1.1 Introdução

A palavra caracterização é usada neste trabalho para descrever um conjunto de procedimentos para determinar as propriedades físicas e mecânicas que uma rocha possui de modo a conhecê-la e prever o seu comportamento antes de ser aplicada em qualquer área das geoengenherias. Em construção civil essa importância aumenta consideravelmente, uma vez que para além de estar em causa a segurança geral dos utentes, outros impactos nocivos à economia e ao ambiente podem ser atenuados ou mesmo evitados se existir numa fase anterior a sua utilização, um estudo adequado dessas propriedades. Para o efeito, recolheram-se amostras de rochas calcárias com características dolomíticas no **Morro do Chingo-Sumbe** a fim de constatar se as mesmas apresentam as características físicas e mecânicas para serem aplicadas em construção civil.

Visto que o calcário é uma rocha de vasta aplicação destacadas nas industriais agrícolas, cimenteira, construção civil, metalúrgica e tantas outras em que o calcário tem tido grande impacto, todavia a aplicabilidade do calcário na indústria não deve ser feito de forma desinformada, é imprescindível fazer um estudo sério e responsável para determinar as propriedades que possibilitam caracterizar e classificar o material rochoso, sendo isto feito antes de se pensar em explorar a rocha seja qual for o fim.

Verificando que o défice de informações sobre as características das jazidas de calcário em Angola, decidimos contribuir com este trabalho de maneira a mitigar este mal, para tal realizamos um estudo na jazida de calcário existente na zona do morro do Chingo na província de Kwanza-sul município do Sumbe que tem como objectivo determinar as características físicas e mecânicas do calcário da mesma localidade.

1.2 - Formulação Do Problema:

A construção civil hoje no mundo é absolutamente dependente de rochas para seus processos constructivos, seja como agregado, como ornamentos, como matéria prima de produtos industrializados ou outros usos correntes. É comum verificar nas rotinas das construções o manuseio de algum material originário das mais diversas espécies de rochas existentes nas regiões em que são implantados os empreendimentos. Esta dependência de produtos originários de rochas ainda deve perdurar por longo tempo, pois não se vislumbram muitas pesquisas que visem substituição por materiais de outras origens.

Para que se consegue realizar uma exploração do material natural de maneira econômica e sustentável é preciso delinear a extração do produto com a sua aplicação em obras e não só, pois uma exploração anárquica compromete não apenas o meio ambiente como os técnicos e as estruturas que venham a ser erguidas com o material explorado em jazidas sem informações técnicas.

A exploração Jazida de calcário do Morro do Chingo tem sido já algum tempo condicionada devido **falta de informações das características físicas e mecânicas do calcário da zona do morro do chingo**, que permitir a auferir as qualidades da mesma para serem usadas em construção civil.

1.3 - Hipótese:

Se realizarmos ensaios laboratoriais nos permitirá caracterizar o calcário existente na zona de morro do Chingo, com base nas normais internacionais e outras mundialmente aceites para usos de rochas e agregados.

1.4 - Objectivos

1.4.1 - Geral:

Caracterizar física e mecanicamente a rocha calcária da zona do morro do Chingo.

1.4.2 - Específicos:

- Realizar ensaios nas amostras;
- Determinar por meio de ensaios as propriedades físicas e mecânicas da rocha;
- Explanar sobre as várias possibilidades de aplicação das rochas na construção civil;
- Analisar os resultados do ensaio.

1.5 - Justificativa:

No âmbito do projecto de reabilitação e requalificação das estradas nacionais, o Governo Central pretende reabilitar a Estrada Nacional Número 100 (EN 100), Lote 3 sob a ponte do rio Keve no município do Sumbe, para o efeito, foi solicitada a empresa SS ANGOLA, após o estudo de viabilidade técnica e econômica a empresa deparou-se com problemas de logísticas, ou seja, o material a usar-se para a pavimentação encontra-se a uma distância que inviabilizará o projecto pelo orçamento apresentado.

Mas, após um trabalho de levantamento geológico a empresa conseguiu localizar uma jazida de calcário com potencial para ser usado como material de empréstimo da obra, com uma localização que do ponto de vista logístico viabilizará o projecto de construção da estrada EN 100 pela empresa sem houver a necessidade de alteração do orçamento.

Porém, apesar de ser encontrado a jazida de calcário que facilita a logística debateram-se com um outro problema de falta de informações das características físicas e mecânicas do calcário da zona do morro do Chingo. Desta feita é de grande importância a realização de estudos no

material rochoso de maneira a permitir a auferir as qualidades física e mecânica da mesma para serem usadas em construção de estrada.

Com a elaboração deste trabalho pretendemos, agregar informações técnicas e maior confiabilidade a respeito das condições físicas e mecânicas do calcário da zona de morro do Chingo e a apresentar dados reais por meio do estudo feito em laboratório.

1.6 – Delimitação e limitação

O tema delimitou-se ao estudo da rocha extraída na jazida calcária do Morro do Chingo. No tempo, o estudo se enquadra no horizonte 2020-2021.

A limitação do trabalho prendeu-se essencialmente com a impossibilidade por questões de logística e pela situação pandêmica, em fazermos um levantamento de campo que nos ajudariam a perceber e caracterizar geomecanicamente o maciço rochoso.

1.7 - Métodos e Materiais

O presente trabalho foi realizado em três etapas distintas desde o estudo bibliográfico até a análise e discussões dos resultados dos ensaios. A seguir descritas:

- **Estudo Bibliográfico**

Permitiu reunir a maior quantidade possível de informações relacionadas ao tema de caracterização do calcário física e mecanicamente. Mediante a consulta de livros e publicações cientificas, artigos técnicos, revistas dos principais sites de busca da internet, etc. Foram bastente útil para materialização do tema em questão culminando com uma revisão seria e rigorosa.

- **Ensaios Laboratoriais**

Os ensaios laboratoriais foram necessário determinação dos parâmetros técnicos e sobretudo forneceu-nos ferramentas investigativa para a caracterização do nosso objecto de estudo. Os ensaios foram realizados em instituições distintas como CICGA, ISTM e Faculdade de Ciências Humanas da UAN, após a recepção e preparação das amostras que foram recolhidas pelos técnicos da empresa SS Angola.

Para este trabalho de caracterização foram selecionados alguns que entendemos como de grande importância para alcançarmos o objectivo, temos a destacar os ensaios físicos e mecânicos:

- Determinação da Densidade aparente, Absorção da água e Porosidade
- Ensaios da Resistência À Compressão Lnec E226 - 68
- Ensaio de Degradabilidade (Nf P94-067)
- Ensaio de Fragmentabilidade (Nf P94-066)
- Ensaio de Abrasão Los Angeles Lnec E237 – 70

- **Analise e discussões dos resultados**

Para análise, discussões usou-se as informações disponíveis em normais e nas informações adquiridas de forma generalizada sobre o tema e os respectivos ensaios.

Como se pode verificar esquematicamente na figura 1

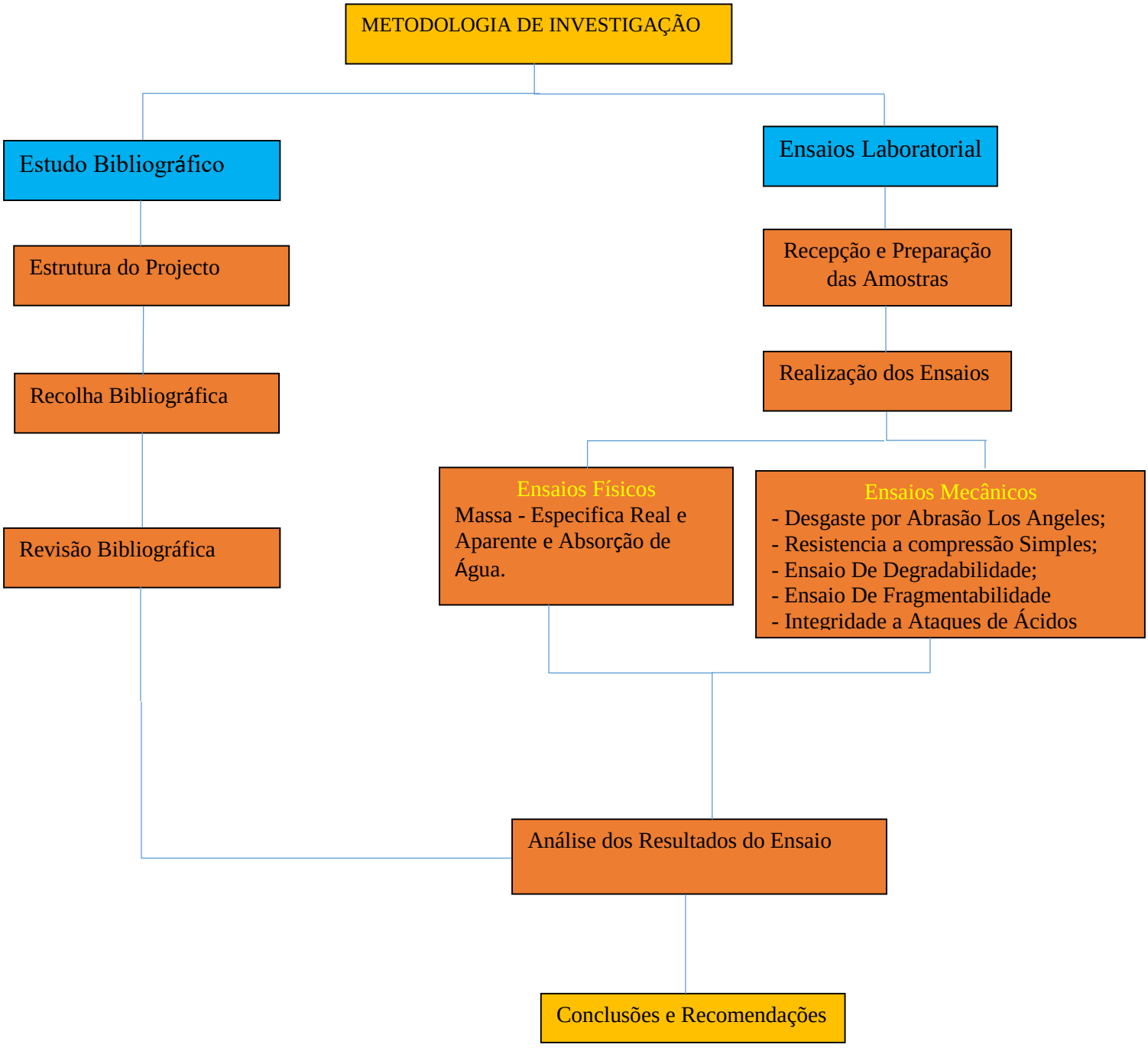


Figura 1: Esquema da Metodologia usada na investigação

1.8 - Estrutura do Trabalho

O trabalho foi estruturado da seguinte maneira:

Capítulo I – Generalidade: Apresenta-se o marco cientifico para definição do tema, dos objectivos, justificativa, elaboração do plano de pesquisa, delimitação do escopo e a organização do trabalho.

Capítulo II – Enquadramento teórico: Descrever-se-á os aspectos importantes para melhor compreensão e entendimento a considerar na revisão bibliográfica dos assuntos que envolvem o trabalho.

Capítulo III – Caracterização da região de estudo: Far-se-á a descrição geográfica, socioeconômico assim como geológica da área para melhor compreensão da zona em estudo.

Capítulo IV– Apresentação dos resultados: Apresentar-se-á uma ideia geral dos resultados obtidos nos ensaios realizados que permitirão caracterizar a rocha, assim como efectuar a respectiva análise

Capítulo V– Conclusões: Explanar-se-á sobre as conclusões alcançadas com está pesquisa, sugerindo alguns pontos novos para continuação e melhoria da mesma.

2.1 **Conceito De Rochas**

Rocha é definida como um corpo sólido natural, resultante de um processo geológico determinado, formado por agregados de um ou mais minerais, arranjados segundo as condições de temperatura e pressão existentes durante sua formação. Também, podem ser corpos de material mineral não cristalino, como o vidro vulcânico e materiais sólidos orgânicos, como o carvão (ISAIA, 2007).

De acordo com LAMAGUTI (2001), quando uma rocha é constituída predominantemente por uma só espécie mineral ela é dita monominerálica. Exemplos são os quartzitos (quartzo), mármores calcíticos (calcite), mármores dolomíticos (dolomite), serpentinitos (serpentine).

Quando uma rocha é formada por várias espécies minerais ela é dita poliminerálica. É o caso, por exemplo, dos granitos (quartzo, feldspatos, micas, anfibólios e piroxênios).

2.1.1 Classificação Geológica Das Rochas

As rochas classificam-se em três grandes grupos, descritos a seguir.

a) Rochas ígneas

Rochas ígneas ou magmáticas são aquelas que resultam da solidificação de material rochoso (denominado de magma), gerado no interior da crosta terrestre. O magma em determinadas circunstâncias, emerge na superfície terrestre, na forma de lava. Após esta lava ser expelida na superfície ela se solidifica e formam-se assim as rochas. As rochas resultantes são, por isso, denominadas vulcânicas ou extrusivas. Ao contrário, a consolidação do magma no interior da crosta gera rochas denominadas plutônicas ou intrusivas.

As rochas plutônicas ou intrusivas, formadas em profundidade, resultam de lentos processos de resfriamento e solidificação do magma, constituindo material cristalino geralmente de granulação grossa. Exemplos são: granitos, gabros, sienitos, dioritos e outros. As rochas vulcânicas ou extrusivas são formadas na superfície terrestre, ou nas suas proximidades, pelo extravasamento, explosivo ou não, de lava por orifícios vulcânicos.

O rápido resfriamento resulta em material vítreo ou cristalino de granulação fina. Exemplos são: riólitos, basaltos e outros (ISAIA, 2007).

