

AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI – CABO DE SANTO AGOSTINHO – PE/BRASIL

Everaldo Paulo da Silva¹
Roberto Quental Coutinho²
Mário de Lima Filho³
Virgínio Henrique Neumann³
Rafael Pereira de Lima³

1 Departamento de Engenharia Civil, UFPE. ejspe@bol.com.br

2 Departamento de Engenharia Civil e Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE. rqc@ufpe.br

3 Departamento de Geologia e Pós-Graduação em Geociências, UFPE. mflf@ufpe.br, neumann@ufpe.br, rplima.geo@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar os processos erosivos nos solos desenvolvidos a partir do intemperismo do Granito do Cabo no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti no Distrito de Santo Agostinho. O granito do Cabo de Santo Agostinho está localizado na Região Metropolitana do Recife. É o principal promontório do litoral sul de Pernambuco. A área foi degradada com a ocorrência de intenso processo de erosão. Resultados obtidos do cruzamento do mapa de ocupação urbana de 1973 com o de 2003 revela um significativo aumento da malha urbana, decorridos 30 anos. Esse aumento provocou uma forte pressão sobre a área do Parque. A maior concentração de erosão na área, neste período, é evidenciada em setores onde ocorre a vegetação arbustiva degradada. Através do cruzamento dos mapas de ocupação urbana de 1973-2003 com o de 2013, observa-se que ocupação urbana diminuiu neste período e houve um aumento da área de vegetação, provocando não só uma parada na erosão, mas uma retomada da vegetação sobre as áreas degradadas. A técnica utilizada se baseou na análise de uma série de mapas digitais temáticos (mapas de solo, de relevo, de vegetação, geológico e topográfico) com auxílio do geoprocessamento e com apoio da tecnologia SIG (Sistemas de Informação Geográfica). A base de dados foi elaborada com elementos espaciais e não-espaciais (recursos hídricos superficiais, rede viária, área urbana, cobertura vegetal, uso da terra, solos e geomorfologia), composta por dados de campo (medidas de fraturas, descrição de afloramentos, levantamento de perfis estratigráficos, topográficos e cartográficos e informações de localização e evolução das erosões, derivadas de fontes analógicas e de sensoramento remoto (ortofotocartas, aerofotos e GPS). A correlação de dados temporais mostra aumento nas áreas de todas as erosões provocado pelo escoamento superficial devido a retirada da vegetação, isto é, pela erosão das águas de chuva devido a ação antrópica entre os anos de 1973 a 1997. No ano de 1973 o total erodido foi de 137.921,00m² ou 13,8ha, em 1988 de 177.685,00m² ou 17,8ha, e em 1997 o valor foi de 204.785,30m² ou 20,5ha. Em 2013 o valor da erosão total foi de 168.904,02 ou 16,9ha, indicando que não houve mais erosão e sim uma recuperação das erosões pela retomada da vegetação.

Palavras Chave: Ocupação urbana, processos erosivos, geoprocessamento, tecnologia SIG, dados temporais.

ABSTRACT

The present work had as objective to evaluate the erosion in soils developed from the weathering of the Cabo Granite in the “Armando de Holanda Cavalcanti” Metropolitan Park (AHC-MP) in the municipality of Santo Agostinho. The granite of Cabo de Santo Agostinho is located in the metropolitan region of Recife. It is the main promontory on the southern coast of Pernambuco. The area was degraded with the occurrence of intense erosion process. Results comparing maps of the 1973 and 2003 of urban occupation reveals a significant increase of the urban population in the AHC-MP after 30 years. This increase led to a strong pressure on the area of the Park. The greatest concentration of erosion in the area during this period is evidenced in sectors where vegetation was degraded. But, crossing the maps of urban occupation of 1973-2003 to 2013, it is observed that in this period urban occupation has declined and there has been an increase in the area of vegetation, causing not only a stop on erosion, but a resumption of the vegetation on the degraded areas. The approach used was based on the analysis of a series of thematic digital maps (maps of soil, relief, vegetation, geological and topographical) with the aid of geo-processing with support of GIS technology (Geographic Information Systems).

