



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ESTUDO DA ERODIBILIDADE DOS SOLOS**  
**EM REGIÕES LITORÂNEAS – CASO DO ACESSO**  
**À PRAIA DE COQUEIRINHO, CONDE/PB**

**FRANCIS THIAGO BATISTA ARAÚJO**

**JOÃO PESSOA / PB**

**2015**

**Universidade Federal da Paraíba**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Engenharia Civil e Ambiental**  
**Curso de Graduação em Engenharia Civil**

**ESTUDO DA ERODIBILIDADE DOS SOLOS  
EM REGIÕES LITORÂNEAS – CASO DO ACESSO  
À PRAIA DE COQUEIRINHO, CONDE/PB**

**FRANCIS THIAGO BATISTA ARAÚJO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de estudo: Mecânica dos Solos; Estabilidade de Taludes

Orientador: Prof. Fábio Lopes Soares

**JOÃO PESSOA / PB**

**2015**

A658e Araújo, Francis Thiago Batista

Estudo da erodibilidade dos solos em regiões litorâneas –  
caso do acesso à praia de coqueirinho, Conde/PB. / Francis  
Thiago Batista Araújo - João Pessoa, 2015.

59f. il.:

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lopes Soares

Monografia (Graduação em Engenharia Civil) / Centro de  
Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba -  
UFPB.

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**FRANCIS THIAGO BATISTA ARAÚJO**

## **ESTUDO DA ERODIBILIDADE DOS SOLOS EM REGIÕES LITORÂNEAS – CASO DO ACESSO À PRAIA DE COQUEIRINHO, CONDE/PB**

Trabalho de Conclusão de Curso em 26/02/2015 perante a seguinte Comissão Julgadora:

---

Fábio Lopes Soares

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

---

Clóvis Dias

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

---

Laudelino de Araújo Pedrosa Filho

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

---

Prof<sup>a</sup>. Ana Claudia Fernandes M. Braga

Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

*Aos meus pais, Penha e Aurifranci  
(meu alicerce moral), dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente aos meus pais e eternos mentores, Penha e Aurifrançi, por me oferecerem oportunidades que não lhes foram oferecidas, pelo apoio, incentivo e amor constantes. Nesta ocasião em especial, meu pai, pelo auxílio nas pesquisas e trabalhos de campo.

A minha irmã, Áurea Caroline, por despertar em mim a necessidade de ser cada vez alguém melhor, que possa fazer diferença. Afinal, um irmão mais velho precisa proteger e orientar sua caçula. E irei. Sempre.

A minha namorada, melhor amiga, companheira e confidente, Eduarda Araújo, meu porto seguro. Por aceitar meus defeitos, sempre me aconselhando e perdendo meus momentos explosivos. Sobretudo por me fazer acreditar todo dia num futuro em que vale a pena lutar.

Ao professor Fábio Lopes Soares, pela orientação, sugestões, respeito e sobretudo referência acadêmica e profissional.

Ao engenheiro e técnico Sérgio Ricardo, pelo suporte oferecido, representando o Laboratório de Geotecnia e Pavimentação da Universidade Federal da Paraíba, com disposição e dedicação absolutas.

A Instituição como um todo, que viabilizou minha formação, permitindo que eu seja mais um profissional digno e dedicado ao desenvolvimento do meu estado e pátria.

Aos amigos, colegas de trabalho e todos os outros que de alguma forma contribuíram para a realização deste modesto trabalho.

## RESUMO

O estudo, do qual resulta este trabalho de conclusão de curso, foi desenvolvido pela análise de processos erosivos decorrentes no município do Conde/PB. O objetivo principal constitui-se na análise da erodibilidade dos solos superficiais de um perfil típico da área litorânea, frequentemente submetidos a fenômenos de tal caráter. A metodologia aplicada neste estudo consistiu no levantamento bibliográfico, investigação de campo, ensaios de caracterização e de avaliação indireta para estimativa da erodibilidade de solos não saturados na região metropolitana de João Pessoa, mais especificamente no litoral sul do estado da Paraíba.

O ensaio de desagregação realizado em amostras indeformadas, juntamente com a análise granulométrica, considerando critérios de sedimentação, mostra que se trata de um solo areno-argilosa, de formação laterítica, com baixa susceptibilidade a efeitos deflagradores de processos erosivos, em contraposição ao cenário verificado.

São, ainda que brevemente, avaliados os procedimentos adotados no controle de erosão local, evidenciando as falhas de execução e suas previstas repercussões.

Palavras-chave: erosão; análise granulométrica; análise geotécnica

## **ABSTRACT**

The following study is the outcome of a graduation project related to the analysis of erosion processes that took place in the city of Conde/PB. The main objective is the analysis of soil erodibility related to a coastal area profile often affected by erosion processes. The methodology applied in this study included bibliographic information of the area, field survey, soil characterization tests and estimatives of erodibility of non saturated soils in the city of João Pessoa, specifically in the south coast of the state of Paraíba.

The disaggregation test and the sieve analysis were executed with undisturbed samples. The soil was characterized as a sandy clay soil, formed through lateritic formation. The results show that the samples were unlikely to be affected by erosion processes; contradicting what was verified in the field.

This study also involves the evaluation of procedures adopted to control erosion processes, as well as revealing evidences of inefficient execution of these processes and its consequences.

**Key words:** Erosion; Sieve Analysis; Geotechnical Analysis

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Erosão por salpicamento ou <i>splash</i> .....	14
FIGURA 2: Exemplos de sulcos e ravinas situadas em Tabatinga e Coqueirinho.....	16
FIGURA 3: Anéis utilizados na coleta de amostras indeformadas.....	27
FIGURA 4: Rebaixamento realizado na cabeceira do acesso, em tentativa de retirada de amostra indeformada.....	28
FIGURA 5: Coleta de amostra indeformada em área adjacente ao acesso, com presença de matéria orgânica.....	28
FIGURA 6: Esquema das condições de submersão do Ensaio de desagregação.....	29
FIGURA 7: Processo de retirada da amostra do anel de confinamento, com emprego de macaco hidráulico (LAPAV).....	30
FIGURA 8: Perfis encontrados na rota estabelecida ao longo da PB-008.....	31
FIGURA 9: Imagens representativas da rota de análise.....	32
FIGURA 10: Processo erosivo em andamento no acesso à praia de Coqueirinho.....	33
FIGURA 11: Curvas granulométricas das quatro amostras representativas.....	37
FIGURA 12: Triângulo de grupamento textural. Fonte: EMBRAPA.....	37
FIGURA 13: Ensaio qualitativo de desagregação em andamento.....	39
FIGURA 14: Ruptura da base do pavimento rígido no acesso à praia de Coqueirinho.....	42

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: Enfoque de estudos sobre erosão por diferentes áreas do conhecimento.....20

TABELA 2: Classificação relativa da erodibilidade.....21

RESUMOS DOS ENSAIOS DE GRANULOMETRIA OBTIDOS.....34

TABELA 3: Resumo da granulometria.....37

TABELA 4: Comportamento das amostras no ensaio de desagregação.....40

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO.....	11
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 – Erosão dos solos.....	13
2.2 – Classificação dos processos erosivos.....	15
2.3 – Fatores que condicionam os processos erosivos.....	16
2.4 – Erodibilidade dos solos.....	20
2.5 – Ensaios geotécnicos para avaliação da erodibilidade.....	22
2.5.1 – Ensaios de caracterização física.....	23
2.5.2 – Ensaio de desagregação.....	24
3 – METODOLOGIA.....	26
3.1 – Pesquisa inicial.....	26
3.2 – Investigação de campo.....	26
3.3 – Ensaios de laboratório.....	27
3.3.1 – Ensaios de caracterização.....	27
3.3.2 – Ensaio de desagregação.....	28
4 – ÁREA DE ESTUDO.....	31
5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	34
5.1 – Ensaios de caracterização e determinação de índices físicos.....	34
5.2 – Avaliação do potencial de desagregação dos solos.....	38
5.3 – Medidas de controle de erosão instauradas.....	41
6 – CONCLUSÕES.....	43
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
8 – ANEXOS.....	47

## 1 – INTRODUÇÃO

Os processos erosivos fazem parte da evolução natural do meio físico e da alteração do relevo (SILVA, 2003). Estes compreendem um conjunto de fenômenos naturais que abrangem a formação de materiais provenientes da decomposição e desagregação dos solos e das rochas. É, portanto, um processo de dinâmica superficial conduzida por agentes como clima, ação da água e vento, natureza do material, relevo e ação antrópica, responsável pela modelagem da superfície da Terra. Quando o agente erosivo em destaque é a água, recebe o nome de erosão hídrica, e ainda quando este processo é acelerado por ações antrópicas denomina-se erosão hídrica acelerada.

As consequências que os processos erosivos têm causado, tanto no meio rural quanto no meio urbano, têm provocado nos últimos anos uma intensa investigação e debate sobre os parâmetros e mecanismos responsáveis pela erosão e possíveis medidas a serem adotadas para a prevenção e controle das áreas afetadas.

Segundo Bastos (1999), do ponto de vista da Geologia de Engenharia e da Geotecnia, a identificação, avaliação e compreensão dos parâmetros e mecanismos que determinam o processo erosivo são fundamentais para elaboração de projetos de contenção e/ou controle da erosão.

A compreensão do mecanismo de desencadeamento e evolução dos processos erosivos tem difícil alcance e envolve o conhecimento de muitas variáveis, exigindo uma visão sistêmica do fenômeno.

Vários autores destacam a importância da ação da gota (erosão por impacto) e do escoamento superficial (erosões laminar e linear) na deflagração dos processos de erosão hídrica. Os mecanismos envolvidos nestes processos são complexos e apresentam uma *interrelação* de fatores que interveem no fenômeno. Estes fatores podem ser agrupados em quatro tipos: fatores climáticos, fatores topográficos, fator vegetação e fator solo (BASTOS, 1999).

Um dos principais fatores condicionantes da erosão dos solos é a erodibilidade, que pode ser definida como a propriedade do solo que retrata a maior ou menor facilidade com que suas partículas são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo.

O objetivo geral do presente trabalho reside no estudo parcial da erodibilidade dos solos superficiais em sulcos, tomando como caso aqueles situados no acesso à praia de Coqueirinho, município do Conde, litoral sul da Paraíba.

Como objetivos secundários, constam a realização de ensaios de caracterização geotécnica do solo existente no local e avaliação da erodibilidade através de método indireto simplificado.

Para complementar este estudo, foi realizado um acompanhamento da obra de pavimentação vigente na área, a fim de se constatar irregularidades nos processos executivos, podendo finalmente apresentar uma avaliação crítica das medidas adotadas.

A estruturação deste trabalho consta de 6 capítulos. O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura abordando os temas relacionados com os fenômenos de erosão dos solos; os fatores que condicionam os processos erosivos; erodibilidade dos solos; e ensaios geotécnicos para a avaliação da erodibilidade utilizados no meio geotécnico no desenvolvimento deste escopo.

O Capítulo 3 aborda a metodologia aqui aplicada, que consistiu na revisão bibliográfica, investigação de campo e ensaios simples de laboratório. No estudo inicial de gabinete foi realizado um levantamento dos materiais disponíveis sobre o tema. Na investigação de campo foram observados os processos erosivos atuantes na área de interesse. Nestes pontos foram coletadas amostras deformadas e indeformadas e posterior realização dos ensaios geotécnicos. Na investigação de laboratório foram realizados os ensaios de caracterização e um ensaio simplificado de avaliação indireta da erodibilidade.

A área de estudo foi detalhada no Capítulo 4, apresentando um panorama vigente no litoral sul paraibano, onde está situado acesso à praia de Coqueirinho, objeto e alvo desse estudo.

O Capítulo 5 aborda a apresentação e análise dos resultados, através da descrição da área; dos resultados da caracterização geotécnica e de avaliação da erodibilidade das camadas estudadas. As conclusões são apresentadas no Capítulo 6.

## 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Erosão dos solos

De maneira geral, erosão é um termo que representa uma série de fenômenos ou ações que inclui o desprendimento (desagregação), transporte e a deposição das partículas de solo, causadas por agentes erosivos, tais como o vento, a gravidade, o gelo e a água. Em específico, aquela em que o agente erosivo é representado pela água, pode ser obviamente tratada como erosão hídrica.