Há ainda, de acordo com a NBR 6502, mais uma classificação para as rochas ígneas, que ocorre em função da profundidade de origem e recebe a denominação de rocha hipoabissal. Estas rochas originam-se em profundidades intermediárias entre as plutônicas e as vulcânicas, tendo ocorrência em forma tubular (dique), camada (sill ou soleira) ou filonar. Por exemplo: apito, diabásio, pegmatito. Dependendo do teor de sílica presente nas rochas ígneas, elas podem ser denominadas ácidas (> 65%), intermediárias (65 a 52%), básicas (52 a 45%) e ultrabásicas (< 45%). Nos tipos "ácidos", o silício está presente tanto na forma de óxido (sílica), como na de silicato. O óxido aparece como quartzo. A presença de silício na forma de óxido confere maior dureza à rocha. As rochas ígneas são, na sua maioria, ótimos materiais de construção devido as características de alta resistência e durabilidade.

b) Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são aquelas formadas por meio da erosão, transporte (fluvial, marítimo ou eólico) e deposição de sedimentos (clastos ou detritos) derivados da desagregação e decomposição de rochas na superfície terrestre, da precipitação química ou, ainda, do acúmulo de fragmentos orgânicos (ISAIA, 2007). As rochas clásticas ou detríticas provém de fragmentos (sedimentos) de rochas preexistentes, os quais se depositam em um dado ambiente e são consolidados por pressão de sobrecarga (das camadas superiores) e/ou por cimentação. Exemplo deste tipo de rocha é o arenito. Outros tipos de rochas sedimentares são as químicas, as quais são formadas a partir de íons dissolvidos na água que se combinam e precipitam na forma de substâncias, em geral, cristalinas (FRAZÃO, 2002).

c) Rochas metamórficas

Rochas metamórficas são derivações de rochas preexistentes. São consequências das mudanças químicas e estruturais das rochas no estado sólido, devido às alterações nas condições de ordem física e química abaixo da superfície terrestre. Dentre estas alterações podem ser citadas as diferenças de pressão, temperatura e dos fluídos presentes na estrutura – geralmente água. Dentre as rochas metamórficas mais utilizadas podem ser destacadas o mármore, o quartzo, o gnaisse, a ardósia e o filito (MAGALHÃES, 2011).

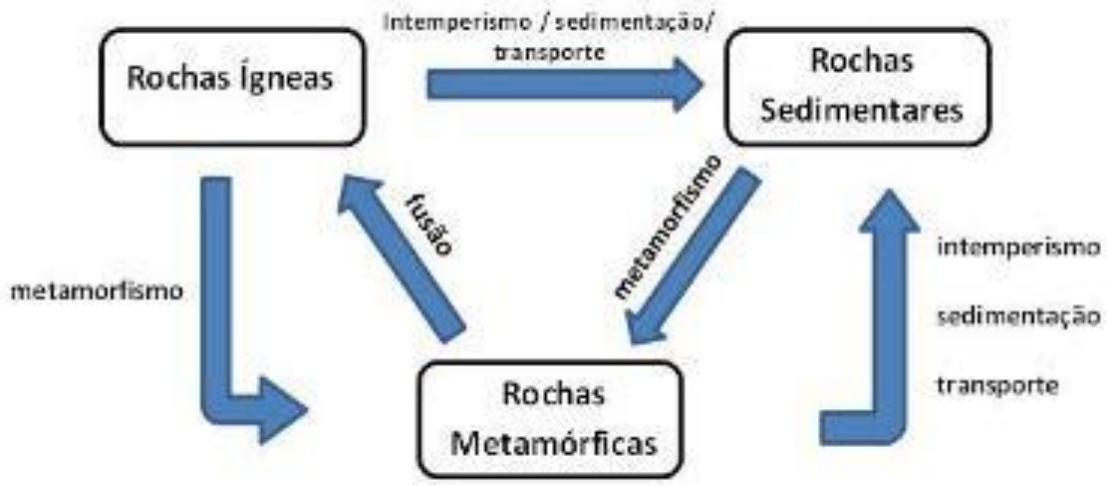


Figura 2: Ciclo Geologico das Rochas

2.2 Características e Composição da Rocha Calcária

Calcário vem do latim “calx”, que possui o genitivo calicis, ou calcariun (cal). Originário de Cretáceo, relativo a Creta, que vem do latim “giz” (calcário), encontrados em terrenos dotados desse período. Por volta de 90% do calcário encontrado no planeta tem origem orgânica, mas também podem existir calcários de origem inorgânica. Gabardo (2011) mostra que os calcários pertencem ao grupo de rochas sedimentares e possui acima de 30% de carbonato de cálcio na sua estrutura mineral, a exemplo da aragonita e a calcita. Podem ainda ter como mineral predominante a dolomita (CaMg {CO3}2 ou (CaCO3•MgCO3), quando é conhecido como calcário dolomítico. Os calcários, geralmente, formam-se a partir do acúmulo de organismos inferiores, com as cianobactérias, por exemplo, ou ainda a precipitação de carbonato de cálcio, que ocorrem principalmente em meio marinho, na forma de bicarbonatos, mas que também podem ser localizados em rios, lagos e no subsolo, dentro de cavernas. Pode ainda ser constituídos por deposição de esqueletos, conchas e carapaças de animais aquáticos ricos em carbonato de cálcio ou por depósito de sais de cálcio em água. Entretanto, os calcários quimiogênicos, compreendendo aqueles formados por ação de substâncias químicas precipitadas e dissolvidas numa solução aquosa, é formado basicamente no meio marinho: o carbonato de cálcio (CaCO3), conhecido como “calcite”, forma-se através de sedimentos químicos, nomeadamente íons de cálcio e bicarbonato :

O Carbonato de Cálcio (CaCO3) é um mineral inorgânico quimicamente inerte com características alcalinas, é bastante abundante, que corresponde a cerca de 4% da crosta terrestre, e representa o composto inorgânico mais importante do ciclo do carbono, pois é através do processo de carbonização natural, o CaC03 é o mineral que mais imobiliza o C02 lançado na atmosfera. Este mineral é tido como o responsável por manter constante o pH das águas naturais. É muito utilizado na indústria de cimentos, de papel e de tintas.

A aragonita, com formulação química igual à da calcita, ocorre apenas em sedimentos carbonitados recentes, junto com a calcita e com a dolomita subordinada. Sendo metaestável, a aragonita altera-se com o tempo para calcita, que é sua polimorfa.

Os calcários podem ser de forma simplificada divididos em oito grupos:

a) marga: quando possui uma quantidade de argila entre 35 e 50%;

b) caliche: calcário rico em carbonato de cálcio formado em ambientes semiáridos;

c) tufo: calcário esponjoso encontrado em águas de fonte devido à precipitação do carbonato de cálcio associado com matéria orgânica resultante da decomposição de vegetais;

d) conquífero: formado pela acumulação de esqueletos e conchas;

e) giz: calcário poroso de coloração branca formado pela precipitação de carbonato de cálcio com micro-organismos;

f) travertino: são calcários densos encontrados em grutas e cavernas composta por calcite, aragonite e limonite;

g) dolomite: um mineral de Carbonato de cálcio e magnésio;

h) recifal: é um calcário de edificação que resulta da fixação de carbonato de cálcio por seres vivos, nomeadamente os corais.

O calcário é a rocha carbonática mais abundante. Conforme a granulometria recebe um nome específico, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Denominação do Calcário com base ao tamanho

NOME	TAMANHO (mm)
Calcirudito	2>
Calcarenito	2 – 0,062
Calcisiltito	0,062 – 0,0039
Calcilutito	< 0,0039

Fonte: Fog (2004)

Os nomes granulométricos das rochas carbonáticas são adaptados dos nomes granulométricos das rochas terrígenas, mas não possuem o mesmo significado ambiental.

Existe outras classificações que combinam um nome granulométrico (Tabela1) com a razão espato (cristalina-lamelar) /micrita (microestrutura). Exemplo uma rocha com 30 % de bioclastos, 40 % de oncolitos e 30 % de espato recebe o nome de calcário espático oncolítico bioclástico.

As Dolomitas são rochas constituídas por dolomita [CaMg ($CaCO_3$)]. Em geral, resultam da substituição da calcita pela dolomita ou precipitação direta da água do mar devido a evaporação. Quando os calcários se transformam em dolomita, ocorre aumento da porosidade, porque os cristais de dolomita são mais densos e menores que os cristais de calcita. Os principais usos do calcário são:

a) produção de cimento Portland;

b) produção de cal (CaO);

c) correção do pH do solo para a agricultura;

d) fundente em metalurgia;

e) fabricação de vidro;

f) como rocha ornamental; e

g) adubação química.

As rochas carbonitadas possuem dois tipos de elementos: os aloquímicos e os ortoquímicos.

Os aloquímicos são elementos figurados identificáveis ao microscópio óptico fundamentais nas rochas carbonizadas. Eles são de natureza carbonatada, quimiogênica ou bioquimiogênica, têm comportamento semelhante aos sedimentos siliciclástricos, sendo formados no interior da bacia. Eles podem ainda ser:

a) bioclastros: partes esqueléticas de vários tipos de invertebrados ou de algas, bem como esqueletos inteiros de indivíduos de pequenas dimensões;

b) oólitos: corpos esferoidais ou elipsoidais geralmente de tamanho inferior a 1 mm. Quando maiores chamam-se pisólitos;

c) pelóides: são corpos carbonizados com tamanhos entre os 0,03 mm e os 0,15 mm. São elipsoidais, esferoidais ou irregulares, sem qualquer arranjo textural interno; e

d) intraclastos: são litoclastros carbonizados intrabacinais, removidos e transportados para o local onde integraram o sedimento ou a rocha onde os encontramos. Os elementos aloquímicos sofrem transporte e abrasão (arredondamento) por correntes marítimas, seleção de calibres e redeposição, tal como acontece em sedimentos detríticos terrígenos.

Os sedimentos ortoquímicos resultam da precipitação do carbonato de cálcio no próprio local onde se encontra o sedimento ou a rocha que integram. Podem ser de dois tipos:

a) micrite: corresponde ao calcário de textura afanítica, de aspecto baço, translúcido acastanhado, cujos os grãos não ultrapassam o diâmetro de 0,004 mm. (calcário fundamentalmente formado por micrite: micrito); e

b) esparrite: corresponde ao calcário translúcido com mais de 0,004 mm. (fundamentalmente esparrite: esparrito).

A micrite durante o processo de recristalização pode evoluir para esparrite. As rochas possuem elevada porosidade que é extremamente variável. Por exemplo, em rochas sedimentares a porosidade geralmente decresce com a idade geológica e com a profundidade, quando outros fatores são mantidos constantes. Alguns exemplos são:

a) Rochas sedimentares: $0 < n < 90\%$ (calcários: $n > 50\%$; arenitos: $n = 15\%$); e

b) Rochas ígneas e metamórficas: $n < 2\ \%$ (sã) e entre 20 e 50% (intemperizadas).

2.3 Propriedades Físicas

Propriedades físicas são grandezas que tentam representar as condições físicas básicas de um material no estado em que ele se encontraria na natureza. Elas expressam as proporções entre pesos e volumes em que ocorrem as três fases presentes numa estrutura do material: sólida, líquida e gasosa e que nos possibilitam determinar o estado do material: se é poroso, denso, permeável, absorvente, etc.

As propriedades de massa volúmica, porosidade e absorção de água fornecem informação sobre a existência de fissuras, poros e vazios, sendo fatores determinantes para a resistência e durabilidade na avaliação comparativa de um conjunto de rochas. Assim, a determinação dessas propriedades é útil para indicar as diferenças de absorção entre vários tipos de rochas ornamentais ou dados comparativos para rochas do mesmo tipo.

A massa volúmica é expressa pela relação entre a massa da rocha e o seu volume. Esse índice reflete a alteração do material, pois rochas alteradas possuem massas volúmicas menores que as mesmas no estado são. Dessa forma, a massa volúmica representa importante diagnóstico para a caracterização tecnológica da rocha e prevenção de problemas técnicos após a sua colocação.

A maior massa volúmica da rocha indica uma maior resistência, por outro lado, representa inconvenientes para a sua utilização, requerendo-se cuidados adicionais no dimensionamento das placas atendendo à resistência dos dispositivos de fixação.

Algumas propriedades da rocha são mais determinantes que outras, para avaliação de sua qualidade. A seguir são descritas algumas das propriedades físicas das rochas com maior ênfase nas propriedades que determinamos os seus parâmetros técnicos.

- Dureza

A dureza das rochas, segundo CAVALCANTI (1951) não deve ser caracterizada pela maior ou menor facilidade com que se deixam riscar por outros corpos de dureza conhecida; a escala de Mohs, tão útil para a determinação dos minerais, não tem, para as rochas, a mesma importância, porque elas apresentam-se com dureza variável, numa mesma amostra, uma vez que são compostas de minerais diversos.

Figura 3: Escala de Mohs

Praticamente, a dureza é avaliada pela maior ou menor facilidade com que uma rocha pode ser serrada, o que permite classificar as rochas em:

- Brandas – quando se deixam serrar facilmente pela serra de dentes. Exemplo: tufos vulcânicos;
- Semiduras – quando, dificilmente serradas pela serra de dentes, deixam-se serrar facilmente pela serra lisa com areia ou esmeril. Exemplo: calcários compactos;
- Duras – quando só podem ser serradas pela serra lisa, com areia ou esmeril. Exemplo:

Mármores.

- Duríssimas – quando, dificilmente serradas pela serra lisa com areia ou esmeril, são facilmente serradas com diamante ou carborundum. Exemplo: Granito.

➢ Fractura

Segundo PETRUCCI (1973), a fractura refere-se à forma e ao aspecto da superfície defragmentação da rocha. Depende da textura. A fractura está intimamente relacionada à facilidade ou dificuldade de extração, corte, polimento e aderência.

Os principais tipos de fractura são: plana (material fácil de ser cortado em blocos de faces planas), conchoidal (difícil de ser cortada), lisa (fácil polimento), áspera (boa aderência), escamosa (dificuldade de corte, fácil de lascar), angulosa (superfície de separação mais ou menos resistente).

- Homogeneidade

Diz-se que a rocha é homogênea quando apresenta as mesmas propriedades em amostras diversas. É uma característica importante que toda rocha deve possuir, pois a falta de homogeneidade é, em geral, um índice de má qualidade.

PETRUCCI (1973) cita que uma rocha de qualidade média, porém homogênea é preferível a uma heterogênea. Verifica-se praticamente percutindo com um martelo: a rocha sem defeitos dá som claro e a defeituosa um som surdo. A homogeneidade é verificada em relação às demais propriedades físicas e mecânicas. Ao choque do martelo, a rocha homogênea se quebra em pedaços, e não em grãos.