The database was compiled with spatial and non-spatial elements (surface hydric resources, roads, urban area, vegetation cover, land use, soils and geomorphology), composed of field data (measures of fractures, description of outcrops, stratigraphic profiles survey, cartographic and topographic and location information and evolution of erosions, derived from analog sources and remote sensing (Ortho-photo maps, aerial-photos and GPS). The correlation of temporal data shows increase in all areas of erosion caused by runoff due to removal of vegetation, i.e. by the erosion of rainwater due to anthropic action spanning the years from 1973 to 1997. In the year 1973 the total eroded was 137,921.00 m² or 13,8ha, in 1988 of 177,685.00 m² or 17, 8ha, and in 1997 the value was 204,785, 30 m² or 20, 5ha. In 2013 the total erosion value was 168,904.02 or 16, 9ha, indicating that there were no further erosion and a recovery of erosions for resumption of vegetation.

Keywords: Urban occupation, Erosive processes, Geo-processing, GIS Technology, Temporal data.

INTRODUÇÃO

O processo conhecido como intemperismo rompe as rochas formando partículas menores, que podem ser mais facilmente transportadas, gerando um processo conhecido como erosão.

Em geral, distinguem-se duas formas de abordagem para os processos erosivos: erosão natural ou geológica, ou respectivamente, erosão que se desenvolve em condições de equilíbrio com a formação do solo, e erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade é superior à da formação do solo, não permitindo a sua recuperação natural. (Salomão e Iwasa, 1995; Boardman, 1990).

Água, gelo, vento e ondas são os agentes de erosão que desgastam a superfície da terra. A água é o mais importante agente erosivo e corrói mais comumente como água corrente em riachos. No entanto, a água em todas as suas formas é erosiva. Pingos de chuva (especialmente em ambientes secos) criam erosão do respingo que move as partículas de solo. A água correndo na superfície do solo carrega as partículas enquanto se move em direção a córregos e pequenos riachos e cria assim a erosão superficial.

Os processos erosivos de grande magnitude são responsáveis por graves perdas econômicas e ambientais de uma

AValiação DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

determinada localidade aonde estes efetivamente venham a se desenvolver.

Estudos sobre processos erosivos que tem sido feitos em todo mundo com a utilização de uma série de novas técnicas e métodos de acordo com os objetivos de estudo, recursos humanos e financeiros e características geográficas do local (Guerra, 2005).

A paisagem pode ser vista como *“o resultado, sobre uma certa porção da superfície terrestre, da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem dialeticamente uns com os outros, tornando-se assim em um todo único e indissociável da evolução contínua”* (Bertrand, 1982).

Dentro desta mesma linha de pensamento, na escola norte-americana, *“a paisagem é vista como um mosaico ambiental, de padrão espacial heterogêneo e fragmentado em subsistemas ou unidades de paisagem denominadas de Geocossistemas, os quais são relativamente homogêneos”* (Hughett, 1995). Então, estes Geocossistemas se individualizam por terem características a nível biótico, abiótico e humano que lhes conferem uma unidade, a qual é configurada por uma estrutura, função e dinâmica (Fernandes, 1998).

O conjunto dessas inter-relações pode ser colocado de forma espacial dando origem a um diagnóstico integrado Coelho Netto (2002).

De acordo com estudos da FIDEM (2000) as diversas paisagens vegetais da área encontram-se afetadas por um alto grau de antropização, devido à rápida, intensa e desordenada ocupação populacional nos espaços das várias formações vegetais, assim como à ausência de um plano ambiental.