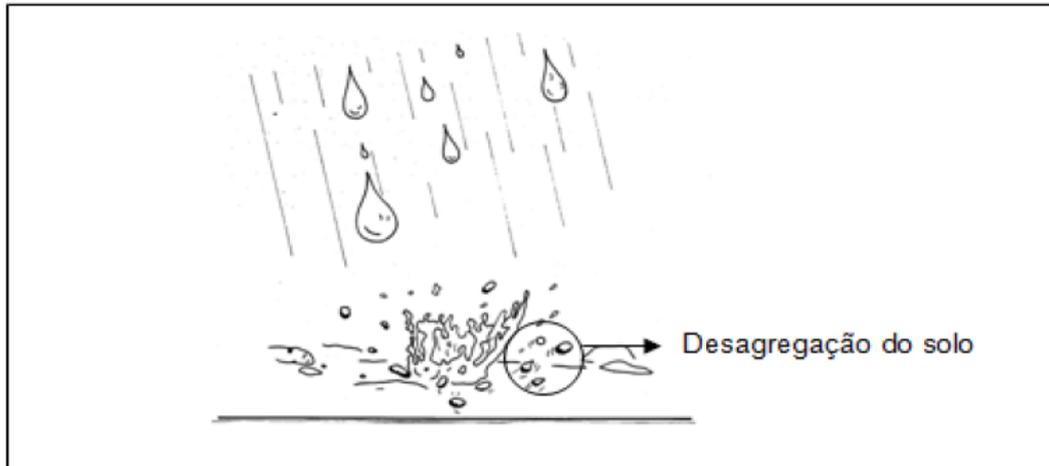
São inúmeros os critérios empregados na classificação dos processos erosivos, dentre eles a natureza, agente e grau de intensidade. Quanto à natureza ou a escala de tempo em que as erosões ocorrem, as erosões são classificadas em dois grandes grupos, podendo ser de ordem natural (geológica) ou antrópica (acelerada).

Segundo Bastos (1999), a erosão enquanto processo natural, é considerada um agente geológico que provoca a modificação das paisagens terrestres, um mecanismo lento e medido pelo tempo geológico. A interferência antrópica altera esse processo natural, geralmente acelerando sua ação e aumentando sua intensidade. Quando a ação humana é caracterizada como deflagradora e intensificadora dos processos de erosão hídrica é utilizado o termo *acelerada*.

Neste trabalho, bem como no meio geotécnico como um todo, a erosão hídrica é o principal objeto de estudo, em decorrência dos grandes danos à ela atrelados, tanto nas zonas rurais quanto nas zonas urbanas.

A erosão hídrica tem a chuva como agente erosivo, ocasionando a desagregação das partículas de solo na superfície provocado pela energia de impacto das gotas da chuva e pela força cisalhante do escoamento superficial pelo fluxo concentrado (BASTOS, 1999; AMORIM et al., 2001; NUNES e CASSOL, 2008).

Conforme a Figura 1 mostra, a desagregação das partículas do solo tem sua origem no chamado efeito *splash* ou salpicamento, ou seja, é o efeito do impacto da gota da chuva sobre o solo. Este processo, afirmam Cooke e Doornkamp (1990 *apud* BIGARELLA, 2003), pode ser responsável até por 90% da erosão de um solo em algumas circunstâncias. A energia acumulada em uma gota de chuva que cai sobre um solo desprotegido pela vegetação, é muito grande. O impacto da gota causa o desprendimento e a projeção das partículas menores do solo no ar, formando uma cratera no ponto onde a gota toca o solo.



*Figura 1* - Erosão por salpicamento ou splash. Fonte: IPT (1999)

Para Guerra e Mendonça (2004), o impacto da gota resulta na compactação do solo pela formação de crostas que irão dificultar ou até mesmo impedir a infiltração da água da chuva. Na área adjacente à compactada, ocorre o deslocamento das partículas que são lançadas para o exterior da cratera formada. A partir daí, começam a se formar as poças nas irregularidades (microtopografia) existentes no topo do solo. Quando essas poças se rompem, inicia-se então, o escoamento superficial, inicialmente difuso, em que não há concentração de fluxo em canais, provocando a erosão em lençol.

De acordo com Camapum de Carvalho et al. (2006), o destacamento das partículas cessa quando o solo passa a resistir aos esforços de arrancamento e o fluido satura a sua capacidade de transporte de sedimento. O escoamento superficial passa a se dar quando a intensidade da chuva supera a capacidade de infiltração do solo.

Segundo Amorim et al (2001), o domínio da energia de impacto das gotas da chuva ou do escoamento superficial no desprendimento e transporte de sedimentos, depende se a erosão ocorre em sulcos ou em áreas entre sulcos. A erosão entre sulcos é, às vezes, referida como erosão superficial ou laminar que está relacionada com a distribuição do destacamento das partículas que ocorre de maneira uniforme e suave por toda a sua extensão. É considerada um dos tipos de erosões mais perigosas, pois muitas vezes é difícil de ser observada (FRENDRICH et al., 1991). A erosão superficial por escoamento laminar pode ou não propiciar o aparecimento de sulcos, mas quando gerados, poderão evoluir para ravinas e voçorocas.

## 2.2 - Classificação dos processos erosivos

Diversos trabalhos, tais como os de Bertoni e Lombardi Neto (1999), Maciel Filho (1997) e Infanti Jr (1998) classificam as erosões quanto ao grau de intensidade em superficial (laminar), sulcos e ravinas, e finalmente, voçorocas.

Os conceitos de sulcos e ravinas diferem com relação as dimensões da incisão, com a geometria da feição erosiva, com o afloramento do lençol freático na incisão ou com o tipo de fluxo do escoamento. Mesmo não havendo um consenso entre conceitos, as classificações mais utilizadas internacionalmente são aquelas relacionadas às dimensões das incisões erosivas.

Bigarella (2003) adota a seguinte terminologia de acordo com a profundidade: ranhura (até 5 cm), sulco (5 a 30 cm); vala (30 a 100 cm) e ravina (maior 100 cm). Este autor afirma que, com o aumento do tamanho dos sulcos, estes se transformam em valas de erosão (*gully*) e em ravinas de dimensões maiores. Na literatura, o termo *gully* também é designado para ravinas e até mesmo para voçorocas, não tendo uma definição precisa.

Camapum de Carvalho (2006) considera que sulcos são pequenos canais de até 10 cm de profundidade, gerados pela concentração do escoamento superficial; e ravinas são canais com profundidade entre 10 e 50 cm, onde começa a haver a instabilidade dos taludes.

Segundo Bastos (1999), o termo voçoroca é originado do termo Tupi-Guarani, “*mboso’roka*”, que significa romper ou rasgar, podendo ser definida como uma ravina de grandes dimensões originada pela grande concentração do fluxo superficial, provocada pela ação antrópica, combinada com a ação do fluxo subsuperficial. As erosões por voçoroca constituem-se no estágio mais avançado da erosão, sendo caracterizadas pelo avanço em profundidade das ravinas até estas atingirem o lençol freático ou o nível de água do terreno. De acordo com Bigarella e Mazuchowski (1985 *apud* BIGARELLA, 2003) a evolução de uma voçoroca está ligada à erosão interna junto ao nível freático, causando escavações em forma de concha, tubulares, progredindo em túnel, com subsequente escorregamento do terreno.

Camapum de Carvalho et al. (2006a) afirmam que tanto as ravinas, quanto as voçorocas, podem assumir forma linear, quando estão associadas às características geológico-geotécnicas e estruturais da região, apresentando inicialmente a forma de “V” e podendo evoluir para a forma “U” ou trapezoidal; forma de anfiteatro, quando a feição assume forma mais concentrada, e encaixada quando a feição atinge camadas de solo menos resistente, ficando confinada pelas mais resistentes.

Segundo Oliveira (1999) os principais mecanismos responsáveis pela erosão sulcos, ravinas e voçorocas são: (a) destacamento das partículas de solo por impacto das gotas de chuva; (b) transporte de partículas do solo pelo escoamento superficial difuso e pelo fluxo concentrado; (c) erosão por queda-d'água (*plunge pool erosion*); (d) solapamento da base dos taludes; (e) liquefação das partículas de solo; (f) movimentos de massa localizados; e (g) arraste das partículas do solo por percolação em meio poroso e através de dutos (*piping*).



Figura 2 - Exemplos de sulcos e ravinas situadas em Tabatinga e Coqueirinho, respectivamente.

### 2.3 - Fatores que condicionam os processos erosivos

O processo erosivo possui diversos condicionantes, tornando-o dessa forma, um sistema complexo, que dependendo de seu grau de evolução, pode ser de difícil entendimento.

Diversos autores, como Galetti (1985), Bertoni e Lombardi Neto (1985), Guerra e Mendonça (2004), apontam os seguintes fatores como condicionantes da erosão: (a) clima; (b) relevo; (c) cobertura vegetal; (d) ação antrópica; (e) natureza do solo.

O clima é um fator importante, controlador do desenvolvimento de processos erosivos, atuando na desagregação da rocha e formação do solo. Segundo Salomão e Antunes (1998) os aspectos climáticos mais importantes no desenvolvimento pedogenético, isto é, na transformação do solo, são representados pela precipitação pluviométrica e a temperatura.

Para Fendrich et al. (1991), locais de climas úmidos, tropical quente e temperado, com inverno seco e verão chuvoso, são mais propícios de serem afetados pelos processos erosivos.

A precipitação pluviométrica é o fator climático de maior importância no desenvolvimento dos processos erosivos. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), o volume

e a velocidade da enxurrada dependem da duração, frequência e intensidade da chuva, sendo esta, o fator pluviométrico mais importante na erosão. Chuvas de maior intensidade, com longa duração e frequência alta, causam enxurradas mais volumosas, e conseqüentemente, maiores perdas de solo.

De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1985) uma chuva de 50 mm em período de 30 min poderia ter um peso de quase 560 t em um hectare, tendo, aproximadamente, 3 mm o diâmetro das gotas que cairia com uma velocidade de 8 m/s.

O potencial de desagregação, transporte e deposição das partículas pela ação da água, é chamado de erosividade. Segundo Bastos (1999), a ação erosiva da água (erosividade), depende da distribuição pluviométrica (chuva acumulada e intensidade de chuva).

Em relação ao relevo, fatores como o comprimento da rampa, declividade e o tipo de vertente, entre outros, influenciam no caminho percorrido pela água. Para Bertoni e Lombardi Neto (1985) e Bastos (1999), na medida em que o comprimento da rampa e a declividade aumentam, o caminho e a velocidade do escoamento superficial também aumentam, e conseqüentemente, aumenta seu poder de destacamento e transporte das partículas de solo.

Segundo autores como Galetti (1985), Oliveira e Brito (1998), IPT (1991), Borst e Woodburn (1940 *apud* BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985) e Bertoni e Lombardi Neto (1985) a erosão é diretamente proporcional à declividade e ao comprimento de rampa que influenciam na velocidade da água, sendo menor nos terrenos mais planos e maiores nos terrenos com maiores comprimentos de rampa. Ayres (1960), também considera a topografia um dos principais condicionantes, pois a declividade do terreno e o comprimento de rampa são determinantes na direção e na velocidade do escoamento.

Dados apresentados por Bertoni (1959 *apud* BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985) mostram que um terreno com 20 m de comprimento e 20% de declividade tem a mesma perda de solo que um terreno com 120 m de comprimento e com apenas 1% de declividade.

A cobertura vegetal tem um papel fundamental, pois atua no sentido de diminuir a velocidade e facilitar a infiltração da água. Para Ayres (1960), a cobertura vegetal é considerada importante, pois diz respeito à permeabilidade/impermeabilidade do solo e das camadas adjacentes. A cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, pois amortece o impacto das gotas de chuva, diminuindo seu potencial de destacamento e transporte das partículas de solo.

O efeito da vegetação pode ser enumerado da seguinte forma: (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que

atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canais no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica e húmus (através da decomposição da vegetação) aumentando sua porosidade e a capacidade de retenção de água; e (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície. Portanto, a cobertura vegetal tem influência direta sobre o escoamento superficial e infiltração da água no solo, e a mudança do escoamento superficial e subterrâneo, como consequência do desmatamento, é a principal causa dos processos erosivos (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; INFANTI Jr e FORNASARI FILHO, 1998).

As formas de uso e manejo do solo representam o fator decisivo na aceleração dos processos erosivos. De acordo com Galeti (1985), Fendrich et al. (1991), Panachuki et al. (2006), Nunes e Cassol (2008) e outros, em áreas rurais, os solos são mais vulneráveis a erosão hídrica quando: (a) é retirada a cobertura vegetal e a agricultura é praticada de forma incorreta (preparo e o plantio realizados em regiões de relevo acidentado, queima dos restos das culturas, etc.); (b) o solo sofre compactação pelo pisoteio do gado e excessivo movimento de máquinas e implementos agrícolas; (c) ocorrem aberturas de valas perpendiculares às curvas de nível; (d) se abrem estradas vicinais sem os devidos cuidados com a rede de drenagem.

Em áreas urbanas, a aceleração da erosão se dá pela intervenção humana, principalmente relacionada às obras de engenharia como: (a) a exposição de taludes de corte em rodovias e barragens não protegidos; (b) a exploração de áreas para a retirada de materiais de empréstimo; (c) a execução de loteamentos sem os devidos cuidados com a drenagem; e (d) obras de retificação de rios e canais, entre outros.