- Higroscopicidade

Uma rocha diz-se higroscópica se a quantidade de água que é capaz de obter por adsorção é relativamente importante. Um dos processos de determinação do teor em água higroscópica, utiliza a secagem a altas temperaturas (Método Gravimétrico) e pode ser utilizado para materiais porosos e permeáveis à água. Este método determina o teor de umidade a partir da secagem do material a uma temperatura especificada, em função do material.

- Gelividade

A gelividade, de acordo com CAVALCANTI (1951) é um defeito que as rochas podem apresentar e que só ocorre nas regiões em que a temperatura desce abaixo de 0 ºC.

A gelividade consiste na deterioração da rocha: produzida, mecanicamente, pelo aumento de volume da água contida nos seus poros, quando se transforma em gelo pelo abaixamento de temperatura; ocasionada pelo efeito das mudanças bruscas de temperatura, mesmo quando a pedra está quase seca.

As propriedades físicas como: Massas Volúmicas (Densidade), Absorção da água e Porosidade Aparente, são as que se realizou ensaios laboratoriais neste trabalho.

- Densidade

Segundo CAVALCANTI (1951) uma rocha pode ser considerada como que formada por um esqueleto de partículas sólidas envolvendo vazios de dimensões variadas. A rocha será tanto

mais compacta, quanto maior for o número de cheios em relação ao volume total e tanto mais porosa, quanto maior for o volume de vazios em relação ao volume total. A porosidade está assim na razão inversa da densidade – quanto mais densa é a rocha, tanto menos porosa ela se apresenta e vice-versa. A densidade não permite por si só, caracterizar uma rocha, mas a casos em que duas rochas de aparência semelhante distinguem-se pela densidade, sabido que as rochas de mesma espécie têm a mesma densidade.

- Absorção de água

A absorção de água é realizada após a secagem até uma massa constante de cada provete, pesado e mergulhado em água à pressão atmosférica durante um período de tempo específico. Os provetes de ensaio devem ter a forma de um cilindro, cubo ou prisma com (70 ± 5) mm ou (50 ± 5) mm e devem ser obtidos por serragem com serra de diamante. O seu volume aparente calculado por medidas geométricas deve ser de pelo menos 60 ml. E a relação superfície / volume deve estar entre 0,08 mm-1 e 0,20 mm-1.

Nota: os provetes devem ser secos até massa constante a uma temperatura de (70 ± 5) ° C. A massa constante é atingida quando a diferença entre duas pesagens sucessivas em um intervalo de (24 ± 2) h não é superior a 0,1% da primeira das duas massas. Os provetes devem ser mantidos em um exsicador até atingir a temperatura ambiente (20 ± 5) ° C.

- Porosidade

De acordo com PETRUCCI (1973) a porosidade é expressa pelo volume de vazios na unidade de volume total.

Uma rocha porosa é:

• pouco resistente à compressão;

• permeável: apesar da porosidade ser diferente de permeabilidade, ambas as propriedades variam no mesmo sentido;

• gelível: por absorver maior quantidade de água, a rocha é mais gelível, ou seja, quando ela se embebe de água, principalmente em locais mais frios, pode ocorrer de ela congelar e estalar, fragmentando-se.

- Permeabilidade

É a propriedade em virtude da qual certas rochas se deixam atravessar por gases ou líquidos. A permeabilidade e a porosidade são propriedades bem distintas; enquanto está se refere à quantidade de vazios que podem ser cheios de líquidos ou gases, aquela trata da passagem desses fluídos através de seus poros.

De acordo com LAMAGUTI (2001) a porosidade e a permeabilidade são controladas, basicamente pela granulação, textura e sanidade da rocha.

2.3.1 Ensaios de laboratório dos índices físicos

Estes ensaios foram realizados no dia 18 de Agosto de 2021 no laboratório do CICGA utilizando como guia a norma TMH -1 Method B14 & B15
Determinou-se os índices físicos de acordo com os procedimentos descritos nos ensaio destacando a Densidade Aparente, Absorção Da Água e Porosidade.

Nota: O ensaio foi realizado a uma temperatura de 29ºC e para correção da água usou-se 0,99919

Segundo Marinho (2005), inicia no campo o sucesso dos resultados de ensaios de laboratório e depende exclusivamente da qualidade das amostragens, que leva em conta os aspectos de cuidados físicos a representatividade das amostras retiradas no campo. Há vínculo entre as fases de investigação e de identificação das características que devem ser avaliadas. Os blocos indeformados devem originar as amostras indeformadas, usando-se na coleta amostradores de especificações apropriadas a cada tipo de amostra, tendo presente a existência de suas limitações dos instrumentos.

Ensaios de laboratório não deveriam ser encarados somente como uma forma de se conseguir os habituais parâmetros técnicos para projetos de engenharia. Na realidade eles são, acima disso, ferramentas investigativas para as demandas individuais de cada obra. Quando a obtenção de parâmetros geotécnicos é sistematizada pela forma como se programa e realiza os ensaios, existe uma enorme contribuição para a falta de cuidado que mascara resultados. Ainda é corriqueiro utilizarem ensaios não consolidados e não drenados (UU), apesar da pouca representatividade de seus resultados.

2.3.2 Instrumentos de medida

Balança O termo balança refere-se ao instrumento usado para medir massas de corpos e objectos. Caracteriza-se por sua capacidade (maior massa que podem medir) e por sua precisão ou sensibilidade (quanto menor for a massa, maior é a precisão e sensibilidade). As balanças podem ser: mecânicas ou electrônicas. Em laboratório, actualmente usam-se mais as balanças electrônicas.

Paquímetro é uma ferramenta usada para medir a distância entre dois lados simetricamente opostos de um objeto. Eles podem fazer medições internas (medidor interno), externas (medidor externo) e a altura ou profundidade dos objectos.

Densímetro é uma ferramenta usada para medir a densidade de fluidos em solução. Trata-se de um tubo de vidro, em formato cilíndrico que possui um bulbo em sua base, contendo em seu interior chumbo ou mercúrio. Na sua parte superior é possível verificar sua haste onde há uma escala numérica para medição. Como usar? Primeiramente, é preciso adicionar o fluido que se deseja medir em uma proveta. Após isso, basta mergulhar o densímetro na solução, o que fará com que o fluido se desloque até tenha um peso semelhante ao desse instrumento.

2.3.3 Teor Em Água

O objectivo do teste consiste em determinar a quantidade de água presente numa amostra de rocha.

Normalmente define-se teor em água (w) como o peso da água contida em uma certa amostra dividida pelo peso seco das partículas sólidas existentes nessa mesma amostra, sendo expressa em percentagem.

$$\mathrm{w} = \frac{\mathrm{WW}}{WS} = \frac{\mathrm{W} - \mathrm{WW}}{WS} \times \mathbf{100} \quad (2.1)$$

Em que:

WW = Peso da água contida num provete

$W\ s$ = Peso seco das partículas sólidas

W = Peso total da amostra natural

Para determinação do peso seco, o método tradicional é a secagem em estufa, na qual a amostra é mantida com temperatura entre 105 e 110 °C, até que apresente peso constante, o que significa que ela perdeu a sua água por evaporação.

O peso da água (ww) é determinado pela diferença entre o peso total da amostra de solo (W) e o peso seco (ws).

2.3.4 Massa Volúmica (Densidade Real)

Massa volúmica (Densidade real) é a relação entre a massa de um material e o volume ocupado por este.

$$\rho = m\ v \quad (2.2)$$

Onde:

ρ – é a densidade real do material, em g/cm3 ou g/ml;

m – é a massa do material, em g;

v – é o volume ocupado pelo material, em cm3 ou ml;

Procedimento de ensaio (quando o material é um sólido geométrico definido)

Pesar o material sólido e registar o valor da sua massa (m). Com o auxílio do paquímetro, pedir o volume ocupado por este:

a) se for um cilindro: $V = \pi \times r^2 \times h$

b) se for um cubo: $V = a^3$

c) se for um paralelepípedo: $V = a \times b \times h$

Para o Cálculo da densidade do material.

Nota: A densidade de um material é sempre a mesma independemente do tamanho que ocupa.

Procedimento (quando o material não é um sólido geométrico definido) – Princípio de Arquimedes.

Nota: O Princípio de Arquimedes diz que "todo corpo que se encontra imerso em um fluido recebe a ação de uma força vertical para cima (força de impulso), cuja intensidade é igual ao peso da porção de líquido deslocado pelo corpo".

Pesar o material sólido e registar o valor da sua massa (m), adicionar uma certa quantidade de água numa proveta graduada até atingir uma certa marca. Com ajuda de uma pinça ou tenaz, colocar o material sólido na proveta graduada até que ele esteja submerso.

Anotar o valor do deslocamento da água após a imersão do material sólido. Este valor corresponde ao volume ocupado pelo material dentro da proveta (v). Calcular a densidade aparente.

2.3.4.1. Massas volúmicas, Absorção da água e Porosidade Aparente

Definição: São as grandezas que exprimem a razão entre a massa do provete e o seu volume aparente.

Tabela: 2 Aparelhos, materiais e utensílios usados

Aparelho	Material/Consumíveis	Utensílio
- Paquímetro - Balança +/- 0,01 e 1,5 g - Máquina calculadora	- Provetes de rocha - Água de consumo	- Proveta graduada - Esguicho - Régua - Pinça ou tenaz

Fonte: Artigo online sobre ensaios de índices físicos

Figura 4: Preparação da amostra para determinação dos índices físicos (Autor)

Procedimento de ensaio

❖ Colocar o provete, num recipiente com água até que este esteja completamente imerso num período de aproximadamente 24 horas seguintes.

❖ Após as 24 horas, colocar um cesto de tela suspenso numa balança e introduzi-lo no recipiente com água até que este esteja completamente imerso e pesá-lo (massa do cesto imerso, mc).

❖ Retirar o provete de dentro da água e, rapidamente secar a sua superfície com um pano absorvente ou uma esponja natural, húmidos, mas espremidos de modo a remover toda a água superficial e pesá-lo para a determinação da massa do provete saturado (ms).

❖ Colocar o provete no cesto para proceder a sua pesagem dentro da água (massa do provete imerso em água + cesto ou massa hidrostática + cesto, mh+c;

❖Secar o provete numa estufa ventilada à temperatura de 105ºC à110ºC até atingir a massa constante;

❖ Determinar a massa (massa do provete seco, md), imediatamente a seguir ao arrefecimento do provete até 20 +/- 2ºC.

a) **Massa volúmica do material impermeável das partículas** (***ρi***) Quociente da massa do provete seco pelo volume do material das partículas mais o de todos os seus poros, nos quais a água não penetra ao fim de 24 horas de imersão.

$$\rho \mathrm{i} = \frac{\mathrm{md}}{\mathrm{md} - \mathrm{mh}} \times K \quad (2.3)$$

Onde:

ρi - Massa volúmica do material impermeável das partículas, em g/cm3.

md - Massa do provete seco, em g.

mh - Massa do provete imerso em água, em g.

K – Factor de conversão da água.

b**) Massa volúmica das partículas saturadas** (***ρs***) é a condição em que os poros permeáveis de uma rocha são preenchidos com água quando submergidos em água durante 24h, mas sem água livre na superfície da rocha. Matematicamente é a razão entre a massa do provete mais a da água por esta absorvida em 24 horas de imersão pelo volume do material das partículas mais o de todos os seus poros.

$$\rho \mathrm{s} = \frac{\mathrm{ms}}{\mathrm{ms} - \mathrm{mh}} \times K \ (2.4)$$

Onde:

ρs - é a massa volúmica do material impermeável das partículas, em g/cm3.

ms - Massa do provete saturado, em g.

K – Factor de conversão da água.

c) **Massa volúmica das partículas secas** (***ρd***) Quociente da massa do provete seco pelo volume da matéria das partículas mais o de todos os seus poros.

$$\rho d = \frac{\mathrm{md}}{\mathrm{ms} - \mathrm{mh}} \times K \quad (2.5)$$

Onde:

ρd - é a massa volúmica das partículas secas, em g/cm3;

d) **Densidade Aparente** (***ρa***) é a massa por unidade de volume da porção impermeável das partículas agregadas.

$$\rho a = \frac{\mathrm{md}}{\mathrm{md}-\mathrm{mh}} \quad (2.6)$$

e) **Absorção da água** é massa da água que provete é capaz de absorver em 24 horas de imersão. Matematicamente é a diferença entre a massa do provete imerso em água e a massa do mesmo provete quando seco.

$$Aw = \frac{\mathrm{ms}-\mathrm{md}}{\mathrm{md}} \times 100\% \quad (2.7)$$

Onde:

Aw - é a absorção da água, em %;

f) **Porosidade Aparente** Determina o volume aparente de poros de uma determinada amostra. O ensaio utiliza amostras de provetes secos, que são imersos em meio líquido para determinação da porosidade, tal qual é calculada na densidade aparente.

$$Ø = \frac{\mathrm{ms}-\mathrm{md}}{\mathrm{ms}-\mathrm{mh}} \times 100\% \ (2.8)$$

Onde:

Ø- Porosidade Aparente, em %;

2.4 Propriedades Mecânicas

São as seguintes as propriedades mecânicas da rocha:

- Resistência à compressão

A resistência à compressão (MPa) é a tensão que provoca a ruptura da rocha quando submetida a esforços compressivos. Sua finalidade é fornecer parâmetros para o

dimensionamento do material rochoso utilizado como elemento estrutural, ou seja, com a finalidade de suportar cargas.

É um importante indicativo da integridade física da rocha, pois a presença de descontinuidades (fissuras, fraturas), alteração ou outros aspectos que interfiram na coesão dos minerais, refletirá em valores menores do que aqueles característicos para o tipo rochoso em questão (ISAIA, 2007).

De acordo com CAVALCANTI (1951) a resistência à compressão das rochas varia de 200 a 400 kg/cm^3, dependendo da resistência dos elementos mineralógicos constituintes, da textura, do estado de alteração, da densidade, da homogeneidade, da umidade, da estrutura, etc.

Uma rocha composta de elementos que resistam mal à compressão, também resistirá mal a esse esforço, ao passo que, constituída de elementos, como o quartzo e a mica, que resistem bem à compressão, apresentará também boa resistência.