Evidenciou-se que no Parque Armando de Holanda Cavalcanti a taxa de precipitação tem excedido a ação combinada de interceptação pela cobertura vegetal e a capacidade de infiltração dos solos, a água começa a se

acumular no solo em micros-depressões. Com a continuidade da chuva, a água eventualmente flui sobre a superfície como escoamento superficial. O escoamento nas encostas dos solos atua como um agente de transporte, levando embora as partículas soltas do solo. No entanto, principalmente atua como um agente de erosão removendo partículas do solo quando flui sobre a superfície quando não há vegetação, como no caso da área de estudo deste trabalho.

As zonas erodidas, em expansão nos últimos anos, são responsáveis pelo arrastamento da cobertura vegetal e abertura de grandes ravinas e voçorocas, dificultando, quando não impedindo, o estabelecimento de vegetação nestas localidades, exceto no caso das comunidades instaladas no interior das ravinas (FIDEM, 2000).

Em 2003, queimadas em porções na vegetação arbustiva no setor centro-oeste do Parque e próximo ao farol foram registradas devidamente conforme ilustrado na Figura 1. Foi exaustivamente observado, que a remoção da vegetação em algumas áreas do Parque contribui para potencializar o surgimento de sulcos erosivos e, conseqüentemente, para a expansão do processo de erosão a partir da densidade de ravinas e voçorocas.

Nascimento (2005) e Guimarães (2013) ressaltam sobre a importância da preservação de áreas do Parque e sugerindo a implementação de trilhas voltadas para a educação ambiental e cultural, e conseqüente diminuição dos impactos antrópicos.

Torna-se evidente a importância da criação deste diagnóstico para o Parque Armando de Holanda Cavalcanti, uma vez que identifica às variáveis-controle (elementos estruturais e funcionais) que interferem na estrutura, funcionalidade e dinâmica da paisagem, e dá subsídios básicos ao

planejamento da ocupação racional do solo.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Situada no litoral sul do Estado de Pernambuco a área de estudo dista 34 km da cidade do Recife no sentido Sul (Fig. 2). O acesso até a mesma é feito pelas rodovias BR-101 sul, PE-60 e PE-28.



Figura 1 – Vista de detalhe da queimada na área central do Parque Armando de Holanda Cavalcanti, em 2003.

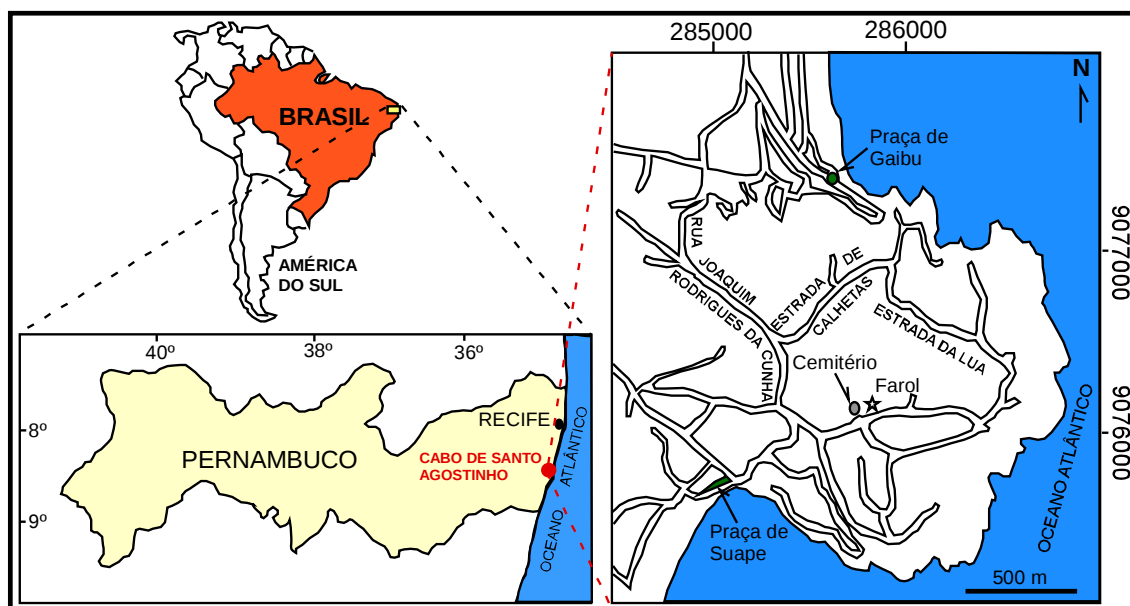


Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo.

