOTTA, Eduarda Queiroz & FERREIRA, Silvio Romero de Melo. Variações da compressibilidade e do potencial de colapso de um solo perante diferentes líquidos de inundação. **REA- REVISTA DE ESTUDOS AMBIENTAIS**. Blumenau: Fundação universidade regional de Blumenau: FURB, v.13, n.1(2011). p 28 a 41.

NETO, José Pereira de Queiroz. **Pedologia**: conceito, método e aplicações. 1984.p.8.Disponível em:< <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47088/50809>> Acesso em:15.abr.2018.

NETO, Luís de França da Silva. **Pedogênese e matéria orgânica de solos hidromórficos da região metropolitana de Porto Alegre**. 117f. Tese. 2010. (Doutorado)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 2010.

Ordem dos Engenheiros organiza visita técnica ao complexo hidroelétrico de Alqueva.Disponível em:< <https://www.engenhariacivil.com/tema/barragens>>.Acesso em:08 set.2017.

Pes, Luciano Zucuni. **Solos**. Disponível em:<

http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_fruticultura/segunda_etapa/arte_solos.pdf.Acesso em:03 abr.2018.

.Podzolização: **O Transporte Da Fertilidade Do Solo**. Disponível em: <<http://meioambiente.culturamix.com/natureza/podzolizacao-o-transporte-da-fertilidade-do-solo>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

PÓVOA, Rui Ferreira. **Simulação de comportamento de um solo artificialmente estabilizado**: com o modelo Clay estruturado modificado. 82f. Dissertação. 2014. (Mestrado) Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, 2014.

PRIMAVESI, Ana. **A agricultura em regiões tropicais: Manejo ecológico do solo**. 2ª reimpressão. São Paulo: Nobel Franquias, 2009.

RAMOS, Ana Lúcia Lages de Souza. **Características Micromorfológicas de Latossolos Vermelhos e Vermelhos-Amarelos**: da porção norte da bacia do córrego do Rio grande, em Gouveia. 140f. Dissertação. 2008. (Mestrado)- Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, 2008.

REINERT, Dalvan José e REICHERT, José Miguel. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, 2006. Disponível em: http://portais.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf. Acesso em: 29 abr. 2018.

RESENDE, Mauro & Curi, Nilton & DE RESENDE, Sérvulo Batista & CORRÊA, Gilberto Fernandes. **Pedologia**: Base para distinção de ambientes. 5ª edição. Lavras: UFLA, 2009.

ROCHA, Melina Freitas. **Influência do perfil de sucção**: em obras de contenção em solos não saturados. 113f. Dissertação. 2013. (Mestrado)- Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil- Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, 2013.

SILVA JUNIOR, Arlam Carneiro. **Avaliação das flutuações sazonais de umidade e sucção**: Em um perfil de solo tropical. 137f. Dissertação. 2011 (Mestrado) Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil, 2011.

Solo feito de bactérias que podem prevenir os edifícios de entrar em colapso. Disponível em:<[https://cienciaemportugues.wordpress.com/2016/11/01/solo-feito-de-bacterias-que-podem-prevenir -os-edificios -de-entrar-em-colapso/](https://cienciaemportugues.wordpress.com/2016/11/01/solo-feito-de-bacterias-que-podem-prevenir-os-edificios-de-entrar-em-colapso/)>. Acesso em: 04 abr.2018.

TEOBALDO, Débora. **Potencialidade do sensor worldview2 na detecção de Hematita e Goethita em solos tropicais.**83p.Dissertação(Mestrado) Universidade de Brasília, Distrito Federal,2016.

TOSTA, Nadya Jakéllya dos Santos Reinaldo. **Cobertura Vegetal e mudança de uso da terra de 1985 e 2015:** Na bacia do rio dos bois- Goiás. 74f. Dissertação. 2016. (Mestrado)- Centro Universitário de Anápolis-UniEvangélica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente, Anápolis, 2016.

TOLETO, M.C.M.; OLIVEIRA, S.M.B.; MELFI, A.J. Intemperismo e formação do solo. In: TEIXEIRA, W. *et al.* Decifrando a Terra. São Paulo: Of de Textos, 2000.

Uso agrícola dos solos brasileiros. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/328096/uso-agricola-dos-solos-brasileiros>>. Acesso em: 02 mar. 2018.

VASCONCELOS, Anelisa. **Transporte de contaminantes em meios porosos saturados e não saturados:** estudo de caso: vazamento de gasolina. 189f. Dissertação. 2008. (Mestrado) Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Ouro Preto, 2008.

VELLOSO, Dirceu de Alencar & LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações:** critérios de projeto-investigação do subsolo-fundações superficiais. 2ª edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.