O conhecimento da textura fornece indicação sobre as condições de resistência; geralmente quanto menor for o tamanho relativo dos elementos constituintes, maior será a resistência da rocha à compressão e, assim, de dois granitos, da mesma composição, mas de granulação diferente, o de grãos mais finos terá maior resistência.

- Resistência à tração

As rochas resistem mal à tração, que atinge, no máximo, a 5% apenas, do valor de sua resistência à compressão, sendo, por esse motivo, evitado o emprego da rocha nos elementos da construção que devem resistir à tração.

- Resistência à flexão

As solicitações de flexão de rochas empregadas em edificações (por cargas ou outros esforços) ocorrem principalmente quando são utilizadas como telhas (ardósias), pisos elevados, degraus de escadas, tampos de pia e balcões. Nesses casos, também são provocados esforços de tração em certas partes da rocha.

Outro exemplo de esforço flexor é o efeito do vento em placas das rochas fixadas em fachadas com ancoragens metálicas.

De acordo com CAVALCANTI (1951) a resistência à flexão das rochas oscila entre 1/9 e 1/18 da resistência à compressão.

- Resistência ao cisalhamento

A resistência ao cisalhamento das rochas é, em média, 1/15 da resistência à compressão, sendo por conseguinte maior que a resistência à tração e, geralmente, menor que a resistência à flexão (CAVALCANTI, 1951).

- Resistência ao desgaste

De acordo com CAVALCANTI (1951) a rocha destinada a revestimento de piso e calçamento (lajotas, paralelepípedos) deve apresentar não somente uma resistência adequada à compressão e ao choque, como também, e principalmente, uma grande resistência ao desgaste, em virtude do atrito provocado pela passagem de pedestres ou veículos.

A resistência ao desgaste de uma rocha depende da textura e aumenta com a diminuição da granulação, convindo observar que esse aumento é limitado pelo polimento, pois quando a granulação é muito fina, as rochas ficam facilmente polidas com o atrito tornando-se escorregadias e impróprias para calçamento.

- Resistência ao choque

As tensões devidas ao tráfego se exercem, sobretudo, nas arestas dos paralelepípedos ou das lajotas; por conseguinte, além da resistência à compressão e ao desgaste, a rocha deve resistir ao efeito dinâmico dos choques a que ficará sujeita uma vez utilizada.

2.5 – Ensaios Da Resistência À Compressão

A capacidade que a rocha tem de resistir efeitos de compressão foi determinado a partir do ensaio feito no dia 17 de Agosto de 2021 no laboratório de Construção do ISTM utilizando como guia a norma LNEC E226 - 68

Figura 5: Corte do bloco de Rocha

Figura 6: Pesagem do provete para o ensaio de compressão

Figura 7: Provete na máquina de ensaio

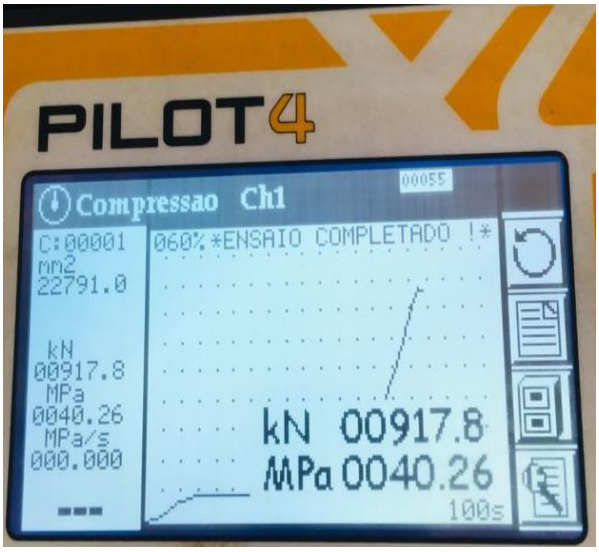


Figura 8: Painel de controle da Máquina de ensaio

Consiste na Determinação da carga de rotura e examinar a superfície de rotura de um provete de quando submetido a compressão simples.

Equipamento usado: prensa Form + test Seidner, equipamento de medição de velocidade de ondas longitudinais, extensómetro mecânico, craveira.

Ensaio destrutivo:

1. Colocar o provete na máquina de ensaio na posição central

2. Fechar a grelha e afastar-se das zonas insuficientemente cobertas

3. Calibrar os ponteiros

4. Ligar a máquina de ensaio

5. Aplicar compressão uniaxial lentamente (começar a medir o tempo)

6. Levar o provete até a rotura (apontar a duração do ensaio)

7. Descarregar lentamente a máquina de ensaio

8. Apontar a carga de rotura

9. Desligar a máquina de ensaio

10. Abrir a grelha, retirar o provete partido e limpar as superfícies da máquina

11. Descrever e analisar a superfície de rotura

Figura 9 Execução do ensaio (Fonte: Autor)

2.6 – Ensaio de Fragmentabilidade (Nf P94-066)

Coeficiente De De Fragmentabilidade De Materiais Rochosos Nf P 94 066. Esta norma define o princípio e as modalidades para determinar o coeficiente de fragmentação dos materiais rochosos. Este coeficiente é determinado a partir de um teste de fragmentação. É expresso pelo relatório de D_{10} de uma dada amostra inicial de granularidade, medida antes e depois da compactação Proctor normal no molde de CBR.
A interpretação deste parâmetro refere-se às possibilidades de uso no preenchimento dos materiais escaláveis e camada de forma de certos materiais rochosos.

O coeficiente de fragmentação é um dos parâmetros representativos do comportamento de certos materiais rochosos que resultam em uma evolução de sua granularidade.

O ensaio consiste em determinar a redução de D_{10} de uma amostra de dada granularidade d / D submetida a trituração convencional.
Esta redução é expressa pela razão:

$$FR = \frac{D_{10}\ do\ material\ antes\ da\ compactação}{D_{10}\ \text{material após compactação}} \quad (2.9)$$

Essa relação é justamente o coeficiente de fragmentabilidade do material.

Aparelho e material de usados no ensaio

Use o equipamento específico para o teste Proctor (norma NF P 94-093) da seguinte forma:

- Molde CBR,

- Molde Proctor Normal.

- isto é, massa de reação.

Uma série de peneiros de malha: 1, 2, 5, 10, 16, 20, 40, 50 ou 63, 80 mm. Uma balança: capacidade 3.000 g, precisão + 1 g.

Preparação de amostras

Pegue uma amostra representativa da natureza e do estado da água do material rochoso; seja com uma escavadeira hidráulica; seja em afloramentos; seja diretamente no local a ser extraído e, em seguida, prepare a fração d / D que será submetida ao ensaio.

Esta fração d/D é obtida fragmentando, se necessário, a amostra usando um martelo, em seguida, peneirando através das seguintes peneiras:

a) 10 e 20 mm para materiais de rochas argilosas, como margas, argilitos, pelitos…
b) 40 e 80 mm para materiais derivados de rochas argilosas do tipo xisto sedimentar e de rochas magmáticas e metamórficas alteradas.

Os rejeitos das peneiras de 20 e 80 mm podem ser reintegrados ao corpo de prova após trituração com martelo e passagem a ferro nas respectivas peneiras 10/20 mm ou 40/80 mm.

A porção de teste deve ser de 2 kg (para um elemento). Deve ser armazenado longe da evaporação se o teste de fragmentabilidade não for realizado imediatamente após a preparação da fração d/D.

Execução do ensaio

Para traçar a curva de tamanho de partícula inicial com três pontos, peneire a fração de 10/20 mm ou 40/80 mm previamente preparada respectivamente nas peneiras de 16 mm e 50 ou 63 mm, pese e observe as rejeições nessas peneiras.

Reconstitua e rehomogenize a fração d/D após esta peneiração e introduza-a no molde CBR. Os elementos são dispostos manualmente, dando alguns solavancos no molde ao acariciar levemente as paredes com um martelo. A superfície superior da amostra deve ser o mais uniforme possível.
O molde e o conjunto da amostra de teste são então colocados no leito de reação usado para a execução dos testes Proctor, lady são aplicados na superfície da amostra. método de compactação descrito para a compactação de uma camada no teste Proctor.

Depois de triturar, prossiga para a desmoldagem e desintegração manual de quaisquer elementos aglomerados, em seguida, peneire a amostra através das seguintes peneiras:

1, 2, 5, 10 mm quando a fração testada é uma fração de 10/20 mm, 5, 10, 20, 40 mm quando a fração testada é uma fração de 40/80 mm.

Finalmente, pese os resíduos em cada uma das peneiras.

Se a desintegração manual for delicada devido à formação de um "bolo" prendendo os grânulos em uma matriz mais ou menos argilosa e plástica, o teste não é continuado e esse comportamento é mencionado;

A partir dos resultados da pesagem dos rejeitos nas várias peneiras definidas acima, estabelecer as curvas granulométricas da fração submetida ao ensaio, respectivamente, antes e depois da compactação (norma NF P 94-056).

O coeficiente de fragmentabilidade FR de acordo com a expressão:

$$FR = \frac{D_{10}\ antes\ da\ compactação}{D_{10}\ \text{após compactação}}$$

2.7 – Ensaio De Degradabilidade

Coeficiente De Degradação Do Material Rochoso Nf P94-067.

Esta norma define o princípio e as modalidades de determinação do coeficiente de degradabilidade dos materiais rochosos. Este coeficiente é expresso pela razão de D_{10} para uma escala inicial de granularidade (fracções granulométricas 10/20 e 40/80), medida antes e depois de sujeita a ciclos de secagem e imersão. Sua interpretação se concentra nas possibilidades de enchimento de materiais de rochas.

O coeficiente de degradabilidade é um parâmetro representativo do comportamento de certos materiais rochosos resultando em uma evolução contínua de suas características geotécnicas (granularidade, argilidade, plasticidade,...) em comparação com aquelas observadas imediatamente após a extração.

Sua determinação permite especificar a classificação de rochas.

Princípio:

O teste é determinar a redução do tamanho dos grãos abaixo do qual é de 10% da massa de um material constituído por grãos mantidos integralmente entre dois pontos de malha de tamanho dado submetidos a quatro ciclos convencionais de secagem de imersão.

$$DG = \frac{D_{10}\ \text{A.1º Ciclo}}{D_{10}\ \text{A.4º Ciclo}} \quad (2.10)$$

Método:

A peneiração é feita depois que a amostra é fragmentada, o tamanho da peneira dependerá do tipo de material. A partir disso, a fração é reconstruída e rehomogeneizada distribuindo-a em uma bandeja de metal que é alternadamente colocada quatro vezes consecutivamente em imersão em uma grande lixeira, e depois no forno a 105ºC. O primeiro ciclo começa com uma imersão e o 4º ciclo termina com uma secagem. Após o 4º ciclo, a peneiração é realizada.

Material:

Coluna de peneira de malha: 1, 2, 5, 10, 16 mm
Teste termostato ajustado a 105 graus Celsius ± 2 graus Celsius
Bandeja metálica plana de dimensões mínimas -H x I x L- : 0,1 m x 0,3 m x 0,5 m.
Bandeja plana de dimensões mínimas -H x I x L- : 0,25 m x 0,5 m x 0,75 m.
Faixa de equilíbrio 3000g, precisão ± 1g.

Figura 10: Bandeja metálica plana com os agregados. (Fonte: Arquivos do CICGA)

2.8 – Ensaio de Abrasão Los Angeles

O desgaste abrasão que a rocha pode ou não suportar quando submetida a esforços em caso de ser usado em pavimento com atividades frequente. No ensaio destacando a graduação ensaiada e a percentagem de abrasão.

Esse ensaio, de acordo com Al-Harthi, (2001) e conforme norma Brasil (1998) DNER-ME 035/98, consiste em obter certa quantidade de agregado, cinco ou dez quilogramas, satisfazendo a determinada granulometria, e submetê-la a choques e desgastes durante a rotação de um tambor metálico de 80 centímetros de diâmetro a uma velocidade de 30 a 33 rpm. O efeito é intensificado pela presença de doze bolas de aço e o ensaio é concluído após 500 ou 1000 rotações a depender da faixa granulométrica.

Posteriormente, o material é peneirado e o desgaste aferido pela razão entre a quantidade de material que passou na peneira de 1,7 mm após o ensaio e a quantidade total colocada inicialmente no tambor. A Figura 9 abaixo apresenta um exemplo de máquina Los Angeles.

Abrasão “Los Angeles” de agregado

A execução deste ensaio, requer os aparelhos e materiais indicados a seguir:

- Balança com capacidade de pelo menos 20 kg, sensível a 1 g.
- Carga abrasiva - consistirá de 12 esferas de aço com aproximadamente 47,6 mm de diâmetro, cada uma pesando entre 390 e 445 g, e tendo o peso total de ± 5000 g.
- Esferas de ferro fundido poderão ser usadas, com as mesmas dimensões e carga, apresentando superfície uniforme e composição química de acordo com os limites seguintes:

a) carbono combinado (Ccomb.) no mín. 2,50%

b) grafite (Cgraf.) no máx. 0,25%

c) manganês (Mn) no máx. 0,50%

d) enxofre (S) no máx. 0,08%

e) fósforo (P) no máx. 0,25%

f) silício (Si) no máx. 1,00%

- Estufa capaz de manter a faixa térmica de trabalho entre 105ºC e 110ºC.
- Máquina “Los Angeles”, de acordo com a Figura

Figura 11 - Máquina “Los Angeles” (Fonte Arquivos do CICGA)

Nota 1: A máquina deverá ser fabricada, fixada e operada para manter uma velocidade periférica uniforme.