A área de estudo é o promontório formado pelo granito do Cabo de Santo

Agostinho, que é circunvizinho às vilas de Suape e Gaibu (Fig. 3).



Figura 3 – Vista de leste para oeste do promontório do Cabo de Santo Agostinho, mostrando o Farol, as praias de Calhetas, Paraíso, Suape e Gaibu. Os números em vermelho localizam as principais erosões nos solos gerados pelo intemperismo do Granito do Cabo.

GEOLOGIA LOCAL

Na área de estudo há um predomínio de rochas graníticas da Suíte Ipojuca (Granito do Cabo) e rochas sedimentares das formações Algodão e Barreiras (Fig. 4). Grande parte do granito encontra-se intemperizado formando dois tipos de solos principais Latossolo Amarelo (sem vegetação) e Argissolo Vermelho-Amarelo (com vegetação).

O granito do Cabo apresenta uma fácies principal com textura média, equigranular, que engloba autólitos de microgranito. Petrograficamente, ele se classifica como álcali-feldspato granito, tendo ortoclásio, quartzo e plagioclásio sódico, além de anfibólio (riebeckita-arfvedsonita), magnetita, alanita, fluorita e zircão como acessórios (Nascimento e Souza, 2005). A matriz mostra textura granular composta pelos

minerais acessórios citados (Legrand & Figueiredo Filho apud Lima Filho, 1998).

Segundo Lima Filho (1998) a Formação Barreiras que aflora na região de Gaibu é constituída na sua base por arenito conglomerático com seixos de quartzo, intercalações de blocos de argila e estratificação cruzada tabular (representando um sistema de leques aluviais e fluvial entrelaçado) e em direção ao topo, separados por uma camada de argila, tem-se uma seqüência arenítica média a grossa, creme, com estratificação plano-paralela e pequenas intercalações de argila e silte, representando um sistema fluvial meandrante.