A natureza do solo/rocha determina a susceptibilidade dos terrenos à erosão (propriedade do solo chamada de erodibilidade). Autores como Fendrich et al. (1991) são específicos na descrição das características do solo condicionantes do processo erosivo como sua textura, estrutura, estratificação, permeabilidade, teor de umidade, e sua composição. A textura (características granulométricas), ou seja, a relação ao tamanho das partículas do solo influi na capacidade de infiltração e absorção d'água, interferindo na energia das enxurradas e na coesão dos solos.

Para Bertoni e Lombardi Neto (1985), solos de caráter areno-argiloso ou argilo-arenoso são mais vulneráveis ao processo erosivo, mesmo sendo normalmente porosos, permitindo rápida infiltração das águas e retardando o escoamento superficial. Para estes autores, os solos com uma pequena quantidade de partículas de argila possuem baixa coesão, tendo uma menor resistência à erosão, sendo esta verificada mesmo em pequenas enxurradas. Consideram

também que a quantidade de matéria orgânica (MO) no solo é determinante no controle da erosão, pois esta reteria de duas a três vezes o seu peso em água, aumentando assim a infiltração, resultando numa diminuição nas perdas de erosão.

Os fatores mais importantes que regem a infiltração de água no solo são o tamanho e a disposição dos espaços porosos; a umidade do solo no começo da chuva e/ou grau de saturação; sucção e o grau de agregação do solo. Solos arenosos, com grandes espaços porosos, pode-se esperar maior velocidade de infiltração quando comparados com os solos argilosos. O material coloidal do solo tende a expandir quando saturado, reduzindo o tamanho, o espaço poroso, e consequentemente, a infiltração. As partículas finas do solo, quando estão bem agregadas, possuem espaços porosos maiores, proporcionando, maior velocidade de infiltração (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1985; BIGARELLA, 2003; CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006a).

O arranjo das partículas no solo influencia a capacidade de infiltração, absorção da água da chuva e arraste de partículas. Segundo Salomão e Iwasa (1995 *apud* INFANTI JR e FORNASARI FILHO, 1998), dependendo da estruturação das partículas, os solos argilosos podem se apresentar altamente porosos e até mais permeáveis que solos arenosos.

A espessura do solo e o contato com o substrato rochoso interferem na rapidez de saturação do solo e no início do escoamento superficial. Solos rasos permitem rápida saturação dos horizontes superficiais, contribuindo para a formação das enxurradas. Estes solos se apresentarem uma camada argilosa subjacente a ele, estão mais vulneráveis à erosão (Argissolos). Entretanto, os solos profundos apresentam maior capacidade de infiltração das águas pluviais (FENDRICH et al., 1991; AZEVEDO, 2004).

Segundo Suguio (2003) a erosão é influenciada também pela litologia e estruturas das rochas como a presença de estratificações, foliações, xistosidade e gnaissificação, como também por fatores tectônicos, tais como: falhas, dobras e juntas. O domínio geológico e pedológico de ocorrência de voçorocas no Brasil é muito variável, sendo encontradas estas feições em várias regiões (NOGAMI e VILLIBOR, 1995; BASTOS, 1999).

## 2.4 - Erodibilidade dos solos

A erodibilidade pode ser definida como a maior ou menor facilidade com que as suas partículas são destacadas e transportadas pela ação de um agente erosivo, sendo uma propriedade complexa em função do grande número de fatores físicos, químicos, biológicos e mecânicos intervenientes. Esta propriedade tem despertado um grande interesse na pesquisa da erosão, por ser governado pelos atributos intrínsecos do solo, os quais podem variar de um solo para o outro, ou para o mesmo solo (BASTOS, 1999; PANACHUKI et al., 2006).

Bastos (1999) apresenta uma revisão sobre o tema erosão, mostrando como as grandes áreas de conhecimento, tais como, Agronomia, Hidráulica, Geologia e Engenharia trabalham com a erosão do solo e processos associados. A Tabela 1 apresenta o enfoque dado por estas áreas de conhecimento.

Tabela 1 - Enfoque de estudos sobre erosão por diferentes áreas do conhecimento

Área de conhecimento		Enfoque
Agronomia	Física dos Solos	Estudo de características físicas, químicas e mineralógicas que influenciam a erodibilidade dos solos dos horizontes superficiais e estudos de modelos de previsão da perda do solo;
	Manejo e Conservação dos Solos	Estudo do impacto de técnicas de cultivo e manejo no processo erosivo;
Hidráulica	Hidráulica de Canais	Estudo da erosão localizada dos solos pelo fluxo de água em estruturas hidráulicas;
Geologia	Geologia de Engenharia	Estudos voltados para o diagnóstico ambiental da erosão, nas condicionantes geológicas e geomorfológicas à erosão regional e relato de obras para o controle de erosão;
Engenharia	Engenharia Geotécnica	Abordagem limitada para o problema da erosão. Poucos trabalhos na modelagem dos mecanismos de erosão e em critérios de avaliação da erodibilidade dos solos.

Fonte: Bastos (1999)

Em decorrência da interdisciplinaridade das abordagens, é uma tarefa audaciosa impor essa particularização. Conceitos da Agronomia, da Hidráulica e da Mecânica dos Solos têm sido reunidos nos trabalhos mais recentes, em modelos de erosão e na concepção de critérios de avaliação da erodibilidade.

Os modelos de erosão têm por finalidade principal a previsão da perda de solo em terrenos agrícolas. Os primeiros modelos desenvolvidos eram empíricos, baseados nos fatores que influenciam a quantidade de solo removido e transportado. A erodibilidade dos solos constitui um dos fatores envolvidos. No ano de 1960 foi lançado o primeiro modelo de aceitação na previsão da perda de solo por erosão hídrica: a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), publicada originalmente por Wischmeier e Smith (1960 *apud* BASTOS, 1999) e na sua versão definitiva no ano de 1978.

Segundo Vilar e Prandi (1993), no âmbito da Mecânica dos Solos, tem sido pequeno o esforço de procurar estabelecer os fatores que condicionam a resistência à erosão. Em geral, sua medida é de pequena magnitude se comparados com a resistência do solo a outros esforços, além de ser necessário representar complexas condições ambientais.

Bastos (1999) quantifica a erodibilidade de solos tropicais e subtropicais, não saturados, a partir de quatro perfis representativos dos processos erosivos na região metropolitana de Porto Alegre, levando em conta a magnitude e a frequência dos processos erosivos, em três níveis principais e dois níveis intermediários, conforme Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação relativa da erodibilidade

ERODIBILIDADE RELATIVA	OBSERVAÇÃO
Baixa	Solos lateríticos, que quando preservado, mostra resistência ao ravinamento deflagrador das voçorocas.
Média	Solos arenosos finos, que apresentam certa resistência à erosão, devido à cimentação herdada do arenito. Susceptíveis ao processo de ravinamento e a erosão interna.
Alta	Solos friáveis com ravinamento e voçorocas em alto grau de desenvolvimento.
Média a baixa	Solos que perderam parte da cimentação de origem e que são compensados pelo enriquecimento em argila.
Média a alta	Solos saprolíticos arenosos de origem granítica, sujeitos a ravinamentos e voçorocamentos.

Fonte: Tatto (2007) adaptado de Bastos (1999)

Bastos (1999) apresenta um levantamento de vários métodos que buscam estimar a erodibilidade através propriedades mecânicas, físicas e químicas do solo de mais fácil determinação. Estas relações não são universais, pois foram desenvolvidas em trabalhos locais e quanto extrapoladas para outras áreas não apresentam as relações sugeridas pelos seus autores.

## **2.5 - Ensaios geotécnicos para avaliação da erodibilidade**

A avaliação da erodibilidade de um solo pode se dar por métodos diretos e indiretos.

Alguns ensaios, como os realizados para a caracterização física, considerados ensaios de avaliação indireta da erodibilidade são os seguintes: ensaio de desagregação, perda de massa por imersão e infiltrabilidade da metodologia MCT (Nogami e Villibor, 1979) e ensaio de cone de laboratório.

Para Jacintho et al. (2006), o ensaio denominado Inderbitzen, que utiliza de um equipamento composto por uma rampa hidráulica, visando simular o escoamento laminar em contato com uma amostra, constitu-se numa forma de avaliação direta da erodibilidade. É válido ressaltar contudo que se trata de um processo baseado em métodos empíricos e ainda não normatizados. Bastos (1999) apresentou uma nova proposta metodológica com uma abordagem geotécnica para avaliação da erodibilidade de solos residuais. Tal proposta possui como base o estudo da erodibilidade, em perfis de solos residuais não saturados, realizado pelo autor em sua Tese de Doutorado. A proposta consiste em uma avaliação indireta e uma avaliação direta da erodibilidade. A avaliação indireta é realizada em campo, com base em diferentes critérios estabelecidos na literatura técnica como a Estimativa do fator erodibilidade  $K_{USLE}$  da Equação Universal de Perda de Solo (USLE) entre outros. A avaliação direta se dá por meio dos ensaios de Inderbitzen em laboratório, complementada com os ensaios de resistência ao cisalhamento direto com controle de sucção.

Dentre os trabalhos sobre erodibilidade na área da engenharia, vale destacar o pioneirismo dos estudos iniciados na década de 60 pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (LNEC) e pelo Laboratório de Engenharia de Angola, com o objetivo de obter critérios de erodibilidade para solos tropicais encontrados em cortes de estradas (BASTOS, 1999).

No escopo deste trabalho são discutidos e realizados apenas os ensaios voltados para a caracterização física do solo no perfil objeto de estudo, além de ensaios para avaliação indireta da erodibilidade, conforme discorrem os tópicos seguintes.

### 2.5.1 - Ensaio de caracterização física

Os ensaios de caracterização física são considerados primordiais na análise, não só da erodibilidade, como também em qualquer outra propriedade do solo. Sua interrelação com a erodibilidade não é considerada simples e direta para alguns autores, como Jacintho et al. (2006). Para estes autores, os solos tropicais possuem a característica de serem agregados quando intemperizados, sendo um equívoco a relação direta entre a granulometria do solo e a erodibilidade, por exemplo.

A mesma análise direta não deve ser feita em relação à plasticidade. Sabe-se que solos com maior índice de plasticidade são menos erodíveis (com exceção das argilas dispersivas), porém, no caso dos solos tropicais, a presença de oxi-hidróxido de ferro, conferem uma maior estabilidade e resistência ao solo, tornando-o menos erodível, mesmo apresentando uma baixa plasticidade (CARDOSO, 2002 *apud* JACINTHO et al., 2006).

Segundo Jacintho et al. (2006) a porosidade e a distribuição dos poros são consideradas as propriedades físicas mais relevantes na inter-relação com a erodibilidade, pois os fenômenos de sucção, coesão e permeabilidade são afetados devido à concentração de macroporos interconectados. Considera ainda que as análises em termos de peso específico real dos grãos devem ser evitadas pelo fato de serem muito variáveis nos solos tropicais.

Pejon e Silveira (2007), na investigação de 244 amostras de solos tropicais em São Paulo, verificaram uma excelente correlação entre a erodibilidade e a perda de massa por imersão, o peso específico real e a infiltrabilidade (absorção de água).

Bacellar et al. (2005), utilizaram ensaios granulométricos com e sem uso de defloculante para caracterizar os processos erosivos encontrados na Bacia hidrográfica Maracujá (MG).

Bastos (1999), ao analisar os processos erosivos em quatro perfis na região metropolitana de Porto Alegre, constatou que o decréscimo do teor de finos e a plasticidade aumentaram a erodibilidade dos solos. No entanto, esta relação não foi confirmada pelo estudo de solos tropicais realizados por Fácio (1991). Para este autor, esta não confirmação se deve ao fato da influência de características estruturais e mineralógicas dos solos, demonstrando que essas propriedades não podem ser únicas na avaliação do comportamento geomecânico dos solos.

De acordo com Fácio (1991), a erodibilidade dos solos tende a ser inversamente proporcional ao grau de saturação sem mostrar, no entanto, qualquer tendência com os demais parâmetros geotécnicos estudados isoladamente.

Silva et al. (2000) avaliou métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros, foram testados 23 modelos indiretos de estimativa da erodibilidade (fator k), os autores concluíram, em sua pesquisa, que nenhum dos 23 métodos testados mostrou-se recomendável para a estimativa da erodibilidade para o conjunto dos latossolos estudados, sendo necessário o desenvolvimento de modelos específicos para este tipo de solo.

### 2.5.2 - Ensaio de desagregação

Também chamado de *slaking test*, evoluiu do chamado *crumb test*, ensaio preconizado para identificação de solos dispersivos através da imersão gradual de uma amostra de solo em água com a descrição qualitativa dos fenômenos observados.