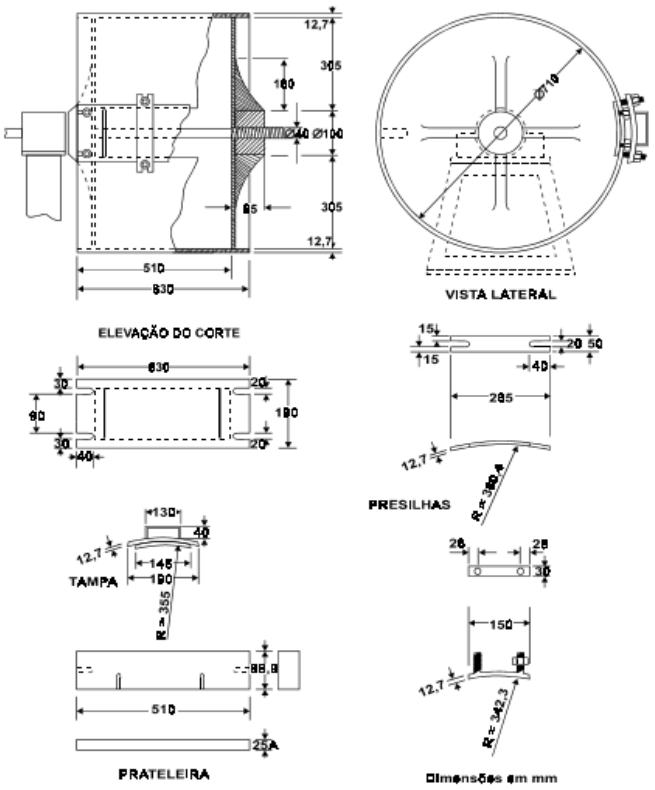


Figura 12 Estrutura da Máquina "Los Angeles"

- Peneiras de malhas quadradas com caixilhos metálicos e aberturas, de acordo com a DNER-EM 035/95. Estas peneiras devem ter as seguintes aberturas nominais, em milímetros:

76 - 63 - 50 - 38 - 25 - 19 - 12,5 - 9,5 - 6,3 - 4,8 - 2,4 - 2 e 1,7.

- Bandeja de folha de flandres de aproximadamente (700x500x50) mm.
- Colher retangular ou pá de cabo curto.
- Escova de fibra.

Execução Do Ensaio

- Graduação da amostra

A amostra selecionada para ensaio, dentre as graduações A, B, C, D, E, F e G, deve ter a massa indicada na Tabela 3. A representatividade deste ensaio será intimamente ligada à granulometria do material ensaiado, portanto a graduação escolhida deverá ser aquela de

granulometria mais próxima possível da que deverá ser usada na obra. O ensaio poderá, entretanto, ser executado em outra graduação, a critério dos interessados.

Tabela 3 - Graduação para ensaio

Peneiras Abertura em mm		Amostra - massa parcial em gramas						
Passando em	Retido em	Grad. A	Grad. B	Grad. C	Grad. D	Grad. E	Grad. F	Grad. G
76	63	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
63	50	—	—	—	—	2500 ± 50	—	—
50	38	—	—	—	—	5000 ± 50	5000 ± 50	—
38	25	1250 ± 25	—	—	—	—	5000 ± 25	5000 ± 25
25	19	1250 ± 25	—	—	—	—	—	5000 ± 25
19	12,5	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
12,5	9,5	1250 ± 10	2500 ± 10	—	—	—	—	—
9,5	6,3	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
6,3	4,8	—	—	2500 ± 10	—	—	—	—
4,8	2,4	—	—	—	5000 ± 10	—	—	—
Massas totais em gramas		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50
Nº de rotações do tambor		500	500	500	500	1000	1000	1000

- Preparação da amostra

Fixada a graduação a ser adotada no ensaio, a amostra deve ser preparada de acordo com as indicações seguintes:

a) o material recebido é lavado e seco em estufa, à temperatura entre 105ºC e 110ºC, até se verificar constância de peso;

b) depois de seco, peneira-se o agregado e quarteam-se as diferentes porções retiradas nas diferentes peneiras, para fornecer a amostra da graduação escolhida;

c) determinam-se as massas das porções de graduação escolhida, com aproximação de 1 g, e tendo em vista a obtenção das massas especificadas na Tabela g, obedecendo-se às respectivas tolerâncias. Reúnem-se, a seguir, as diversas porções da mesma graduação, misturam-se bem e somam-se as massas parciais correspondentes, obtendo-se, assim, a massa da amostra seca, antes do ensaio (mn).

- Carga abrasiva

A carga abrasiva, a ser usada para cada graduação, deve ser a da Tabela 4.

Tabela 4. Tipo de graduação verso esfera

Graduação	Número de esferas	Massa de carga (g)
A	12	5.000 ± 25
B	11	4.584 ± 25
C	8	3.330 ± 20
D	6	2.500 ± 15
E	12	5.000 ± 25
F	12	5.000 ± 25
G	12	5.000 ± 25

Deve-se verificar periodicamente se as esferas satisfazem às condições fixadas quanto a massa, dimensões e uniformidade de superfície.

- **Procedimento**

A execução deste ensaio exige as operações seguintes:

a) verificada a limpeza interna do tambor, colocam-se no mesmo a amostra e a respectiva carga abrasiva; a seguir é cuidadosamente fechado para evitar perda de material;

b) faz-se girar o tambor com velocidade de 30 a 33 rpm até completar 500 rotações, para as graduações A, B, C e D e 1000 rotações para as graduações E, F e G, conforme Tabela 4.

Nota 2: Folga ou deslizamento no mecanismo muito comumente fornecem resultados que não são comparáveis a outras máquinas “Los Angeles” que produzem velocidades periféricas constantes.

c) retira-se todo o material do tambor, separam-se as esferas, limpam-se as mesmas com a escova, e faz-se passar a amostra na peneira 1,7 mm, rejeitando-se o material passante;

d) lava-se o material retido na própria peneira (1,7 mm); reúne-se o mesmo, e em seguida é seco em estufa à temperatura entre 105ºC e 110ºC, durante, no mínimo, 3 horas;

e) retira-se o material da estufa, deixa-se esfriar, e determina-se sua massa com aproximação de 1 g, obtendo-se a massa da amostra lavada e seca (m'n).

Resultados

A abrasão "Los Angeles" do agregado é calculada pela fórmula seguinte:

$$A=\frac{m_n - m'_n}{m_n} \quad (2.11)$$

em que:

An = abrasão "Los Angeles" da graduação n, com aproximação de 1%;

n = graduação (A, B, C, D, E, F ou G) escolhida para o ensaio;

mn = massa total da amostra seca, colocada na máquina;

m'n = massa da amostra lavada e seca, após o ensaio (retida na peneira de 1,7 mm).

O ensaio será expresso com aproximação de 1%.

Nota 3: Se o agregado estiver essencialmente livre de materiais aderentes e de pó, as exigências de lavagem do agregado, antes e na fase final do ensaio, podem ser tornadas sem efeito, mediante cuidadosa avaliação. O material eliminado com a lavagem raramente atinge o valor de 0,2% do peso da amostra original.

Nota 4: Quando este método é aplicado, as amostras constituídas de fragmentos escolhidos entre os de forma mais aproximada da cúbica, provenientes do britamento manual, a partir de blocos de pedra, os resultados da abrasão, em geral são numericamente menores que os obtidos em agregados da mesma rocha, provenientes de britamento mecânico.

Nota 5: A interpretação do resultado deverá levar em conta a composição mineralógica, estrutura da rocha e a respectiva aplicação do agregado.

2.9 - Ensaios de integridade ao sulfato de Magnésio e ao Sulfato de Sódio

Consiste na determinação da percentagem de desgaste que uma rocha ou agregado poderá sofrer quando exposto a situações hidrogeologicas, ou usadas em espaços onde se prever um fluxo constante de químicos como no caso de ser usados como pavimento em residências

visto que estes locais faz-se limpeza com materiais que pela sua composição tem maior facilidade em alterar o pavimento desgastando por causa dos ácidos.

Equipamentos:

Peneiras

Agua destilada

Sulfato de Magnésio Mg/Na

Cesto perfurado

Balança

Estufa

Tabuleiro

Densímetro

Preparação

Para Sulfato de Mg ou de Na, prepare-se cerca de 350g da concentração -1 litro G=1,295-1,308

Procedimentos:

-Triturar a rocha

-Lavar e secar em estufa

-Passar este material nos peneiros 3/8 (# 9,5cm) e 4 (# 4,75cm), retire cerca de 300g do material retido no peneiro N º 4 (# 4,75) e anote o valor. Com descrição 9,5mm−4.75.

-Retire cerca de 330g do material retido no peneiro 3/8 (# 9,5) e anote também o seu valor com a descrição 19mm-9,5.

-Coloque as porções em recipientes e despeja na solução de sulfato de Mg/Na que os materiais estejam submersos e cobre os recipientes e devem ficar aceites condições entre as 16 e as 18 horas numa temperatura em torno de 21°c.

-Depois disso, fica a drenar a solução durante 15 minutos e depois coloque-as na estufa a temperatura de cerca de 110°c.

-Posteriormente, retire-os faça arrefecer e depois coloque-o novamente na solução durante mais 4 ciclos.

-Depois do ciclo concluído (5 ciclos no total) coloca-se o material no centro de hidrostática e lava-o num tanque de água com a temperatura de cerca de 43°c.

- Depois deve-se colocar novamente em estufa e quando retirada deve arrefecer e peneirar de acordo com os peneiros em que foram retidos e anote os seus valores.

Cálculo

Massa Perdida = Massa retida Inicial inicial – Massa retida final

$$\% \text{ Perdida} = \frac{\text{Massa perdida}}{M1\text{Massa retida Iinicial inicial}} X100\%$$

Massa perdida = % perdida nos peneiros de ¾ (# 19 mm) a ⅜ (# 9,5mm)

– % perdida nos peneiros de ⅜ (# 9,5mm) a N° 4 (# 4,75)

O material passado também é anotado como M3

Valor da Integridade = 100% Massa perdida

Figura l3: Amostras na Solução de Sulfato

Figura l4: Lavagem da Amostra

3.1 – Enquadramento Geográfico

Sumbe é uma cidade e município litorânea de Angola, capital da província do Cuanza Sul.

Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, conta com uma população de 313 894 habitantes e área territorial de 3 890 km², sendo o município mais populoso da província.

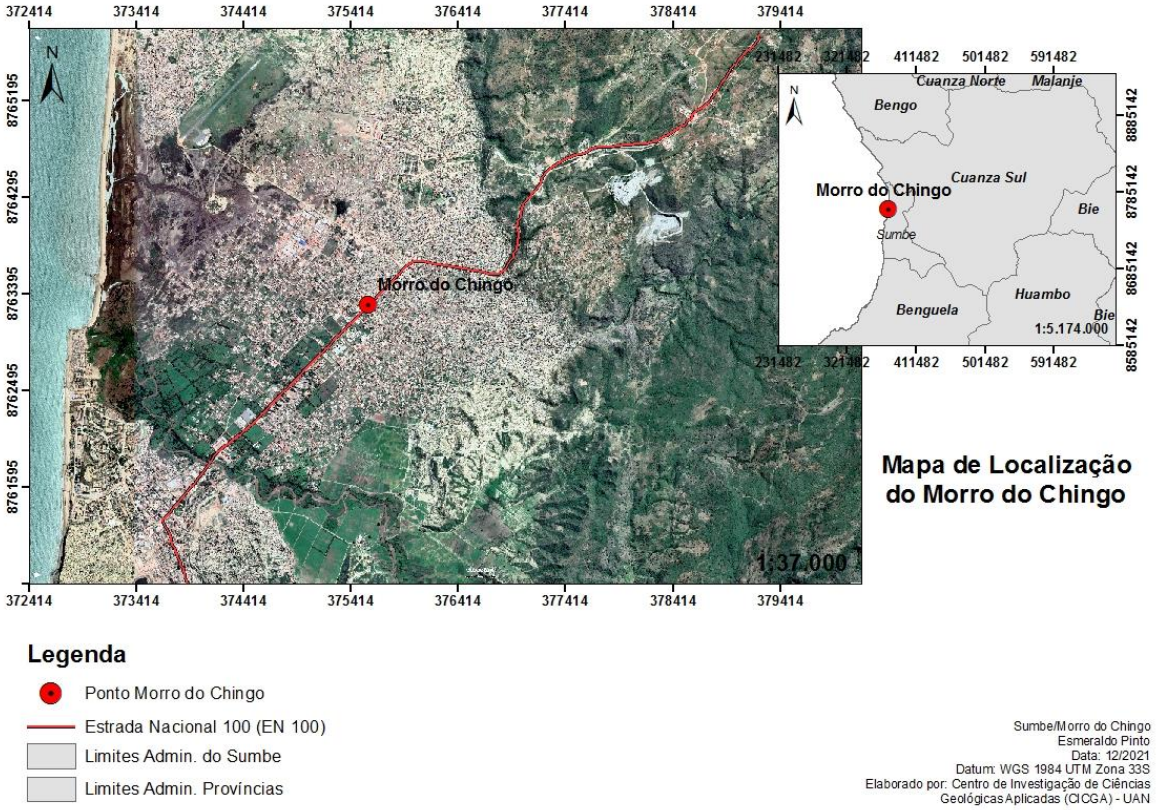


Figura 15: Mapa do Morro do Chingo (CICGA)

O município do Sumbe é naturalmente delimitado a norte pelo curso inferior do rio Queve, a sul curso inferior do rio Balombo e a oeste Oceano Atlântico e, a leste tem o limite convencional com o município da Conda na aldeia da Cassonga. Até 1975 designou-se como Nova Redonda.

O município compõe-se da comuna sede, equivalente à cidade de Sumbe, e pelas comunas de Gangula, Gungo e Quicombo.

3.2 – Enquadramento Geológico

Para o enquadramento Geológico da áreas em estudo foi utilizado a carta Geologica – de Angola, mas para não tornar o estodo muito exaustivo faremos a descrição (em) se um excerto da carta geólica que põe em evidencia a área da cidade do Sumbe, que é o nosso elemento principal de estudo.

A região tem formações geológicas do Antropozóico e Mesozóico.

Do Antropozóico temos as formações do Holocenico – Aluviões e Sedimentos Argilosos (a) e areias das prais actuais e sub-actuais (a). No Plistocénico encontramos terraços baixos (Q_2).

a-Aluviões e sedimentos argilosos.

São aluviões argilo-arenosas, normalmente de pequena espessura

As areias das praias, que formam uma muito estreita faixa litoral, pouco continua, são areias de granulometria fina e média. Estas areias apresentam, de um modo geral, tons claros e são sobretudo quartzonas, ainda que, frequentemente ricas em magnetite e epidoto.