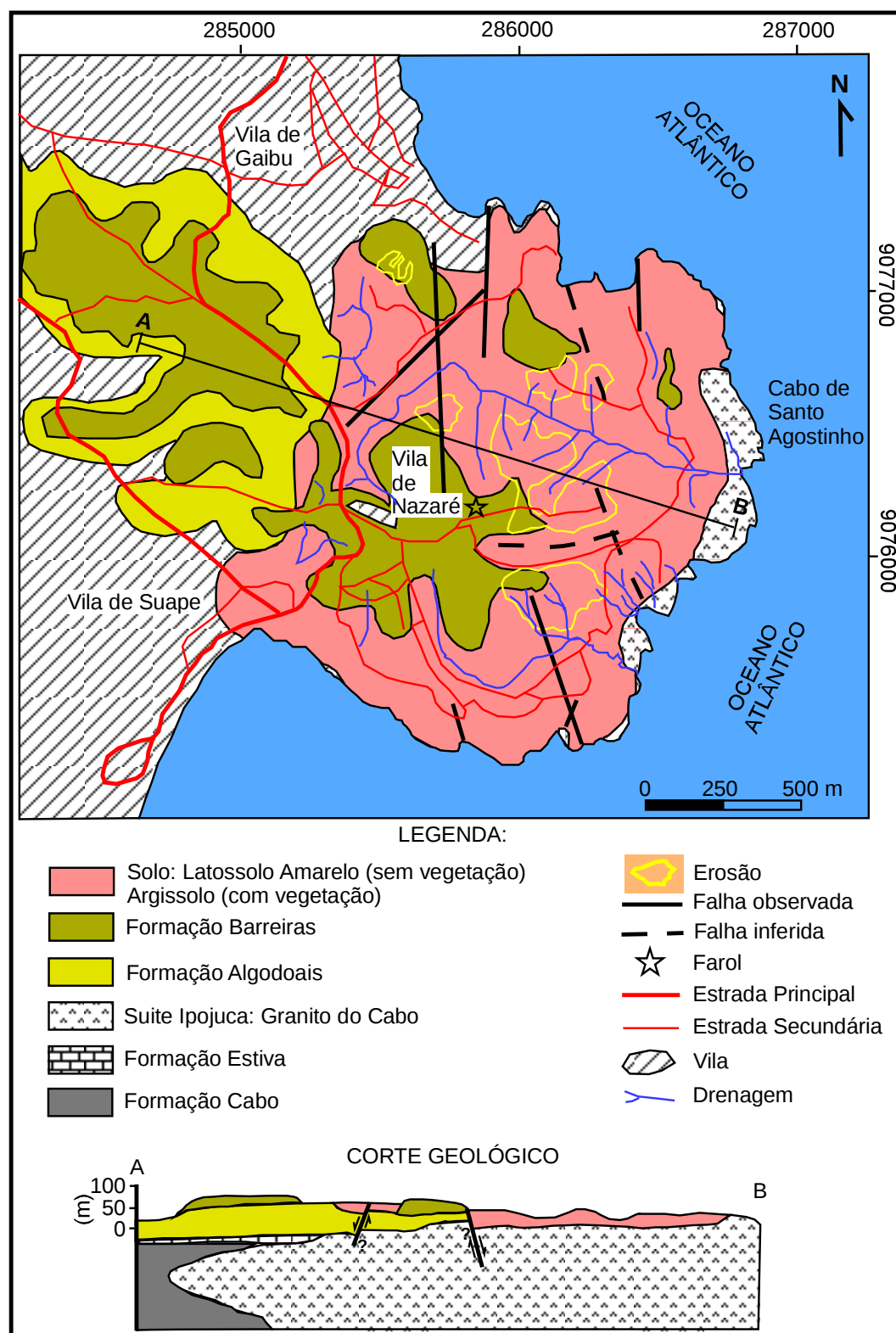


Figura 4 – Mapa Geológico da área de estudo (modificado de Nascimento, 2003).

No Morro da Serra Redonda tem-se a Formação Barreiras sotoposta ao Granito do Cabo com uma sequência espessa de arenito conglomerático laterítico de cor vermelha gradando para

uma sequência arenosa com seixos de quartzo no topo.

Os solos decorrentes do intemperismo do Granito do Cabo perfazem 75% da área de estudo e são

AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

neles onde há o grande predomínio das erosões, como as que se localizam na parte central do Parque onde ocorrem algumas voçorocas (Fig. 5).

A partir de observações realizadas na área de estudo avaliou-se que o Granito do Cabo apresenta

diferentes graus e tipos de intemperismo, desde o saprolito (decomposição, Fig. 6) ao fraturamento (desagregação, Fig.7).



Figura 5 - Voçoroca na parte central do Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti no Distrito do Cabo de Santo Agostinho.



Figura 6 - Vista parcial do Granito fraturado, desagregando-se em blocos. Lado sul, nas proximidades da praia Paraíso e Vila de Suape.



Figura 7 - Granito do Cabo apresentando avançado estado de decomposição (saprolito). Lado sul, nas proximidades da praia Paraíso e Vila de Suape.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

Silva *et al.* (2005), mapeando erosões no Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti no Distrito do Cabo de Santo Agostinho, após avaliarem uma série histórica de ortofotocartas para registrar a evolução das áreas erodidas com o tempo, concluíram que a maior concentração de erosão na área do Parque é evidenciada em setores de encostas onde ocorre vegetação arbustiva degradada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estruturação da base de dados se deu a partir de técnicas de geoprocessamento (Burrough e MacDonnel, 1998; Brandão, 2001) em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e divididos em três distintas etapas: I) Pré-Geoprocessamento; II) Geoprocessamento e III) Pós-Geoprocessamento.