Para Morowaki e Mitchell (1977 *apud* BASTOS et al., 2000) a desagregação é o processo de ruína de uma amostra de solo não confinada, exposta ao ar e na sequência imersa em água. O objetivo deste ensaio é a verificação da instabilidade à desagregação de uma amostra de solo cúbica ou cilíndrica, quando submersa em água destilada, sendo considerada como uma avaliação indireta, visual e qualitativa da estabilidade, não sendo normatizado.

A aplicação deste ensaio de desagregação para fins geotécnicos foi idealizada pela engenheira Anna Margarida Fonseca, ao estudar propriedades dos solos para fins de fundações durante a construção de Brasília, conforme Ferreira (1981 *apud* BASTOS et al., 2000).

Santos (1997 *apud* BASTOS et al., 2000) indica o ensaio de desagregação como critério preliminar na avaliação qualitativa da erodibilidade devido ao fato de ser um ensaio considerado simples e de resultar bons resultados, auxiliando no direcionamento de outros ensaios de erosão.

Em se tratando da descrição qualitativa da amostra são observadas as seguintes dinâmicas na amostra: (a) abatimento (*slumping*); (b) fraturamento no topo; (c) rupturas nas bordas; (d) velocidade de desagregação; (e) grau de dispersão das partículas de solo; (f) velocidade de ascensão capilar; e (g) inchamento.

Em relação à metodologia de ensaio, de acordo com Santos (1997, *apud* JACINTHO et al., 2006) as amostras indeformadas são moldadas em forma de cubos com 6 cm de aresta, sendo que as amostras são submetidas a imersão total durante 24 horas, e a imersão parcial.

Este mesmo autor recomenda que as diferentes amostras não devem ser colocadas em um mesmo recipiente para serem ensaiadas, pois os elementos e compostos químicos desprendidos de uma amostra podem interferir na estabilidade das outras.

Welter e Bastos (2003) realizaram o ensaio utilizando amostras compactadas no equipamento miniatura com diâmetro e altura de 5 cm na condição de umidade ótima de

compactação (*Wótima*) e previamente secas ao ar, sendo submetidas ao processo de imersão parcial apenas, como descrito por Santos (1997, *apud* JACINTHO et al., 2006).

Santos (1997 *apud* BASTOS et al., 2000) ao ensaiar amostras de solo de voçorocas no município de Goiânia, concluiu que a desagregação verificada nas amostras ocorreu pelo processo de abatimento causado pela hidratação e desaeração geradas na fase de inundação das amostras, sendo que o processo de saturação das amostras anula a sucção matricial e gera poropressão positiva capaz de desestruturar e desagregar o solo.

Lima (1999, *apud* JACINTHO et al., 2006) realizou ensaios de desagregação em amostras de solo em erosões da cidade de Manaus, coletadas entre 5,0 e 8,5 m de profundidade, sendo submersas totalmente durante sete dias, não mostrando nenhuma desagregação, tendo como resultados a associação da estrutura geológica ao processo de evolução da erosão.

### **3 – METODOLOGIA**

A metodologia aplicada neste estudo consistiu em quatro etapas de trabalho, nas quais foram desenvolvidas as seguintes atividades: (a) pesquisa inicial: realizada através do levantamento dos materiais disponíveis acerca do tema (mapas, fotografias aéreas, imagens de satélite, teses, dissertações, artigos sobre erosão); (b) investigação de campo: iniciada pelo levantamento geomorfológico da região sul do litoral paraibano – direcionado aos setores adjacentes à rota principal da PB-008 em direção às praias – a fim de se identificar os locais mais atingidos ou suscetíveis a processos erosivos; escolhida uma área para análise, seguiu-se a realização do estudo geológico/geotécnico de detalhe dos sulcos onde foram escolhidas camadas para coleta de amostras deformadas e indeformadas e posterior realização dos ensaios geotécnicos; (c) ensaios de laboratório: etapa na qual foram realizados os ensaios de caracterização e os ensaios de avaliação da erodibilidade; (d) análises parciais dos resultados e crítica dos processos de tratamento em execução na região.

#### **3.1 - Pesquisa inicial**

O levantamento bibliográfico teve como base uma revisão em livros, teses e dissertações de temas relacionados com a geologia geral da área, processos erosivos (envolvendo seus conceitos, dinâmica, classificações, mecanismos, feições e os fatores de influência) e ensaios de laboratório para a caracterização geotécnica e avaliação da erodibilidade mais comumente usados no meio geotécnico.

#### **3.2 - Investigação de campo**

O reconhecimento regional da área de estudo (região litorânea da Paraíba, entre os municípios de João Pessoa e Conde) teve como objetivo conhecer aspectos de relevo, as litologias e solos predominantes, identificando os processos erosivos que ocorrem nesta região.

Identificadas as áreas mais submetidas a processos erosivos, foi escolhida aquela em que estes se encontravam em estágio mais avançado e caracterizassem zonas de risco, sendo assim o acesso à Praia de Coqueirinho direcionado para objeto final de estudo. Neste perfil foram coletadas amostras deformadas e indeformadas, de modo a caracterizar de maneira mais fidedigna possível as camadas representativas do solo.

As amostras deformadas representativas de cada horizonte e camada identificada foram retiradas com pá e espátulas, após a limpeza superficial do perfil, e acondicionada em sacos

plásticos (LEMOS e SANTOS, 1982). Em pequenas trincheiras abertas nas paredes dos sulcos, as amostras indeformadas foram moldadas em anéis metálicos que são utilizados nos ensaios de avaliação de erodibilidade. Estes anéis, apresentados na Figura 3, foram fabricados a partir de tubos de ferro fundido de 10 cm de diâmetro, de maneira a possuírem 15 cm de altura, possibilitando o posterior desmolde no macaco hidráulico de que o laboratório de apoio dispunha. As amostras, direcionadas para o ensaio de desagregação, tiveram sua altura ajustada (corte das proeminências) com o auxílio de espátula, de maneira a se alinharem àquelas trabalhadas em outras pesquisas e trabalhos de referência.



*Figura 3 - Anéis utilizados na coleta de amostras indeformadas.*

### **3.3 - Ensaio de laboratório**

#### **3.3.1 - Ensaio de caracterização**

Nesta etapa do trabalho foram realizados os ensaios de caracterização e ensaios para avaliação parcial da erodibilidade.

Para a realização dos ensaios de caracterização as amostras foram preparadas conforme os procedimentos da ABNT 6457/86 (Amostra de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização). A caracterização do solo do sulco se deu a partir de recursos e apoio técnico do Laboratório de Geotecnia e Pavimentação (LAPAV), da Universidade Federal da Paraíba, através dos ensaios de peso específico real dos grãos (densidade real) (ABNT NBR 6508/84) e análise granulométrica por peneiramento e sedimentação com o uso de defloculante (ABNT NBR 7181/84), considerando um total de 4 (quatro) amostras extraídas do perfil representativo da área de estudo. Assim sendo, deve-se afirmar que foi realizada uma análise apenas de cunho físico. A escala adotada para separação

das frações do solo foi a recomendada pela ABNT NBR 6502/95 (Terminologia - Rochas e Solos).

### 3.3.2 - Ensaio de desagregação

O ensaio de desagregação ou *slaking test* teve como objetivo a avaliação qualitativa e visual da desagregação de uma amostra de solo, circular, não confinada, quando submetida à ascensão do nível de água destilada, até estar totalmente submersa, totalizando 25 horas de ensaio. Para a realização deste ensaio, foi adotada a metodologia proposta por Santos (1997 *apud* BASTOS, 1999).

Foram coletadas amostras indeformadas de solo, com anéis cilíndricos de PVC, biselados, com 10 cm de diâmetro e 5 cm de altura. As Figuras 4 e 5 apresentam procedimentos considerados na retirada destas amostras. Os ensaios foram realizados na condição de umidade natural e seca ao ar (por no mínimo 72 horas).



Figura 4 - Rebaixamento realizado na cabeceira do acesso, em tentativa de retirada de amostra indeformada.



Figura 5 – Coleta de amostra indeformada em área adjacente ao acesso, com presença de matéria orgânica (estacionamento local)

As amostras foram retiradas de seus anéis com a ajuda de um soquete de acrílico e postas sobre um papel filtro e uma pedra porosa, permanecendo sob quatro condições de submersão:

- (a) com o nível d'água na base da amostra – 30 minutos;
- (b) com o nível d'água a 1/3 da amostra – 15 minutos;
- (c) com o nível d'água a 2/3 da amostra – 15 minutos; e
- (d) com a amostra totalmente submersa – 24 horas.

A Figura 6 mostra o esquema das condições de submersão, representando as etapas do ensaio de desagregação e a Figura 7 exibe a amostra sendo desmoldada até estar pronta para o ensaio.

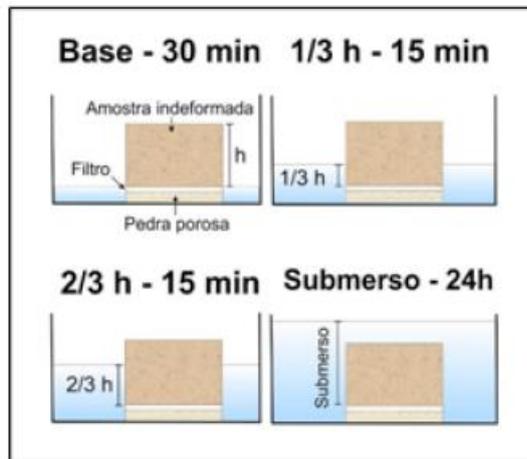


Figura 6 - Esquema das condições de submersão do Ensaio de desagregação.





Figura 7 – Processo de retirada da amostra do anel de confinamento, com emprego de macaco hidráulico (LAPAV).

A desagregação (ou *slaking*) pode ser compreendida como sendo o processo de ruína de uma porção de solo (ou rocha) não confinada imersa em água. Os solos erodíveis tendem a desagregar em água. A desagregação em água está associada a fenômenos de dispersão e de desaeração de solos não saturados.

O resultado do ensaio é qualitativo, em cada etapa é registrado o comportamento da amostra com fotografias e descrição da sua condição. Para isso, leva-se em consideração o abatimento ou inchamento da amostra, o raio de dispersão das partículas, a velocidade de desagregação das mesmas, a formação de fissuras no topo da amostra e as possíveis rupturas nas suas bordas.

O resultado desse ensaio é puramente qualitativo, sendo que a relação entre o potencial de desagregação e a erodibilidade é evidente. Segundo Bastos (1999), os solos considerados altamente erodíveis desagregam totalmente em água, porém não se verifica uma relação direta entre o potencial de desagregação e os níveis intermediários e baixos de erodibilidade.

## 4 – ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo é apresentada a caracterização da via de acesso à praia de Coqueirinho, na qual se pode verificar os fenômenos de erosão objetos de estudo deste escopo. A praia de Coqueirinho, situada no litoral sul paraibano, juntamente com as vizinhas Jacumã, Carapibus e Tabatinga, reporta jurisdição ao município do Conde, pertencente a região metropolitana de João Pessoa.

Como já mensurado anteriormente, a pesquisa de campo iniciou-se na determinação da faixa de interesse, em que se optou pela análise de áreas, trechos ou feições que estivessem submetidas a situações de risco de erosão iminentes, diretamente atreladas à circulação/fluxo contínuo de veículos (pelo deslocamento de pessoas e produtos), mas que estivessem também além dos limites urbanos convencionalmente abordados (bairros da zona sul de João Pessoa).

A PB-008, rodovia sob domínio estadual, representa a via de circulação principal entre os municípios de João Pessoa e Conde, com *demanda* intensa sobretudo entre os meses de novembro e fevereiro, quando as atividades turísticas ganham enfoque nas praias do litoral sul.

Determinados trechos desta rodovia foram idealizados de maneira que sua configuração/execução exigiu cortes nos terrenos naturais. A inclinação dos taludes laterais às vias em certas seções chega a superar 60° (que implica em declividades elevadas), conforme Figura 8, já evidenciando certa suscetibilidade aos efeitos de intempéries. Mesmo através de avaliações expeditas, é possível afirmar com prontidão que tratam-se de formações *estritamente* areno-argilosas, o que propicia ainda mais o surgimento de sulcos/ravinas nos períodos chuvosos, em que eventos torrenciais são mais frequentes.



Figura 8 - Perfis encontrados na rota estabelecida ao longo da PB-008 (binário de acesso ao distrito de Jacumã).

Considerando este panorama, estabeleceu-se uma rota principal que englobasse tais perfis, visando coletar dados referentes a aspectos físicos (topográficos e geomorfológicos), para posterior análise crítica/qualitativa e direcionamento de estudo. A rota partiu da interseção entre a Av. Hilton Souto Maior e a PB-008, seguindo percurso margeando os bairros periféricos da capital (Paratibe, Mussumagro, Valentina), passando pelo limite entre municípios, chegando ao distrito de Jacumã, até o acesso principal à praia de Coqueirinho, conforme apresentado na Figura 9.