Q2- Terraços baixos

Perto da costa junto aos conjuntos que atribuímos ao Holocénio contornando-os, foram delimitadas duas pequenas manchas de areias argilosas de tons claros e vermelhos. Cerca de 500m a NE do aeroporto de Novo Redondo, em pequenos testemunhos deste conjunto existentes sobre as margas do Cretácio superior, foram exemplares de Arca (Senilia), semilis, lin.

Tal facto mostra a natureza marinha de parte ou da totalidade destes sedimentos. A espessura máxima desta unidade anda a volta de 10 metros.

Do Mesozóico temos as formações do Cenomaniano- Turoniano superior e médio- (Ce-Tu), a formação Cenomaniano inferior – (Ce), e a formação do Albiano- Apciano que é caracterizado pelo conjunto Calcário-margoso bastante fossilífero- Alb3, pelo conjunto Dolomitico- gresoso – conglomerático- (Alb2a),o conjunto essencial dolomítico – Alb2b e Fácies continental ou lagunar- Alblg.

Ce- Tu – Cenomaniano- Turoniano

Paralelamente a costa e com maior ou menor desenvolvimento para o interior, um conjunto monótono de natureza essencialmente margosa.

Estima-se para o conjunto uma espessura não muito superior a 100metros. No entanto devemos referir que por falta de dados seguros micropaleontologia e atendendo a frequência com que se verificam, na zona a sul do Sumbe, dobras de pequena amplitude, é discutível a correlação de níveis a distância.

Ce-Cenomaniano Inferior

Trata-se de um conjunto, essencialmente constituído por uma rocha calcário margosa, que contém uma certa fracção detrítica. Esta fracção detrítica, onde domina o quartzo feldspato e alguma biotite esta representado com maior percentagem nos sedimentos que a NW do Chingo ocupam o topo das escarpas. Mais para Norte, a NE este conjunto passa a ter uma fácies mais margosa.

A rocha tem cor acinzentada ou castanha clara e ocre e dá com frequência um solo de alteração esbranquiçado.

Estas características encontram-se também nos calcários margosos do Albano Superior cm os quais tem afinidade. Porém, além de haver uma importante diferença n fauna, as rochas da unidade que designam por (Ce), são normalmente mais micáveis e menos compactas. Esta unidade tem uma espessura que não vai além de poucas dezenas de metros.

Alb3- Conjunto Calcário- Margoso bastante fossilífero

Todo conjunto é dominante constituído por calcários margosos e margas calcarias de cores claras. A sua principal característica é serem fossilíferos; são sobretudo ricos em equinídeos e amonites.

Alb2a – Conjunto Dolomítico – Generoso – Conglomerático

Esta unidade de natureza dominantemente detrítica, tem nalgumas zonas, com a norte e nas mediações do V. G. Chingo e a Sul do V. G. Furnas, bastante desenvolimento e individualmente, de modo a aconselhara sua separação.

É difícil avaliar a espessura desta formação dados os frequentes acidentes tectônicos e as mudanças de fáceis. O conjunto gresoso com intercalações dolomiticas tem a espessura máxima superior a 100 metros, não devendo andar até muito longe dos 200 metros.

Alb_2b – Conjunto essencialmente Dolomitico.

Litologicamente a unidade é constituída essencialmente por dolomitas. Nalguns casos sobretudo para o topo há intercalações gressosas, mas sempre compacta e de abundante matriz carbonatada.

Existente também, esporadicamente, níveis calcários e calcários dolomiticos. No terreno, as dolomitas apresentam-se, normalmente diaclaseadas, tendo com frequência, um aspecto cavernosos e dando um solo de alteração avermelhada.

Alblg – Facéis continental ou algunar.

Esta unidade é caracterizada por sedimentos de caracter laguno-continental, tendo sobre eles ou intercalados em alguns pontos pequenos retalhos de natureza marinha. Encontramos assim nesta unidade de cerca de 30 a 40 metros de espessura, do topo para base grés calcário com Neineia Cappelloi, Choffat, grés avermelhado com níveis de areias e grés avermelhado, areias vermelhas mais finas e areias conglomeráticas de cor avermelhada.

Nalguns casos sobretudo para o topo há intercalações gressosas, mas sempre compacta e de abundante matriz carbonatada.

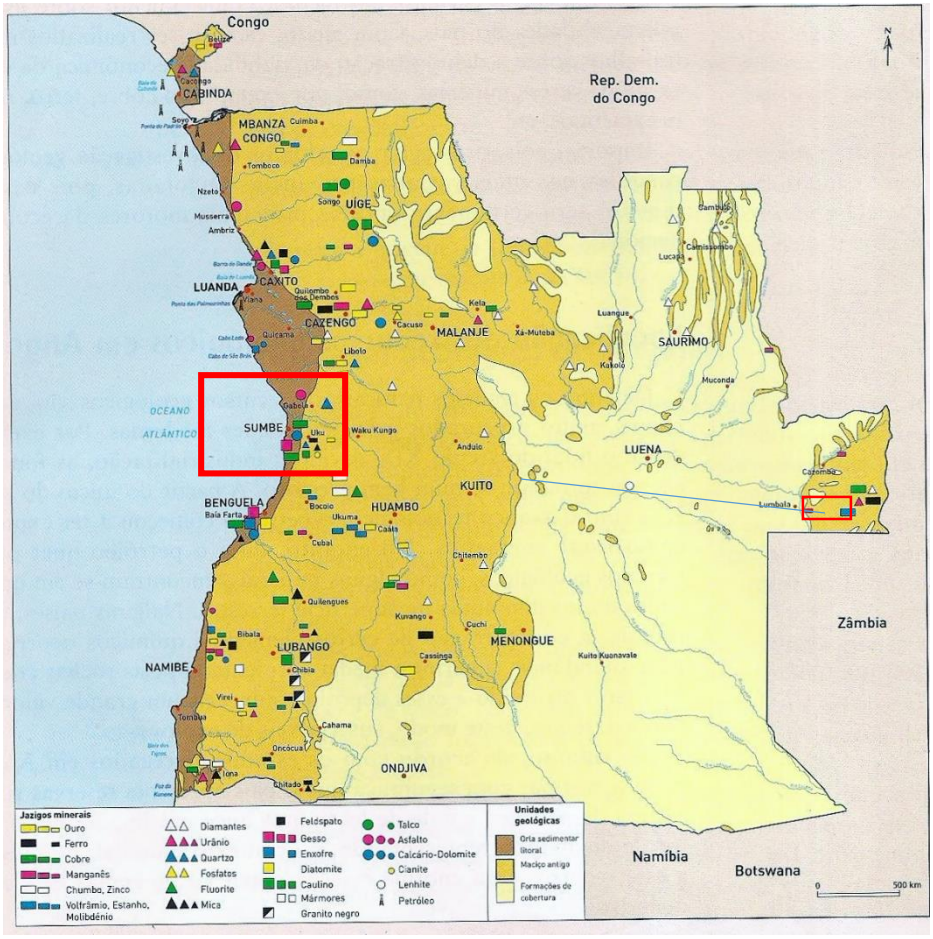


Figura 16 Mapa dos Recursos Minerais de Angola (Fonte IGEO)

3.3 Enquadramento Geomorfológico e Climático

Do ponto de vista fisiográfico, o município do Sumbe é parte integrante da peneplanície litoral de Angola que com profundidade variável se estende ao longo da costa atlântica. Precisamente a faixa norte corresponde, sensivelmente a sua largura máxima por coincidir também com o máximo desenvolvimento da bacia sedimentar do Queve.

Esta peneplanície que constitui uma unidade geomorfológica bem definida envolve não só as formações sedimentares de idades compreendidas entre o cretácico inferior e o plistocénico (aplanação litoral) mas também as rochas do maciço antigo (aplanação sub-litoral).

Dentro da aplanação geral da superfície poderão, contudo, observar-se diversas formas e tipos de relevo de acordo com os diferentes materiais litológicos que ocorrem. Assim é ondulado com frequência miudamente ondulado, ao longo da faixa periférica interior (nordeste, leste e sudeste) em correspondência com as formações granito-gnássicas do complexo de base e ainda com certos materiais margoso mais ou menos brandos e cretácico. O relevo torna-se bastante irregular, alternando as superfícies aplanadas de menor cota com outras expressivamente dobrados ou ainda com plataformas residuais no que respeita as formações calcárias do cretácico superior e do eocénico. Esta morfologias esta em nítido contraste com as planuras largamente onduladas do oligo-miocénico quando em correspondência com afloramento de argilas e margas gipsíferas.

O relevo junto a costa é profundamente ravinado, sobretudo quando atingem as formações de materiais brandos do oligo-miocénico de margas e argilas, constatando com os estratos de rocha calcaria que terminam aí em arribas pronunciadas, onde chegam a marcar desníveis próximos da centena de metros.

Na periferia interior da peneplanície erguem-se alterosos montes-ilhas formas de relevo residuais desgarrados da superfície de escarpa que lhes fica próxima, e que se formaram merce do seu recuo gradual.

A peneplanície litorânea é bastante recortada por linhas de água secas que apenas transporta caudais quando sobrevem fortes e prolongadas chuvadas, principalmente no rigor da época chuvosa.

Figura 17 Imagem da relevo da Zona

3.3.1 Formas de Relevo

O Modelado de Aplainamento é um relevo suave, com pouco ou nenhum entalhamento fluvial e compreende os seguintes compartimentos menores:

Topos Planos: Estão localizados na parte leste da cidade do Sumbe, em cotas de 270m, são planos ou com declive de 2% a 30%. Os limites com os rebordos erosivos são nítidos, com ropturas de pendencias entre os topos planos e os rebordos erosivos (declives de 10-25%). A formação superficial é de natureza lateritica

Topos Convexos: Aparecem de forma esporádica e tem representação muito reduzida, a mais pronunciada se encontra em cotas de cerca de 200m.

Rebordos Erosivos: Trata-se de pequenos segmentos de encostas, rectilineos ou convexos, com extensão de 20 a 100 metros em planta, declive de 5% a 25%.

Rampas: Ocorrem em altitudes de 140m-160m em uma faixa com largura da ordem de 300 a 600m. Sua morfologia é mais variada, podendo apresentar perfil rectilineo, convexo ou cconvexo-concavo. Os declives geralmente estão compreendidas no intervalo entre 15% e 20% mas em alguns locais, podem atingir 40%. Os limites superiores, com os rebordos erosivos, são nítidos e se fazem por uma roptura de declive, uma vez que nos rebordos erosivos os declives são de 5% a 15%.

O município do Sumbe segundo a classificação climática de Köppen-Geiger engloba-se na faixa de clima semiárido quente o que caracteriza a aplanação litoral do centro de Angola. Em função da sua localização geográfica, as condições de aridez são muito acentuadas chegando mesmo a ser considerada uma região com características de clima árido se considerarmos outros parâmetros, devido à forte evapotranspiração potencial e real que se observa nesta região e à influência, de certa forma, da corrente fria de Benguela.

De acordo a sua eficiência térmica, os valores médios anuais da temperatura do ar variam entre os 22°C e 24°C, sendo por isso considerado o predomínio de um clima megatérmico. A estação das chuvas é de cerca de seis meses (novembro a abril), variando as precipitações entre os 300mm e 400mm, sendo março o mês mais pluvioso, e dezembro e janeiro os meses de menor precipitação, verificando-se normalmente neste último mês um período seco

(pequeno cacimbo)[6]. A estação chuvosa coincide com o período mais quente do ano, com um máximo em Março ou Abril (temperatura média diária 26-27°C); os meses mais frios são Julho e Agosto (temperatura média diária 20-21°C).

As oscilações médias diárias da temperatura são sensivelmente uniformes ao longo do ano, sendo que a sua amplitude térmica diurna apresenta valores iguais ou inferiores a 10 o que lhe confere uma característica de clima oceânico. Nos valores médios da umidade relativa observa-se uma variação muito pronunciada sendo que o valor mais alto se encontra entre 75 e 85% chegando a observar-se valores mínimos entre 35 e 45%, sendo mínima a amplitude entre a média dos valores do período chuvoso e os do período seco.

De uma forma geral podemos dizer que na classificação racional de Thornthwaite o clima é semi-árido (D) a árido (E), megatérmico, e na classificação de Köppen é do tipo BSh (clima seco, de estepe, muito quente).

3.4 Economia Transportes

A economia da zona fundamenta-se essencialmente na actividade pesqueira, marítima e fluvial, e na agropecuária em pequena escala, em especial no milho, batata e horticultura assim como a exploração do gado bovino e caprino. A pecuária para corte e leite tem sofrido considerável evolução, em resultado não só do alargamento das áreas de exploração, mas também em consequência do abandono dos métodos tradicionais de cultivo, encaminhando-se decididamente para uma cultura baseada na mecanização.

Além disso, o Sumbe é o centro comercial atacadista da província, além de ser o maior polo industrial do Cuanza Sul, fixando plantas agroindustriais, de bebidas, de calçados e vestimentas e de cimento.

As principais vias rodoviárias de Sumbe são a EN-100, que a liga ao Porto Amboim, ao norte, e ao Lobito, ao sul. Outra rodovia importante é a EN-245, que conecta o Sumbe ao Ucu-Seles, no leste.

A cidade também é servida pelo Aeroporto de Sumbe, que fica localizado no Morro do Chingo.

3.5 Recepção e Preparação das Amostras

A amostra foi extraída no Morro do Chingo cita no município do Sumbe província de Kwanza Sul em Angola.

As amostras com que se efectuou os ensaios laboratoriais, com a finalidade de obter as características físicas e mecânicas da rochas foram recolhidas pelos técnicos da empresa SS ANGOLA e, trazidas até em Luanda-Camama 1 onde está localizado o laboratório do Centro de investigação em ciências geológica aplicada (CICGA).

Figura: 18 – Local da Recepção das Amostras no CICGA.

Quando chegaram as amostras foram recepcionadas na sala de recepção, registou-se os dados como:

Designação da entidade que requisita os ensaios assim como a quantidade e tipos de ensaios a ser realizados; tipo de material, para o caso em estudo é rocha; apresentados em formas de blocos, 8 no caso, e finalmente a assinatura do funcionário que recebeu e o que entregou as amostras.

Alguns blocos foi preciso cortar com cerra de rocha e para o efeito usamos o laboratório de rochas da Faculdade de Ciências Humanas da UAN e outros torturados no CICGA.