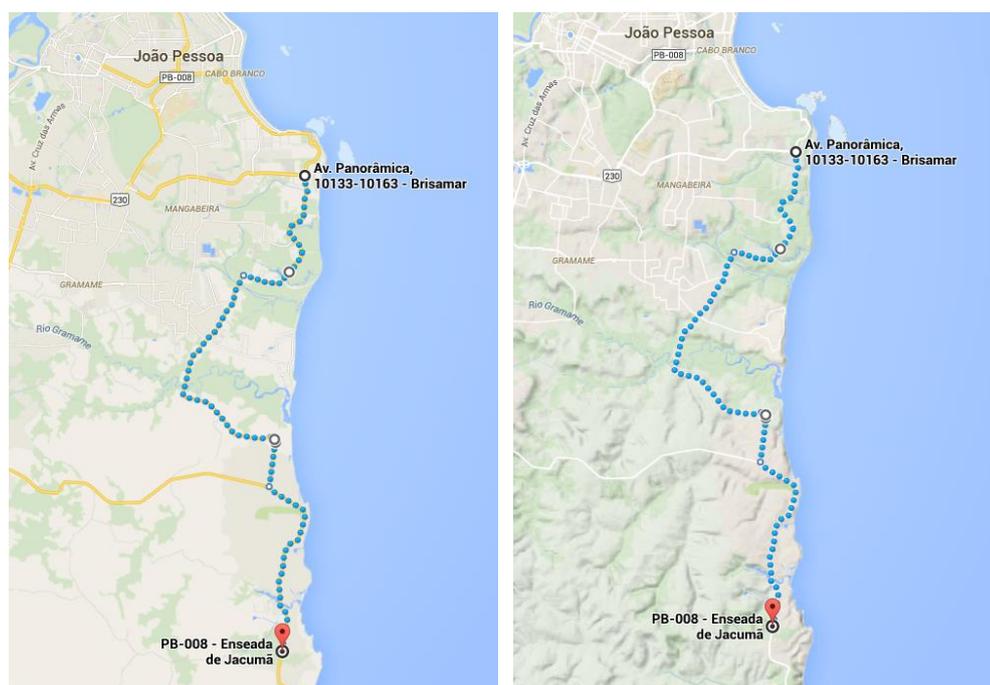


Figura 9 - Imagens representativas da rota de análise, obtidas através do Google Maps (à direita, representação simplificada do relevo).

Já no município do Conde (próximo ao limite com João Pessoa) e perto da entrada de Jacumã, onde foi recentemente implantado um acesso secundário (constituindo um binário, de modo a se evitar a rota que passa pelo centro do distrito), foi possível verificar nos taludes em corte processos erosivos de caráter hídrico em andamento, sobretudo pela deficiência de cobertura vegetal e inexistência de plataformas intermediárias, de modo que as declividades eram bastante acentuadas. Nas reentrâncias (áreas residenciais) e acessos às outras praias, já deixando a rodovia principal (asfaltada), foi possível verificar séries de ocorrências que caracterizaram processos erosivos claros, sobretudo em Carapibus e Tabatinga (conforme Figura 10). Por se tratarem de áreas residenciais, já existe uma iniciativa por parte da própria população local no que se refere à manutenção das vias, de modo que qualquer análise nas mediações seria ainda mais superficial e subjetiva. É possível visualizar nos ANEXOS deste

trabalho uma documentação fotográfica complementar, evidenciando os pontos destacados e sua localização em relação a PB-008.

Assim sendo, optou-se pelo enfoque direcionado ao acesso da Praia de Coqueirinho, visto que se este se enquadrava nos critérios pré-estabelecidos (considerando a necessidade da análise de riscos) e se tratava de um cenário já submetido a um tratamento, pela implantação de pavimento rígido e galerias (destinadas a captação de águas pluviais e esgoto), iniciada em meados de outubro de 2014.



*Figura 10* - Processo erosivo em andamento no acesso à praia de Coqueirinho, chegando a configurar ravinas em determinados trechos, dada sua profundidade.

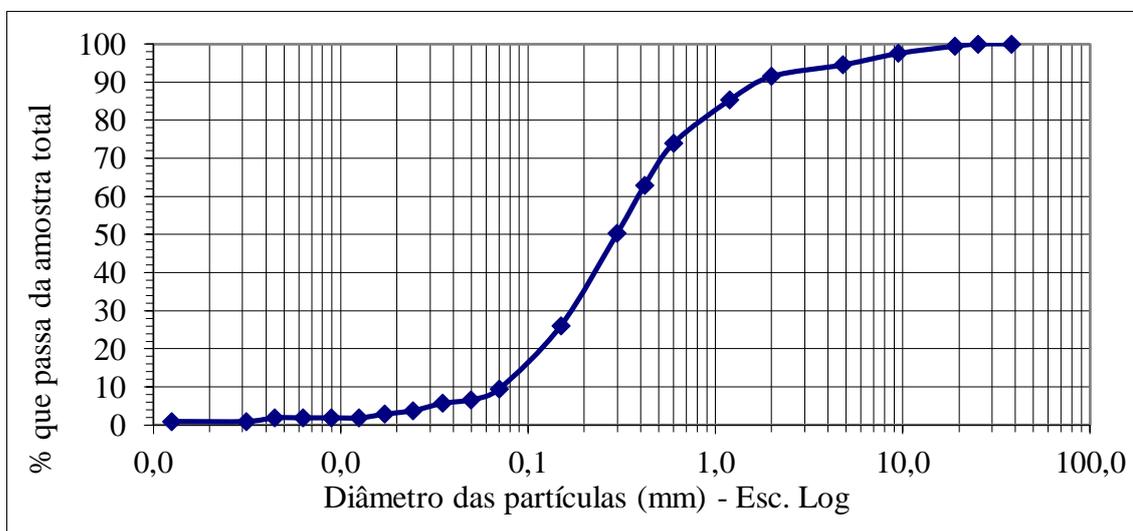
Trata-se de uma via aberta em corte com largura média de 6,00 m e declividade longitudinal aproximada de 0,20 m/m no seu trecho inicial, pela diferença de cotas aproximada de 7 m, partindo do estacionamento direcionado a turistas existente na faixa superior (cabeceira) até o estabelecimento comercial situado na faixa inferior (*pé da ladeira*).

## 5 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 5.1 - Ensaio de caracterização e determinação de índices físicos

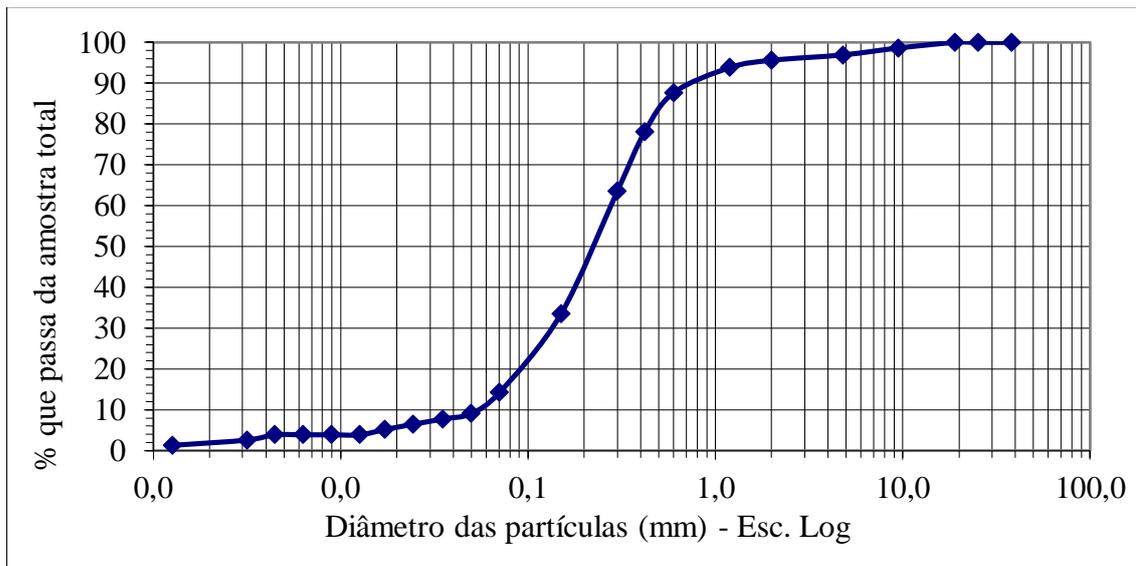
Foram realizados ensaios de caracterização e determinação dos índices físicos nas amostras deformáveis coletadas no perfil descrito anteriormente. Estas totalizavam quatro porções, visando representar da melhor forma possível o material componente do perfil, sendo: (1) material solto – recolhido dos primeiros 40 cm de recorte, margeando os taludes laterais à via – com presença de compostos orgânicos e maior granulometria; (2) material solto fino, também recolhido dos primeiros 40 cm de recorte; (3) material recolhido do recorte além dos 40 cm na cabeceira do acesso; (4) material com presença de matéria orgânica recolhido do recorte além dos 40 cm, em área mais plana adjacente ao acesso. Os ensaios de caracterização realizados foram a determinação do peso específico real dos grãos e granulometria (ABNT NBR 7181 e 6508) e seus resultados completos seguem em ANEXO. A seguir, os resumos de granulometria de cada uma das amostras, bem como suas curvas representativas.

#### AMOSTRA 01 – MATERIAL DE SUPERFÍCIE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E MAIOR GRANULOMETRIA



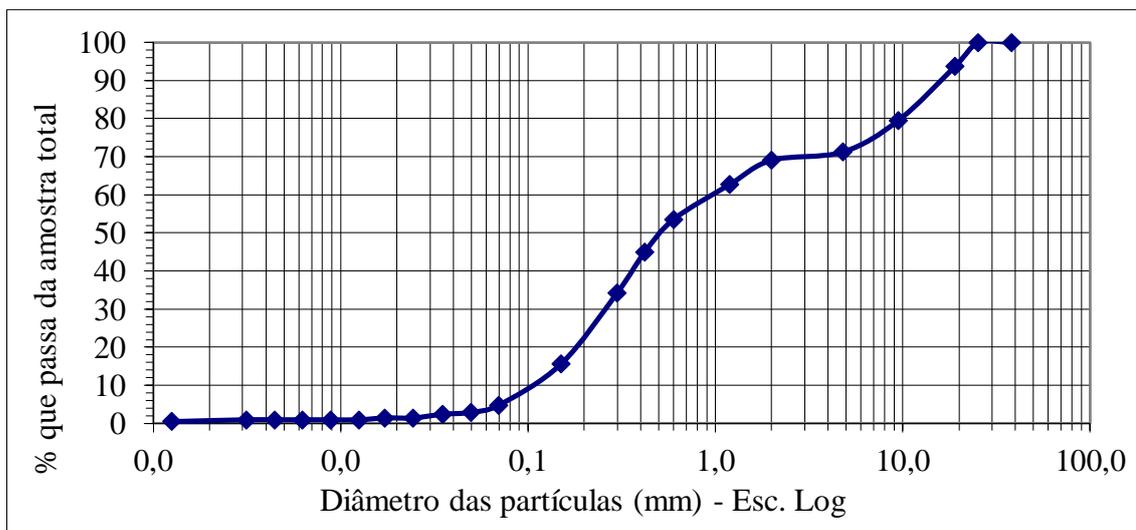
Resumo da Granulometria	
Pedregulho ( $d > 2,00\text{mm}$ )	8,52
Areia Grossa ( $0,42\text{mm} < d \leq 2 \text{ mm}$ )	28,57
Areia Fina ( $0,074\text{mm} < d \leq 0,42\text{mm}$ )	44,88
Silte + Argila ( $d \leq 0,074\text{mm}$ )	18,03
Total	100,00
Areia Total (entre a Pen N° 10 e a 200)	73,44

### AMOSTRA 02 – MATERIAL FINO DE SUPERFÍCIE



Resumo da Granulometria	
Pedregulho ( $d > 2,00\text{mm}$ )	4,38
Areia Grossa ( $0,42\text{mm} < d \leq 2 \text{ mm}$ )	17,57
Areia Fina ( $0,074\text{mm} < d \leq 0,42\text{mm}$ )	53,57
Silte + Argila ( $d \leq 0,074\text{mm}$ )	24,47
Total	100,00
Areia Total (entre a Pen N° 10 e a 200)	71,14

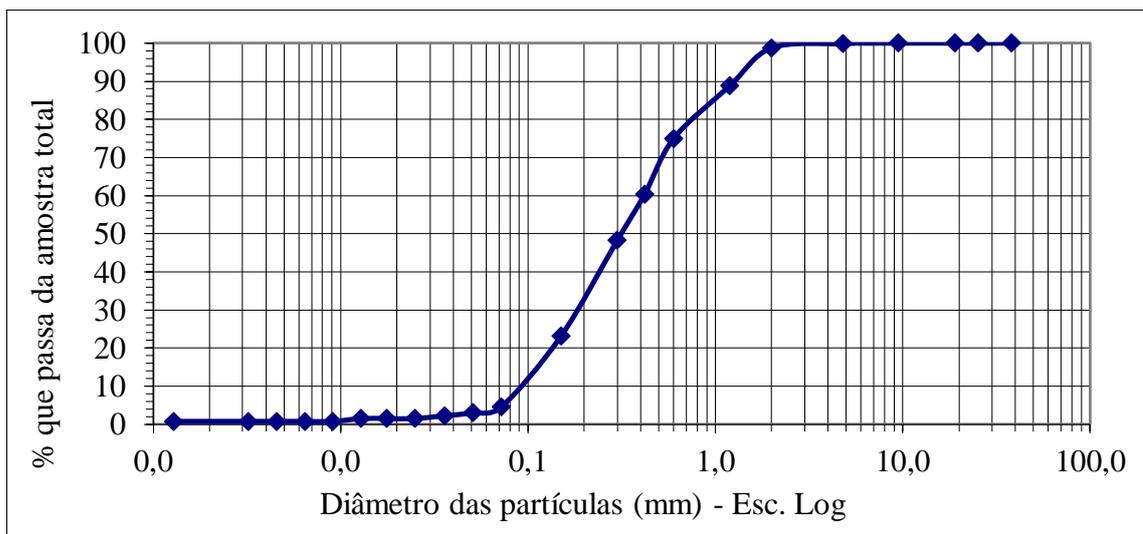
### AMOSTRA 03 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO NA CABECEIRA DO ACESSO



**AMOSTRA 03 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO NA CABECEIRA DO ACESSO**

<b>Resumo da Granulometria</b>	
Pedregulho ( $d > 2,00\text{mm}$ )	30,93
Areia Grossa ( $0,42\text{mm} < d \leq 2 \text{ mm}$ )	24,15
Areia Fina ( $0,074\text{mm} < d \leq 0,42\text{mm}$ )	35,77
Silte + Argila ( $d \leq 0,074\text{mm}$ )	9,16
Total	100,00
Areia Total (entre a Pen N° 10 e a 200)	59,91

**AMOSTRA 04 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO EM ÁREA ADJACENTE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS**



<b>Resumo da Granulometria</b>	
Pedregulho ( $d > 2,00\text{mm}$ )	1,26
Areia Grossa ( $0,42\text{mm} < d \leq 2 \text{ mm}$ )	38,38
Areia Fina ( $0,074\text{mm} < d \leq 0,42\text{mm}$ )	46,40
Silte + Argila ( $d \leq 0,074\text{mm}$ )	13,96
Total	100,00
Areia Total (entre a Pen N° 10 e a 200)	84,79

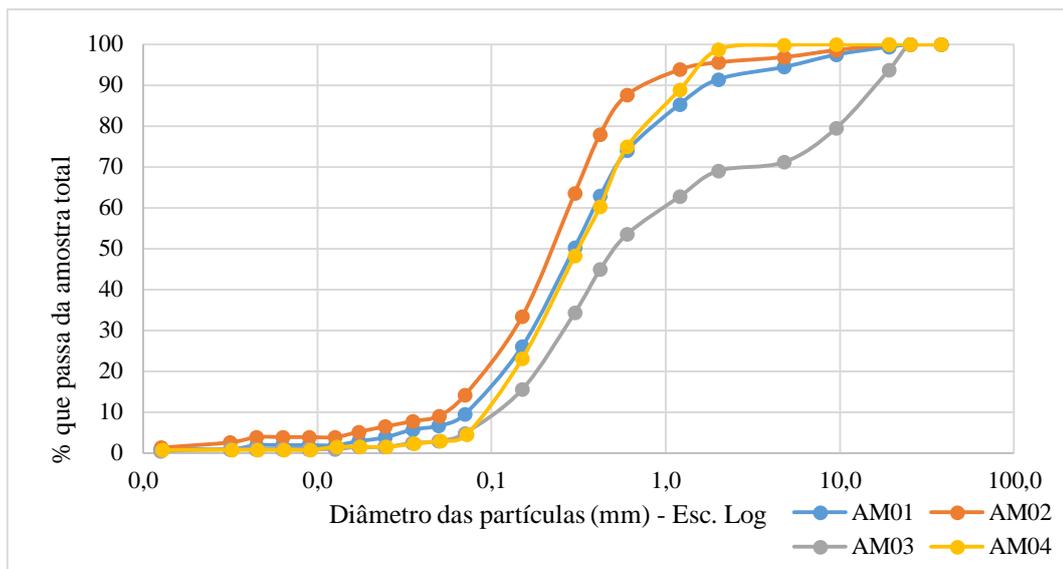


Figura 11 - Curvas granulométricas das quatro amostras representativas.

Tabela 3 - Resumo da Granulometria

Granulometria	Amostras			
	AM01	AM02	AM03	AM04
Pedregulho ( $d > 2,00\text{mm}$ )	9	4	31	1
Areia Grossa ( $0,42\text{mm} < d \leq 2\text{mm}$ )	29	18	24	38
Areia Fina ( $0,074\text{mm} < d \leq 0,42\text{mm}$ )	45	54	36	46
Silte + Argila ( $d \leq 0,074\text{mm}$ )	18	24	9	14
Total	100	100	100	100
Areia Total (entre a Pen N° 10 e a 200)	73	71	60	85

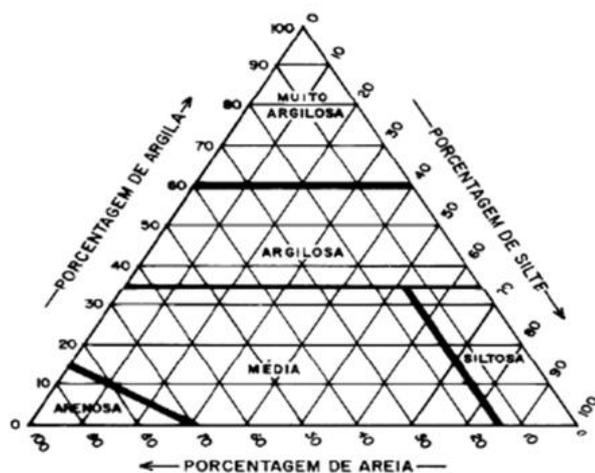


Figura 12 - Triângulo de grupamento textural. Fonte: EMBRAPA

O peso específico – conforme verificado nas Tabelas Complementares dos Ensaio, mais especificamente nas referentes ao Ensaio de Sedimentação – apresentou valores entre 26,3 e 27,1 kN/m<sup>3</sup>, revelando consistência/padrão na mineralogia das amostras representativas, apesar de extraídas em camadas distintas.

Os resultados dos ensaios granulométricos com o uso de defloculante (hexametáfosfato de sódio, reagente adicionado aos materiais coletados de modo a se evitar a rápida sedimentação, diminuindo também a quantidade de água requerida) apontam classificações arenosas, apresentados obviamente as amostras superficiais (AM01 e AM02) maiores porcentagens de finos (silte + argila), representando contudo percentuais sempre inferiores a 30%. Através do triângulo de grupamento textural fornecido pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias), é possível classificar todas as amostras como sendo areia média (até mesmo a AMOSTRA 3, se descartarmos o percentual de pedregulho). As amostras obtidas a partir do rebaixamento, retiradas pelo corte do terreno laterítico (de formação intemperizada, rica em óxidos de alumínio e ferro), resultaram em porções de maior granulometria, com maiores porcentagens de areia grossa e até mesmo pedregulho.

## **5.2 - Avaliação do potencial de desagregação dos solos**

O ensaio de desagregação apresenta uma análise qualitativa da erodibilidade do solo. Aqui, utilizaram-se amostras indeformadas sob as condições de umidade natural, retiradas em outros pontos, adjacentes ao acesso, distintos daqueles em que foram retiradas as amostras submetidas aos ensaios granulométricos. Esta decisão foi justificada pela impossibilidade de se cravar os cilindros de confinamento (para retirada de porções indeformadas) no terreno inicial.

Como já apresentado, trata-se de uma formação laterítica, submetida a processos de lixiviação (lavagem do solo pela água da chuva – escoamento superficial concentrado), que removem constantemente uma série de nutrientes minerais, formando crostas e até mesmo concreções. Submetidas ao impacto de cravação, essas concreções se partem, não permitindo confinamento necessário a realização desta proposta.

A avaliação do comportamento das amostras mediante processo de inundação ocorreu por expedição visual apenas, analisando as variações das mesmas frente à ascensão capilar, considerando: *a*) o abatimento e inchamento da amostra; *b*) velocidade de desagregação; *c*) formação de fissuras no topo e *d*) rupturas nas bordas da amostra.

A Tabela 4 apresenta a descrição do comportamento das amostras. Todas as três amostras trabalhadas mostraram-se praticamente intactas ao final do ensaio, revelando

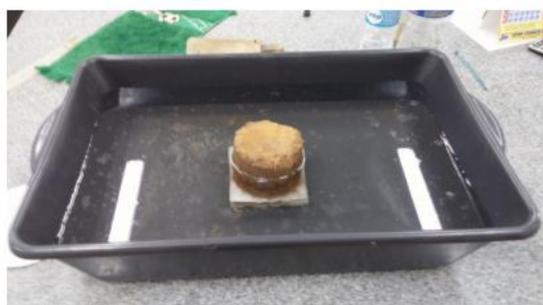
resistência frente à inundação, conforme Figura 12. Este comportamento pode ser atribuído sobretudo a presença de matéria orgânica (principalmente naquelas retiradas no rebaixo lateral ao pavimento rígido em implantação), raízes e óxido de ferro que tendem a estabilizar os agregados.



Com o nível d'água na base da amostra



Com o nível d'água a 1/3 da amostra



Com o nível d'água a 2/3 da amostra



Com a amostra totalmente submersa, após 24hrs

Figura 13 - Ensaio qualitativo de desagregação em andamento.

Apesar da textura arenosa, a presença de matéria orgânica, raízes, e óxido de ferro e uma porcentagem significativa de argila foram decisivas para que as amostras não desagregassem com a inundação completa.

*Tabela 4 - Comportamento das amostras no ensaio de desagregação.*

<b>AMOSTRA/CAMADA DE SOLO RETIRADA</b>	<b>CONDIÇÃO</b>	<b>COMPORTAMENTO</b>
ÁREA ADJACENTE A CABECEIRA DO ACESSO (ESTACIONAMENTO)	Umidade natural	Ascensão capilar completa aos 20 minutos do início do ensaio; praticamente não houve desagregação e abatimento; inchamento moderado e poucas rupturas nas bordas, com fissuração no topo, permanecendo nestas condições até o término do ensaio (24 h).
ÁREA REBAIXADA ADJACENTE A PAVIMENTO RÍGIDO NO ACESSO A PRAIA (AM 01)	Umidade natural	Ascensão capilar completa nos primeiros 10 minutos do ensaio; desagregação lateral moderada, sem abatimento considerável; inchamento moderado e presença de rupturas nas bordas, com fissuração no topo e material mais fino disperso em suspensão (enquanto totalmente submersa), permanecendo nestas condições até o término do ensaio (24 h).
ÁREA REBAIXADA ADJACENTE A PAVIMENTO RÍGIDO NO ACESSO A PRAIA (AM 02)	Umidade natural	Ascensão capilar completa nos primeiros 10 minutos do ensaio; desagregação lateral moderada, sem abatimento considerável; inchamento moderado e presença de rupturas nas bordas, com fissuração no topo e material mais fino disperso em suspensão (enquanto totalmente submersa), permanecendo nestas condições até o término do ensaio (24 h).

Vários autores descrevem a importância da matéria orgânica na formação e estabilização dos agregados, base essencial, juntamente com os poros, na formação da estrutura do solo, enquanto as raízes ajudam a agregar o solo, dando-lhe sustentação mecânica.

Quanto à presença de concreções ferruginosas, estudos verificaram que o teor de óxidos de ferro, refletido na cor dos solos, influencia características e propriedades que governam o balanço da coesão entre agregados e permeabilidade, condicionador do comportamento do solo frente ao processo erosivo (ÁVILA, 2009).

O processo de ruína parcial das amostras pode estar associado à frente de avanço capilar que expulsa o ar preso nos poros, causando a desestruturação do material. Em outras palavras, pode dizer que a desagregação das amostras pode ser atribuída aos mecanismos de hidratação e desaeração que geram poropressões positivas capazes de desprender individualmente suas partículas.