A cada tipo de ensaio há determinadas exigências relacionadas ao tamanho e quantidade de agregado de rocha a usar com base as especificações descritas nas normais a ser aplicadas.

Figura: 19 Corte com a serra

Figura: 20 Amostras após a trituração

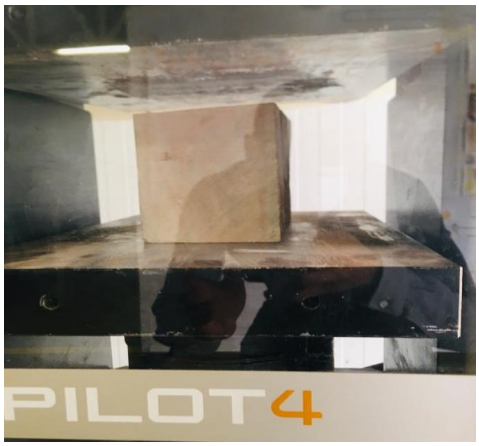
4.1 Índices Físicos

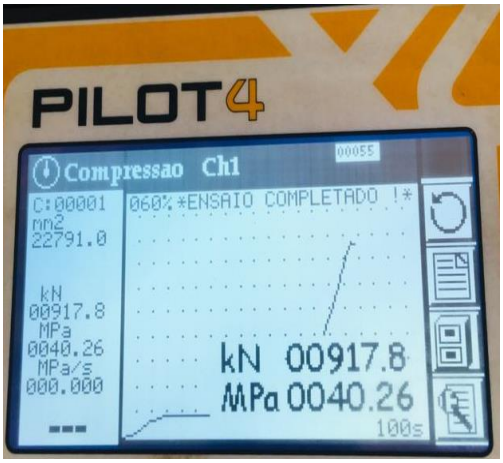
Tabela 5 : Resultados obtidos no ensaio dos índices físicos

NÚMERO DO ENSAIO		
Massa do material saturado c/ superfície seca	± 0.5g	1293.1
Massa do cesto imerso	± 0.5g	709.0
Massa do cesto imerso + material	± 0.5g	1504.7
Massa do material imerso	± 0..5g	795.70
Massa do material seco	± 0.5g	1287.2
Massa Volúmica do material impermeável das partículas	± 0.01 g/cm^3	2.617
Massa volúmica das partículas saturadas	± 0.01 g/cm^3	2.598
Massa volúmica das partículas secas	± 0.01 g/cm^3	**2.586**
Absorção da Água	0.01%	0.46
Porosidade Aparente	0.01%	1.19

4.2 - Ensaios Da Resistência À Compressão Lnec E226 – 68

PROVETE				4	
Massa (M)	Espessura (h)	Largura (d)	Área (A)	Carga (q)	Tensão (σ)
G	Mm	Mm	mm^2	KN	Mpa
7275.00	127.00	213.00	27051.00	917.80	40.26





Fonte: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

4.3 - Ensaio De Degradabilidade (Nf P94-067)

Visto que para uma determinada rocha ser usado principalmente em construção civil é necessário conhecer o coeficiente de degradabilidade, conseguimos realizar através de ensaio efectuado no CICGA e foi observado os seguintes resultados como consta na tabela e gráfico a seguir.

Tabela 6: Resultados obtidos no ensaio de Degradabilidade

Ensaio De Degradabilidade (Nf P94-067)

		ANTES DO ENSAIO			APÓS O ENSAIO		
Peso inicial		2093.8			2045.5		
Peso seco após lavagem		2080.7			2045.5		
Perdas na lavagem		13.1					
Peneiros ASTM		Material Retido		Percentagem Passada Acumulada	Material Retido		Percentagem Passada Acumulada
N.º	Abertura (mm)	(g)	(%)	0.1%	(g)	(%)	0.1%
3"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1 1/4"	31.50						
1"	26.40						
3/4"	20.10						
5/8"	17.00						
1/2"	13.70			100.0			100.0
3/8"	10.52	2045.5	97.7	2.3	2045.5	97.7	2.3
1/4"	7.80						
4	4.76	33.9	1.6	0.7	26.6	1.3	1.0
8	2.36	0.5	0.0	0.7	1.0	0.0	1.0
10	2.00	0.3	0.0	0.6	0.2	0.0	1.0
20	0.84	0.5	0.0	0.6	0.9	0.0	0.9

40	0.42	0.3	0.0	0.6	0.4	0.0	0.9
80	0.177	0.3	0.0	0.6	0.5	0.0	0.9
200	0.074	0.3	0.0	0.6	0.5	0.0	0.9
Perdas na lavagem		13.10	0.6	99.4			100.0
Retido no fundo		1.8	0.1	99.9	0.3	0.0	100.0
Total		2096.5	100.1		2075.9	101.5	

Fonte: Centro de Investigação em Ciências Geológicas Aplicadas

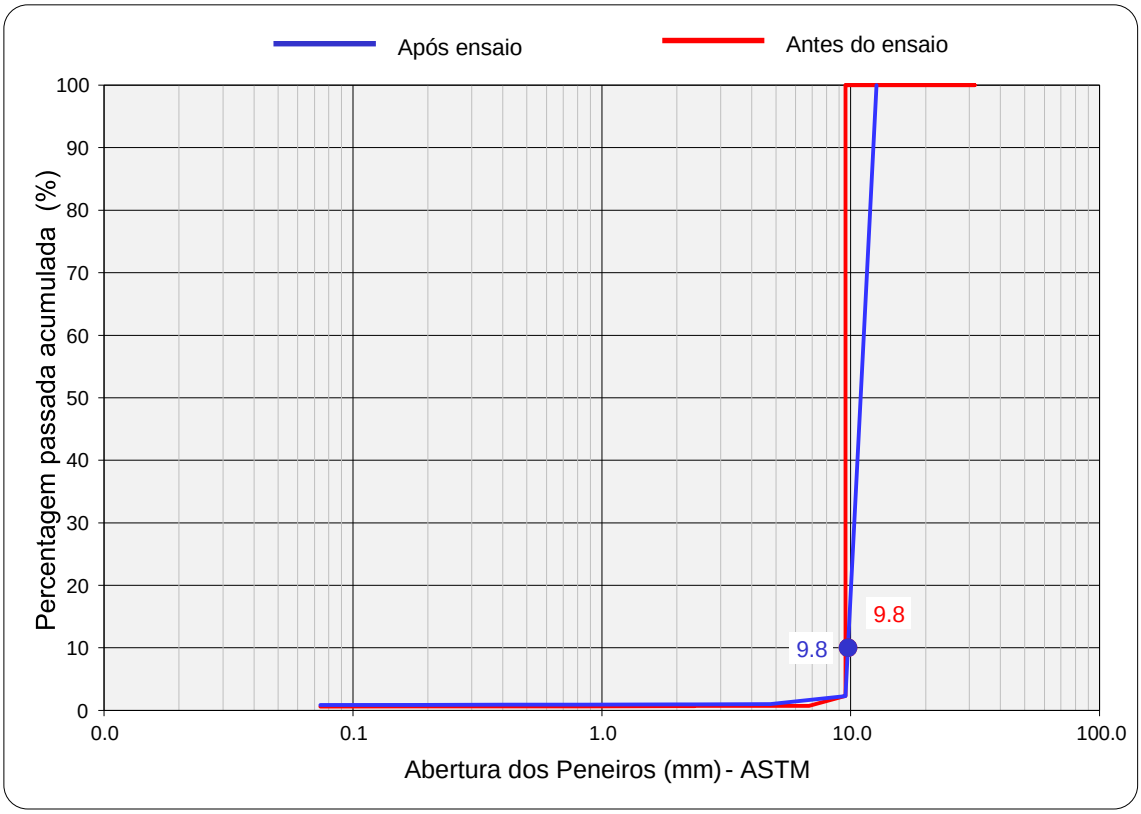


Figura 21: Gráfico da percentagem de passado verso abertura do peneiro

Coeficiente de Degradabilidade, $DG = \frac{D_{10}\ \text{A.1º Ciclo}}{D_{10}\ \text{A.4º Ciclo}} = 1.0$

4.4 - Ensaio De Fragmentabilidade (Nf P94-066)

Para determinar o coeficiente de Fragmentabilidade, realizamos através de ensaio efectuados no CICGA e resultou os seguintes valores como consta na tabela e gráfico a seguir.

Tabela 7: Resultados do Ensaio de Fragmentablidade:

ENSAIO DE FRAGMENTABILIDADE (NF P94-066)

		ANTES DO ENSAIO			APÓS O ENSAIO		
Peso inicial		2048.3			1930.5		
Peso seco após lavagem		2041.8			1918.2		
Perdas na lavagem		6.5			12.3		
Peneiros ASTM		Material Retido		Percentagem Passada Acumulada	Material Retido		Percentagem Passada Acumulada
N.º	Abertura (mm)	(g)	(%)	0.1%	(g)	(%)	0.1%
3"	76.20						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1 1/4"	31.50						
1"	26.40						
3/4"	20.10						
5/8"	17.00						
1/2"	13.70			100.0			
3/8"	10.52	1937.9	94.6	5.4			100.0
1/4"	7.80				1650.2	80.6	19.4
4	4.76	97.9	4.8	0.6			
8	2.36				177.5	8.7	10.8
10	2.00	3.9	0.2	0.4			
20	0.84				49.9	2.4	8.3
40	0.42						
80	0.177						

200	0.074						
Perdas na lavagem		6.50	0.3	99.7	12.3	0.6	99.4
Retido no fundo		4.9	0.2	99.4	43.7	2.3	97.7
Total		2044.6	99.8	0.2	1933.6	94.6	5.4

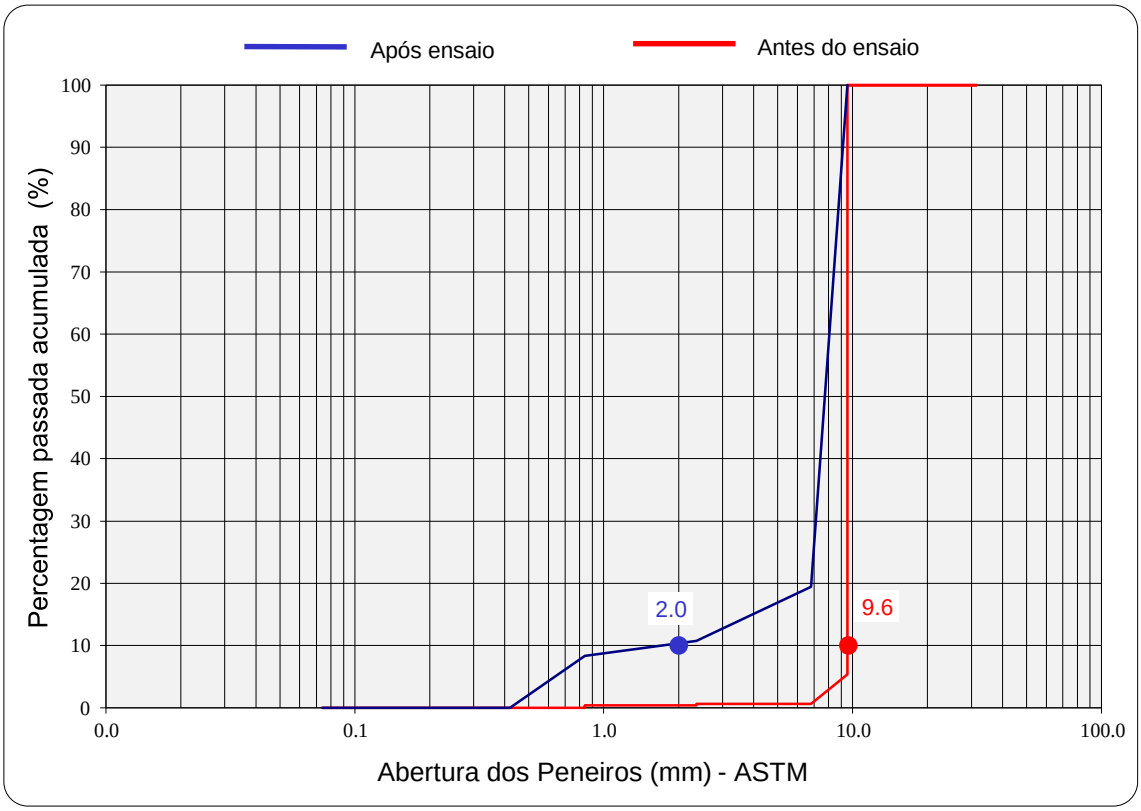


Figura 22: Gráfico da percentagem de passada acumulada verso abertura do peneiro

4.5 - **Ensaio De Abrasão Los Angeles Lnec E237 – 70**

Tabela 8 - Resultados do Ensaio de Abrasão Los Angeles. Fonte: CICGA

GRADUAÇÕES PARA O ENSAIO					
PASSADO	RETIDO	PESO (g)			
1 1/2´´	1	A	B	C	D
1	3/4´´	1250.2	----------	----------	---------
3/4´´	1/2´´	1249.7	----------	----------	---------
1/2´´	3/8´´	1250.3	----------	----------	---------
3/8´´	1/4´´	1250.5	----------		---------
1/4´´	N.º 4	----------	----------		---------
N.º 4	N.º 8	----------	---------	----------	
N.º de Esferas		12	11	8	6
Peso das Esferas (g)		500 ± 25	500 ± 25	500 ± 25	500 ± 25
N.º de Revoluções		500	500	500	500

RESULTADOS	
Peso inicial (g)	5026.00
Retido na Peneiro 12	3940.60
Passado na Peneira 12	1085.40
Retido na Peneiro 12 Após o Ensaio	1060.70
Abrasão ``Los Angelos´´	28
Graduação Ensaiada	A

28 % Está apto para ser aplicável

4.6 - Ensaios de Integridade ao Sulfato de Magnésio e ao Sulfato de Sódio

Tabela 9 - Resultados do Ensaio de Integridade do Agregado ao sulfato de Magnésio. Fonte: CICGA

INTEGRIDADE DO AGREGADO AO SULFATO DE MAGNÉSIO ASTM C88

Solução de MgSO4	X	Densidade	1.295/1.3 08	Tx (°C)	29	Nova Solução X

INTEGRIDADE DO AGREGADO: 3/8" (# 9.5 mm) - N.º 4 (# 4.75 mm)