Por apresentar baixa cimentação, o arenito mais presente nas porções superficiais não mantém suas partículas agrupadas sob a ação do nível de água ascendente, ocorrendo sua desagregação. Esse comportamento pode ser verificado em campo: o material mais fino, principalmente sob o efeito das fortes chuvas, tende a desagregar-se. Os materiais desagregáveis em água possuem maior facilidade de serem carreados pelo escoamento superficial uma vez que suas partículas estão individualizadas, o que contribui para a formação de escoamentos difusos em toda a superfície do terreno, ou mesmo concentrados nos horizontes mais frágeis (taludes laterais em aterro, com configurações arranjadas distintas das formações naturais, ausência de cobertura vegetal completa e presença de material solto em grandes proporções).

Apesar de apresentar resultados aparentemente inconclusivos, visto que as amostras não apresentaram suscetibilidade considerável aos efeitos de desagregação na simulação, faz-se imperativa a necessidade de estudos mais complexos, sobretudo considerando ensaios não apenas qualitativos, mas sim baseados em modelos mais complexos, inclusive matemáticos, de erosão.

### **5.3 - Medidas de controle de erosão instauradas**

Medidas corretivas ou mesmo de controle sobre processos erosivos residem em iniciativas que combatam os agentes causadores dos mesmos. Obras diversas, sobretudo aquelas voltadas para o quesito da drenagem (pavimentação, guias, sarjetas, galerias), visando assim evitar ou diminuir a energia do escoamento das águas pluviais sobre os terrenos desprotegidos, constituem-se soluções imediatas.

Tais iniciativas foram verificadas na área de estudo, sendo porém executadas com certas limitações técnicas, que tendem a resultar em problemas futuros. Destaque para ausência de mecanismo de captação e condução das águas incidentes (canais ou canaletas), mesmo nos trechos já pavimentados. Existem galerias instaladas, voltadas para o recolhimento das águas provenientes de um condomínio fechado situado na área, estando porém seu encaminhamento ainda em aberto. Já é possível verificar em determinados pontos o efeito degradante das precipitações neste período do ano sobre os trechos não completados, com exposição do terreno

que dá suporte ao pavimento, indicando assim retrabalhos posteriores (pelo reparo das galerias e necessidade de aterramento adequado nas laterais da via).



*Figura 14 - Ruptura da base do pavimento rígido no acesso à praia de Coqueirinho.*

Outro aspecto a ser ressaltado reside no tratamento do terreno natural, tendo sido executados apenas reaterro e compactação, dispensando-se qualquer reforço em antecedência a implantação do pavimento. Sabe-se que para a prevenção de deformações excessivas na superfície do pavimento, soluções como geogrelhas ou mesmo materiais geossintéticos complementares tornam-se elegíveis, garantindo a vida útil da estrutura.

## 6 – CONCLUSÕES

O perfil em estudo é constituído por um solo superficial classificado como areno-argiloso, transitando para camadas de alteração (submetidas a cimentação causada pelo processo de laterização) e rochas sedimentares. Tal avaliação pode ser reafirmada ou julgada através de ensaios complementares, não realizados neste corpo por limitações técnicas, residindo sobretudo na indisponibilidade de tempo e aparatos. Ensaios químicos, limites de consistência, e de resistência para caracterização, bem como métodos diretos e indiretos para avaliação definitiva da erodibilidade se fazem desta forma indispensáveis.

Apesar de ter resultados parciais apontando para uma erodibilidade relativa baixa, dada a natureza do solo, conforme Bastos (1999), ainda foram deflagrados os fenômenos erosivos em questão, em proporções notáveis, evidenciando que o ensaio realizado aponta para resultados qualitativos, portanto, bastante subjetivos ou mesmo não conclusivos. Desta forma, afirma-se a importância de estudos contínuos e completos deste gênero.

No que se refere aos procedimentos de controle da erosão, conforme apresentado no capítulo anterior, foram constatadas pendências de execução que remetem a futuros retrabalhos. Para pleno funcionamento, além da obrigatoriedade na conclusão do projeto de combate e dissipação das águas superficiais, surge também a necessidade de conservação das obras implantadas, através de inspeções periódicas para verificação das estruturas hidráulicas, limpeza e desobstrução dos canais e tubulações e manutenção da cobertura vegetal, visivelmente afetada pelos serviços de rearranjo da via (cortes e aterros).

## 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, R.S.S.; SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F.; MATOS, A.T. Influência da declividade do solo e da energia cinética de chuvas simuladas no processo de erosão entre sulcos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.1, p. 124-130, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 1995. 18p. Origem: TB-3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508**: Grãos de solos que passam na peneira de 4.8 mm – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 1984. 8p. Origem: MB-28.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984. 13p. Origem: MB-32.

ÁVILA, L.O. **Erosão na Microbacia do Arroio Sarandi: Voçoroca do Buraco Fundo, Santa Maria/RS**. 2009. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria.

BACELLAR, L. de A.; NETTO, A. L.; LACERDA W. A. Controlling factors of gullying in the Maracujá Catchment, Southeastern Brazil. **Earth Surface Processes and Landforms**. 1369–1385 (2005).

BASTOS, C.A.B. **Estudo geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 1999. 251f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 372 p.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da UFSC, v. 3, 2003. p. 877-1436.

CAMAPUM DE CARVALHO, J. ; SALES, M. M. ; MORTARI, D. ; FÁCIO, J. A. ; MOTTA, N. ; FRANCISCO, R. A. Processos erosivos. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO. M.T.S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006a. p. 39-91.

FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 3. ed. São Paulo: IBRASA. Curitiba: Ed. Universitária Champagnat, 1991. 442 p.

GALETI, P.A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 278 p.

GUERRA, A.J.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004.

INFANTI JUNIOR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 131-152.

JACINTHO, E. C.; CAMAPUM DE CARVALHO, J. ; CARDOSO, F. B. F.; SANTOS, R. M. M. ; GUIMARÃES, R. C.; Lima, M. C. G. Solos Tropicais e o Processo Erosivo. In: CAMAPUM DE CARVALHO, J.; SALES, M.M.; SOUZA, N.M.; MELO. M.T.S. (Org.). **Processos erosivos no centro-oeste brasileiro**. Brasília: Universidade de Brasília: FINATEC, 2006. p. 93-156.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação de solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002, 178p.  
MACIEL FILHO, C.L. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 2. ed. Santa Maria: UFSM; Brasília: CPRM, 1997. 284 p.

MACIEL FILHO, C.L. **Introdução à Geologia de Engenharia**. 2. ed. Santa Maria: UFSM; Brasília: CPRM, 1997. 284 p.

NUNES, M.C.M; CASSOL, E.A. Estimativa da erodibilidade em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 32 Número especial, p.2839-2845, 2008.

OLIVEIRA, M.A.T. Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos – conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 57-99.

PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A.C.T.; CARVALHO, D.F. de; URCHEI, M.A. Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n 2, p. 261-268, 2006.

PEJON, O. J.; SILVEIRA, L. L. L. da. Index properties to predict erodibility of tropical soil **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Vol. 66, n 2, p. 225-236, 2007

SALOMÃO, F.X.T.; ANTUNES, F.S. Solos. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (Ed.). **Geologia de engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998. p. 87-99.

SILVA, A.F. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncum, São Pedro-SP, escala: 1:10.000**. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2003.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 2003. 400 p.

TATTO, J. **Análise dos Parâmetros Geológicos-Geotécnicos que Condicionam Erosão por Voçoroca no Município de São Francisco de Assis**. 2007, 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria: Santa Maria.

## 8 – ANEXOS

### 8.1 – Tabelas complementares dos ensaios

#### AMOSTRA 01 – MATERIAL DE SUPERFÍCIE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E MAIOR GRANULOMETRIA

Determinação do Teor de Umidade		
Cápsula	Nº	14
Cápsula + solo úmido	g	65,690
Cápsula + solo seco	g	65,610
Tara da cápsula	g	15,660
Teor de umidade	W(%)	0,16
Fator de correção	FC	0,9984
Amostra total úmida	Atw	2000,00
Amostra total seca	Ats	1997,07

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL						AMOSTRA 01
Peneira	Material Retido			% passa	Peneira (mm)	
	Massa g	% Am. Total	% Am. Acum.	Amostra Total		
1 1/2pol	0,00	0,00	0,00	100,00	38,1	MATERIAL COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS (MAIOR GRANULOMETRIA)
1 pol	0,00	0,00	0,00	100,00	25,4	
3/4pol	11,29	0,57	0,57	99,43	19,1	
3/8pol	38,36	1,92	2,49	97,51	9,5	
Nº 4	59,87	3,00	5,48	94,52	4,8	
Nº 10	60,71	3,04	8,52	91,48	2,0	
Soma:	170,23					

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL							Am. Parcial Úmida-g	100,00
Peneira Nº	Material Retido			% passa	% passa	Peneiras (mm)	Am. Parcial Seca - g	
	Massa g	% Am. Parcial	% Am. Acum.	Amostra Parcial	Amostra Total			
16	6,690	6,701	6,701	93,299	85,35	1,20	Laboratório de Mecânica dos Solos	
30	12,370	12,390	19,091	80,909	74,01	0,60		
40	12,120	12,139	31,230	68,770	62,91	0,42		
50	13,700	13,722	44,952	55,048	50,36	0,30		
100	26,470	26,512	71,464	28,536	26,10	0,15		
200	8,810	8,824	80,288	19,712	18,03	0,074		

AMOSTRA 01 – MATERIAL DE SUPERFÍCIE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS E MAIOR GRANULOMETRIA

SEDIMENTAÇÃO					Massa de solo utilizada - g:		30,05
Massa Específica dos Grãos de Solo: g/cm <sup>3</sup>				2,70	Peneira utilizada:		P <sub>10</sub> 100
Tempo Leitura (min)	Leitura Densim. Mg/cm <sup>3</sup>	Temperatura °C	Correção Temp. g/cm <sup>3</sup>	Leitura Corrigida Mg/cm <sup>3</sup>	Altura Queda cm	Diâmetro mm	% Amostra Total
0,5	1,010	25	-	-	16,3985	0,070	9,515
1,0	1,007	25	-	-	16,3990	0,050	6,660
2,0	1,006	25	-	-	16,3991	0,035	5,709
4,0	1,004	25	-	-	15,7959	0,024	3,806
8,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,017	2,854
15,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,013	1,903
30,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,009	1,903
60,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,006	1,903
120,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,004	1,903
240,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,003	0,951
1500,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,001	0,951

AMOSTRA 02 – MATERIAL FINO DE SUPERFÍCIE

Determinação do Teor de Umidade		
Cápsula	Nº	O4
Cápsula + solo úmido	g	67,030
Cápsula + solo seco	g	66,920
Tara da cápsula	g	16,900
Teor de umidade	W(%)	0,22
Fator de correção	FC	0,9978
Amostra total úmida	Atw	2000,00
Amostra total seca	Ats	1995,80

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL						AMOSTRA 02
Peneira	Material Retido			% passa	Peneira (mm)	
	Massa g	% Am. Total	% Am. Acum.	Amostra Total		
1 1/2pol	0,00	0,00	0,00	100,00	38,1	MATERIAL FINO DE SUPERFÍCIE
1 pol	0,00	0,00	0,00	100,00	25,4	
3/4pol	0,00	0,00	0,00	100,00	19,1	
3/8pol	27,44	1,37	1,37	98,63	9,5	
Nº 4	33,73	1,69	3,06	96,94	4,8	
Nº 10	26,31	1,32	4,38	95,62	2,0	
Soma:	87,48					

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL							Am. Parcial Úmida-g	100,00
Peneira Nº	Material Retido			% passa	% passa	Peneiras (mm)	Am. Parcial Seca - g	
	Massa g	% Am. Parcial	% Am. Acum.	Amostra Parcial	Amostra Total			
16	1,850	1,854	1,854	98,146	93,84	1,20	AM02: Laboratório de Mecânica dos Solos	
30	6,440	6,454	8,308	91,692	87,67	0,60		
40	10,050	10,072	18,380	81,620	78,04	0,42		
50	15,130	15,163	33,544	66,456	63,54	0,30		
100	31,400	31,469	65,013	34,987	33,45	0,15		
200	9,370	9,391	74,403	25,597	24,47	0,074		

AMOSTRA 02 – MATERIAL FINO DE SUPERFÍCIE

SEDIMENTAÇÃO					Massa de solo utilizada - g:		30,07
Massa Específica dos Grãos de Solo: g/cm <sup>3</sup>				2,69	Peneira utilizada:		P <sub>10</sub> 100
Tempo Leitura (min)	Leitura Densim. Mg/cm <sup>3</sup>	Temperatura °C	Correção Temp. g/cm <sup>3</sup>	Leitura Corrigida Mg/cm <sup>3</sup>	Altura Queda cm	Diâmetro mm	% Amostra Total
0,5	1,011	25	-	-	16,3984	0,071	14,232
1,0	1,007	25	-	-	16,3990	0,050	9,057
2,0	1,006	25	-	-	16,3991	0,035	7,763
4,0	1,005	25	-	-	15,7957	0,024	6,469
8,0	1,004	25	-	-	15,7959	0,017	5,175
15,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,013	3,881
30,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,009	3,881
60,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,006	3,881
120,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,004	3,881
240,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,003	2,588
1500,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,001	1,294

AMOSTRA 03 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO NA CABECEIRA DO ACESSO

Determinação do Teor de Umidade		
Cápsula	Nº	22
Cápsula + solo úmido	g	77,840
Cápsula + solo seco	g	77,740
Tara da cápsula	g	27,810
Teor de umidade	W(%)	0,20
Fator de correção	FC	0,9980
Amostra total úmida	Atw	2000,00
Amostra total seca	Ats	1997,24

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL					AMOSTRA 03	
Peneira	Material Retido			% passa	Peneira (mm)	MATERIAL DE REBAIXAMENTO (RECORTE À 40 CM DA SUPERFÍCIE) NA CABECEIRA DO ACESSO
	Massa	% Am.	% Am.	Amostra		
g	Total	Acum.	Total			
1 1/2pol	0,00	0,00	0,00	100,00	38,1	
1 pol	0,00	0,00	0,00	100,00	25,4	
3/4pol	124,93	6,26	6,26	93,74	19,1	
3/8pol	284,27	14,23	20,49	79,51	9,5	
Nº 4	165,34	8,28	28,77	71,23	4,8	
Nº 10	43,18	2,16	30,93	69,07	2,0	
Soma:	617,72					

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL						Am. Parcial Úmida-g	100,00
Peneira	Material Retido			% passa	% passa	Peneiras (mm)	Am. Parcial Seca - g
	Massa	% Am.	% Am.	Amostra	Amostra		
Nº	g	Parcial	Acum.	Parcial	Total		
16	9,120	9,138	9,138	90,862	62,76	1,20	Laboratório de Mecânica dos Solos
30	13,270	13,297	22,435	77,565	53,58	0,60	
40	12,500	12,525	34,960	65,040	44,92	0,42	
50	15,350	15,381	50,341	49,659	34,30	0,30	
100	27,080	27,134	77,475	22,525	15,56	0,15	
200	9,250	9,269	86,743	13,257	9,16	0,074	
						AM03:	

AMOSTRA 03 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO NA CABECEIRA DO ACESSO

SEDIMENTAÇÃO					Massa de solo utilizada - g:		30,06
Massa Específica dos Grãos de Solo: g/cm <sup>3</sup>				2,71	Peneira utilizada:		P <sub>10</sub> 100
Tempo Leitura (min)	Leitura Densim. Mg/cm <sup>3</sup>	Temperatura °C	Correção Temp. g/cm <sup>3</sup>	Leitura Corrigida Mg/cm <sup>3</sup>	Altura Queda cm	Diâmetro mm	% Amostra Total
0,5	1,010	25	-	-	16,3985	0,070	4,822
1,0	1,006	25	-	-	16,3991	0,050	2,893
2,0	1,005	25	-	-	16,3993	0,035	2,411
4,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,024	1,447
8,0	1,003	25	-	-	15,7960	0,017	1,447
15,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,013	0,964
30,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,009	0,964
60,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,006	0,964
120,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,004	0,964
240,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,003	0,964
1500,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,001	0,482

AMOSTRA 04 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO EM ÁREA ADJACENTE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

Determinação do Teor de Umidade		
Cápsula	Nº	25
Cápsula + solo úmido	g	77,500
Cápsula + solo seco	g	77,200
Tara da cápsula	g	27,410
Teor de umidade	W(%)	0,60
Fator de correção	FC	0,9940
Amostra total úmida	Atw	2000,00
Amostra total seca	Ats	1988,17

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA TOTAL					AMOSTRA 04	
Peneira	Material Retido			% passa	Peneira (mm)	MATERIAL DE REBAIXAMENTO (RECORTE À 40 CM DA SUPERFÍCIE) EM ÁREA ADJACENTE COM PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS
	Massa g	% Am. Total	% Am. Acum.	Amostra Total		
1 1/2pol	0,00	0,00	0,00	100,00	38,1	
1 pol	0,00	0,00	0,00	100,00	25,4	
3/4pol	0,00	0,00	0,00	100,00	19,1	
3/8pol	0,00	0,00	0,00	100,00	9,5	
Nº 4	2,50	0,13	0,13	99,87	4,8	
Nº 10	22,48	1,13	1,26	98,74	2,0	
Soma: 24,98						

PENEIRAMENTO DA AMOSTRA PARCIAL						Am. Parcial Úmida-g	100,00
Peneira Nº	Material Retido			% passa	% passa	Peneiras (mm)	Am. Parcial Seca - g
	Massa g	% Am. Parcial	% Am. Acum.	Amostra Parcial	Amostra Total		
16	9,940	10,000	10,000	90,000	88,87	1,20	AM04: Laboratório de Mecânica dos Solos
30	13,960	14,044	24,044	75,956	75,00	0,60	
40	14,740	14,829	38,873	61,127	60,36	0,42	
50	12,180	12,253	51,126	48,874	48,26	0,30	
100	25,350	25,503	76,629	23,371	23,08	0,15	
200	9,180	9,235	85,864	14,136	13,96	0,074	

AMOSTRA 04 – MATERIAL DE REBAIXAMENTO EM ÁREA ADJACENTE COM  
PRESENÇA DE COMPOSTOS ORGÂNICOS

SEDIMENTAÇÃO					Massa de solo utilizada - g:		30,18
Massa Específica dos Grãos de Solo: g/cm <sup>3</sup>				2,63	Peneira utilizada:		P <sub>10</sub> 100
Tempo de leitura (min)	Leitura Densim. Mg/cm <sup>3</sup>	Temperatura °C	Correção Temp. g/cm <sup>3</sup>	Leitura Corrigida Mg/cm <sup>3</sup>	Altura Queda cm	Diâmetro mm	% Amostra Total
0,5	1,006	25	-	-	16,3991	0,072	4,474
1,0	1,004	25	-	-	16,3994	0,051	2,983
2,0	1,003	25	-	-	16,3996	0,036	2,237
4,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,025	1,491
8,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,018	1,491
15,0	1,002	25	-	-	15,7962	0,013	1,491
30,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,009	0,746
60,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,006	0,746
120,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,005	0,746
240,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,003	0,746
1500,0	1,001	25	-	-	15,7963	0,001	0,746

**8.2 - Documentação fotográfica complementar – Principais pontos submetidos a processos erosivos na rota da PB-008**

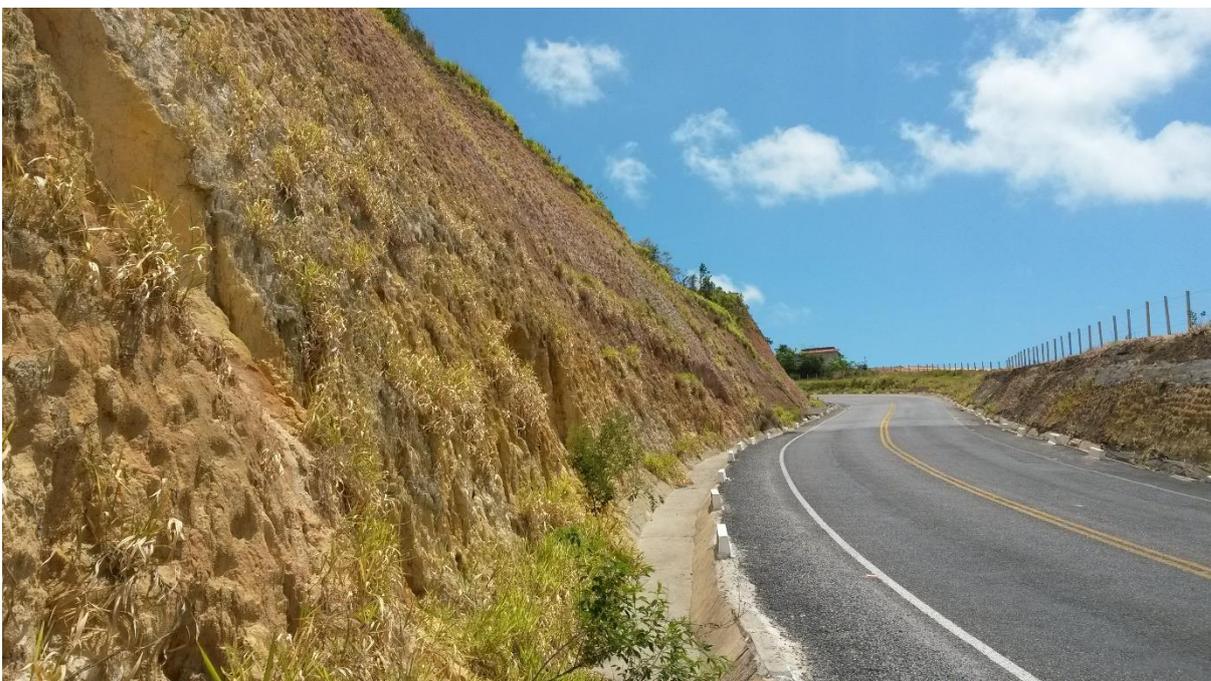
**I) NO LIMITE ENTRE OS MUNICÍPIOS DE JOÃO PESSOA E CONDE**



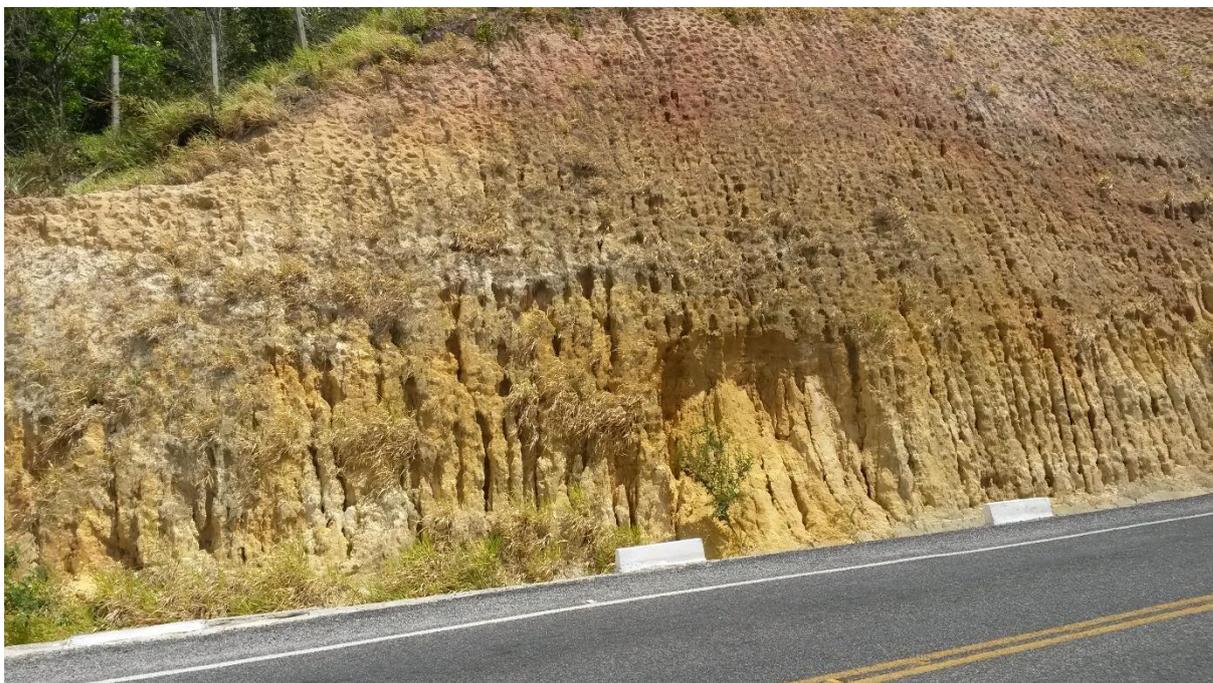
I) NO LIMITE ENTRE OS MUNICÍPIOS DE JOÃO PESSOA E CONDE



II) RODOVIA CONTORNO DE JACUMÃ (BINÁRIO IMPLANTADO NO ACESSO)



II) RODOVIA CONTORNO DE JACUMÃ (BINÁRIO IMPLANTADO NO ACESSO)



III) NO PRIMEIRO ACESSO À PRAIA DE TABATINGA (IMEDIATAMENTE APÓS AO MUSSULO RESORT)



IV) NO ACESSO À PRAIA DE COQUEIRINHO, CONFORME EXPLORADO