FRACÇÃO Granulométrica ASTM		Massa Retida Inicial (g)	Massa Retida Final (g)	Massa Passada Final (g)	Massa Perdida	% Perdida
PENEIRO	Abertura (mm)					
1/2" - 3/8"	12.5 mm - 9.5 mm	650.5	610.58	41.16	39.92	6
3/8" - N.º 4	9.5 mm - 4.75 mm	331.1	320.84	10.6	10.26	3

% da Integridade	91	% Massa perdida	9

EXAME QUALITATIVO DOS AGREGADOS

PARTÍCULAS DEMONSTRANDO DEFORMAÇÕES

FRACÇÃO Granulométrica ASTM		N.º de Partículas antes do ensaio	Separadas		Desentegradas		Rachadas		Descamadas	
PENEIRO	Abertura (mm)		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
1/2" - 3/8"	12.5 mm - 9.5 mm	356.00	356	100	-	-		-		-
3/8" - N.º 4	9.5 mm - 4.75 mm	632.00	632	100	-	-	-	-	-	-

Tabela 10 - Resultados do Ensaio de Integridade do Agregado ao sulfato de Sódio. Fonte: CICGA

INTEGRIDADE DO AGREGADO AO SULFATO DE SÓDIO ASTM C88

Solução de Na2SO4	X	Densidade	1.151/1.1 74	Tx (°C)	25.00	Nova Solução X

INTEGRIDADE DO AGREGADO: 3/8" (# 9.5 mm) - N.º 4 (# 4.75 mm)

FRACÇÃO Granulométrica ASTM		Massa Retida Inicial (g)	Massa Retida Final (g)	Massa Passada Final (g)	Massa Perdida	% Perdida
PENEIRO	Abertura (mm)					
1/2" - 3/8"	12.5 mm - 9.5 mm	637.2	631.75	4.75	5.45	1
3/8" - N.º 4	9.5 mm - 4.75 mm	328.1	324.61	3.0	3.49	1

% da Integridade	98	% Massa perdida	2

EXAME QUALITATIVO DOS AGREGADOS

PARTÍCULAS DEMONSTRANDO DEFORMAÇÕES

FRACÇÃO Granulométrica ASTM		N.º de Partículas antes do ensaio	Separadas		Desentegradas		Rachadas		Descamadas	
PENEIRO	Abertura (mm)		N.º	%	N.º	%	N.º	%	N.º	%
1/2" - 3/8"	12.5 mm - 9.5 mm	368.00	368	100	-	-		-		-
3/8" - N.º 4	9.5 mm - 4.75 mm	643.00	643	100	-	-	-	-	-	-

Máximo Valor para o $MgSO_4$ = 18 %

Máximo Valor para o Na_2SO_2 = 12 %

4.7 – Discussão Dos Resultados

Tendo em conta os resultados de ensaios obtemos é legitimo dizer que:

- ✓ De acordo os resultados obtidos nos ensaios de determinação da Massa Específica, a rocha em estudo é classificada como um material de“ Alta Densidade”, como se pode confirmar em ASTM C568. Com base aos valores de absorção e porosidade é possível vislumbrar o quanto é densa o material pois é sabido que absorção de água menor implica que o material é pouco poroso e consequentemente apresenta uma maior coesão das partículas que torna mais denso o material. Por meio de um teste feito usando o ácido clorídrico verificou uma efervescência que é típico em rochas carboniticas, comportamento típico em calcário calcite, sendo o calcite bastante denso logo a rcoha em causa por conter a calcite também é densa.

Tabela 11 - Classificação das Rochas (Adaptado em ASTM C1528, in Frascá, 2002)

Tipo de Rocha		Densidade (kg/m^3)	Absorção d'água (%)	Compressão Uniaxial (MPa)	Flexão (3 Pontos) (MPa)	Flexão (4 Pontos) (MPa)
Granitos (ASTM C 615)		≥2.560	≤0,4	≥131	≥10,34	≥8,27
Mármores – Exterior (ASTM C 503)	Calcita Mármores	>2.595	≤0,20	≥52	≥7	≥7
	Dolomita Mármores	>2.800				
	Serpentina Mármores / Serpentinitos	>2.690				
	Travertino	>2.305				
Calcários (ASTM C 568)	I – Baixa Densidade	≥1.760	≤12	≥12	≥2,9	n.e.
	II – Média Densidade	≥2.160	≤7,5	≥28	≥3,4	
	III – Alta Densidade	≥2.560	≤3	≥55	≥5,9	
Rochas Quartzosas (ASTM C 616)	I – Arenito (≥60% sílica livre)	≥2.003	≤8	≥27,6	≥2,4	n.e.
	II – Arenito Quartzítico (≥90% sílica livre),	≥2.400	≤3	≥68,9	≥6,9	
	III – Quartzito (≥95% sílica livre)	≥2.560	≤1	≥137,9	≥13,9	
Ardósias (ASTM C 629)	I – Exterior	n.e.	≤0,25	n.e.	≥49,6* / ≥62,1**	n.e.
	II – Interior		≤0,45		≥37,9* / ≥49,6**	

- ✓ As rochas sedimentares por serem um material resultante de rochas preexistente e acúmulos de materiais orgânicos consolidados, tende a ser pouco coesa comparando com as rochas ígneas e metamórficas e está falta de coesa origina vazios que permitem a passagem de água mas, com os ensaios feitos para determinação da porosidade e absorção de água constatou-se baixa absorção de água algo raro em rochas sedimentares, outro sim com base a ASTM C568 são classificados rochas com

baixas absorção, pouca porosidade e alta densidade quando apresentam absorção menor ou igual a 3 %

- ✓ Com base os valores obtidos no ensaio de resistência a compressão é possível afirmar que a rocha é de boa resistência, pois de modo geral em rochas sedimentares quando se atingi valores entre 25 à 50 Mpa em classificações como ISRM 1981 e Geological Society of London classificam como material moderadamente duro.

Tabela 12 - Classificação das Rochas Apartir da Resistência (Adaptado em ISRM)

<table>
<tr><th>Resistencia a la compresión simple (MPa)</th><th>ISRM (1981)</th><th>Geological Society of London (1970)</th><th>Bieniawski (1973)</th><th>Ejemplos</th></tr>
<tr><td>< 1</td><td colspan="4">Suelos</td></tr>
<tr><td>1-5</td><td>Muy blanda</td><td>Blanda
> 1,25</td><td rowspan="2">Muy baja</td><td rowspan="2">Sal, lutita, limolita, marga, toba, carbón.</td></tr>
<tr><td>5-12,5</td><td rowspan="2">Blanda</td><td>Moderadamente blanda</td></tr>
<tr><td>12,5-25</td><td rowspan="2">Moderadamente dura</td><td rowspan="2">Baja</td><td rowspan="2">Esquisto, pizarra.</td></tr>
<tr><td>25-50</td><td>Moderadamente dura</td></tr>
<tr><td>50-100</td><td>Dura</td><td>Dura</td><td>Media</td><td>Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arenisca, caliza porosa.</td></tr>
<tr><td>100-200</td><td rowspan="2">Muy dura</td><td>Muy dura</td><td>Alta</td><td>Rocas ígneas y metamórficas duras, arenisca muy cementada, caliza, dolomía.</td></tr>
<tr><td>> 200</td><td rowspan="2">Extremadamente dura</td><td rowspan="2">Muy alta</td><td rowspan="2">Cuarcita, gabro, basalto.</td></tr>
<tr><td>> 250</td><td>Extremadamente dura</td></tr>
</table>

- ✓ O resultado obtido com o ensaio de abrasão de Los Angelos demostra que é aplicável pois o valor ficou dentro do limite estabelecido pela ABNT (2009) NBR 7211/09 de 50% e dentro também do limite da literatura para outros tipos de rocha, localizados na faixa de 19,8% a 44,2% (BESSA, 2011), sendo o nosso valor de 28%;

- ✓ Os ataques por ácidos aos agregados de rocha carbonitadas é maior quanto maior for o tamanho das partículas dos agregados independentemente da solução usada. E conseguimos constatar esse fenômeno tanto com a solução de sulfereto de magnésio assim como na de Sódio obtendo percentagem menores em agregados com

granulometrias menores e maiores ao contrário, contudo é de realçar que foi mais afectada com a solução de Mg com quase 6 % de diferencia.

- ✓ Quanto a fragmentação a rocha apresenta-se com um índice de resistência bom e segundo AFNIR, 1992 é classificado como pouco fragmentável pôs o seu valor é inferior a 7.

  Coeficiente de Fragmentabilidade, FR = $\frac{D_{10antes}}{D_{10depois}} = 5$

  FR<7: Rocha é pouco fragmentável (AFNIR, 1992)

- ✓ Obtendo um coeficiente de degradabilidade igual a 1, logo classifica-se a rocha como pouco degradável sendo que segundo AFNIR, 1992 considera toda qualquer rocha com coeficiente inferior a 5 como Rocha pouco degradável.

  Coeficiente de Degradabilidade, $DG = \frac{D_{10}\ \text{A.1º Ciclo}}{D_{10}\ \text{A.4º Ciclo}} = 1.0$

  DG < 5 Rocha é pouco degradável (AFNIR, 1992)

4.7.1 - **Discussão Global**

Tabela 13 - Tabela de discussão global das caracteristicas (Autor)

Propriedades Física			
Tipo de Rocha	Densidade Aparente	Absorção de água (%)	Porosidade Aparente
Calcário ASTM	≥1.760	≤3	≤ 5
Calcário do Morro do Chingo	2.59	0.46	1.19
Ardosia ASTM	n.e	≤ 0.25	≤ 1.5
Propriedades Mecânica			
Resistencia a Compressão Simples (Mpa)		Abrasão de Los Angeles	Degradabilidade
25-50 **Moderadamente Dura** ISRM 1961 e Geological Society of London (1970)	25-50 **Baixa** Bieniawski 1973	19,8% a 44,2% é **Aplicavel** ABNT (2009) NBR 7211/09	DG<5 **Pouco degradável**. (NF P94-067)
Calcário do Morro do Chingo	40.26	28%	1
(continuação)			
	Fragmentabilidade	Integridade ao $MgSO_4$	Integridade ao Na_2SO_4
	FR<7 **Pouco fragmentável**. (NF P94-066)	% Massa perdida 9% à 20%. (ASTM C 88, AASHTO T 104)	% Massa perdida 6% à 16%. (ASTM C 88, AASHTO T 104)
Calcário do Morro do Chingo	5	9	2

5.1 Conclusões

Pelos Ensaios Realizados Concluímos:

- Os ensaios de laboratório não devem ser encarados somente como uma forma de se conseguir os habituais parâmetros técnicos para projetos de engenharia. Na realidade eles são acima disso, ferramentas investigativas que facilitam a percepção das formações geológicas.

- Por intermédio dos índices físicos é correcto afirmar que a rocha em estudo é densa e pouco permeável, por causa da relação, expressa na forma percentual, entre o peso da água contida num certo volume de rocha e o peso da parte sólida existente neste mesmo volume.

- Como é sabido que a rocha é composta por partículas sólidas que apresentam vazios entre si (muitas das vezes não observáveis a olhos nus). Estes vazios podem estar preenchidos por água e/ou ar e por sua vez faz com que a rocha absorver certa quantidade de água que não é bom, pós torna a mesma expansiva. Para o nosso caso em específico obtivemos 0.46% Absorção da Água com a Porosidade Aparente 1.19 % que significa que calcário em estudo é muito pouco expansivo, sendo assim é eficaz em obras de engenharia civil e para ser usado como rocha ornamental.

- O objecto de estudo desta investigação apresenta uma optima resistência a cargas e acções de atrito dinâmico e estático pôs nos ensaios de fragmentabilidade e degradabilidade obtivemos valores aceitáveis segundo (AFNIR, 1992). Sendo assim é eficaz em obras de engenharia civil especificamente para construção de estradas.

- É semidura porque a quando a realização do corte, percebeu-se que deixava-se serrar facilmente pela serra lisa com areia e esmeril.

- A rocha está apta para ser utilizada em obras que estão expostas e sujeitas a desgastes químicos causados principalmente por ácidos, porque verificou-se por meio das soluções como de sulfureto de sódio e Sulfureto de magnésio que a mesma resiste muito bem a estes ataques, e os ataques aos agregados de rocha é maior quanto maior for o tamanho das partículas dos agregados independentemente da solução usada. Apresentando uma eficácia em uso na construção de ponte e pavimentos interno.

- Pode ser usada em local com movimentação frequente ou atividades constantes de pessoas, bens e viaturas com carga por ser resistente a desgaste por abrasão comprovado pelo ensaio de Los Angelos, ou seja, a rocha está apta para ser aplicada em obras que prevê muito desgaste por força de atrito.

De Modo Geral Concluímos:

Com este trabalho iremos contribuir com informações técnicas e maior confiabilidade a respeito das condições físicas e mecânicas da rocha calcária da zona de morro do Chingo.

O calcário do morro do Chingo, Sumbe-Kwanza Sul é uma rocha sedimentar carbonatada como mineral predominante a dolomita (IGEO), e pelos estudos levado a cabo apraz-nos dizer que rocha apresenta optimas características físicas e mecânicas para ser usadas em construção civil e como ornamento em pavimento interno e externo.

RECOMENDAÇÕES

Com a finalidade de melhorarmos e tornar mais robustas as informações de índole geológico mineiro sobre a jazida de calcaria localizada no morro do Chingo **recomendamos que**:

- Se faça mais investigações de índole geológica mineira naquela zona de forma a fortalecer as informações daquela jazida e melhor descrever as principais aplicabilidades daquela massa rochosa.

- Seja despertado o interesse da comunidade acadêmica em efectuar uma investigação sobre as características física e mecânica do maciço rochoso daquela jazida.

- Haja maior interesse da parte dos investigadores em realizar outros tipos de ensaios para completar ou verificar os resultados que obtivemos.

- A faculdade de Engenharia presta maior apoio aos estudantes para materialização de trabalhos investigativos sobre tudo nos trabalhos de conclusão do curso.

- A exploração daquela jazida seja efectivada apenas com um estudo técnico do maciço assim como o estudo de impacto ambiental.

- Deve ser feito estudos para caracterizar a rocha através dos parâmetros geomecanicos, mineralógico e químico.