PRÉ-GEOPROCESSAMENTO

A organização do banco de dados para a elaboração dos cartogramas digitais temáticos foi baseada em projetos, conforme os fatores selecionados durante a fase do pré-geoprocessamento.

Levantamento das informações, aquisição e organização dos dados:

Etapas que compreendeu o levantamento de todos os trabalhos que orientaram a estrutura do estudo: Levantamento da bibliografia utilizada - investigação qualitativa sobre os problemas e potenciais da área; a aquisição de informações e dados espaciais e temporais cartografados e não cartografados e de GPS, necessários à pesquisa. Trabalhos de campo e de gabinete foram combinados para a realização desta etapa da pesquisa. O trabalho de gabinete incluiu o processo de digitalização das informações espaciais. Durante o trabalho de campo foram delineadas orientações para a realização desta etapa: I- Proceder reconhecimento da área com o

propósito de se estabelecer comparação com as informações do mapa de base através da verdade terrestre; II- Levantar informações sobre o terreno e proceder entrevistas com nativos da área de estudo.

GEOPROCESSAMENTO

Os mapas digitais temáticos foram elaborados segundo Marble (1987), Cromley (1992) e Clark (1995) e depois de elaborados foram disponibilizados para o sistema computacional e também impressos para utilização nos trabalhos de campo.

Para a execução do banco de dados procedeu-se a aquisição de fotografias aéreas, ortofotocartas (1:10000, 1:2000) e 12 (doze) cartas topográficas e cadastral da UNIBASE (Projeto de Unificação de Bases Cartográficas) na escala de 1:1000. Estas últimas foram elaboradas pela FIDEM (Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco) com o objetivo de subsidiar os trabalhos da CELPE – Companhia Energética de Pernambuco na instalação de linhas de transmissão no espaço territorial do Parque, sendo compostas por informações cadastrais (edifícios e arruamento), pontos cotados, e sobrepostos a estas cartas constam entidades espaciais (polígonos) caracterizando as diversas formações vegetais e de uso do solo.

A organização do BDG para elaboração dos mapas digitais temáticos foi baseada em projetos, a partir das variáveis ambientais do meio-físico que foram selecionadas na etapa posterior (pré-geoprocessamento).

Para este trabalho foram elaborados os seguintes mapas digitais temáticos: Base Cartográfica (FIDEM, 1997); Erosão em 1974; Erosão em 1988; Erosão em 1997; Erosão em 2013; Sobreposição de Polígonos das Erosões 5 e 6 (1973, 1988, 1997 e

2013); Ocupação por Edificações - 1973; Classes de Declividade; Ocupação por Edificações - 1997; Cobertura Vegetal - 1973; Cobertura Vegetal - 1997; Mapa de Impactos Antrópicos - 1997) Geologia; Solos; Drenagem (FIDEM, 1997); Mapa de Altitudes e Localização de Perfis Topográficos (MDT); Mapa Síntese da Paisagem.

Para cada mapa digital temático foram elaborados layers ou camadas, como resultado da vetorização ponto a ponto de linhas e polígonos. Em etapa posterior pesquisado material com a delimitação da área do domínio do Parque para posterior digitalização (captura e armazenamento). Por último, foram selecionados os fatores ambientais e antrópicos do meio para o mapeamento temático. O mapa de ocupação por edificações de 1988, mapa dos impactos antrópicos 1988 e 1973, mapa de cobertura vegetal de 1973 e 1988, não foram gerados por razões de ordem técnica e limitações financeiras. Para o mapa de ocupação por edificações de 1988 o problema estava na escala do original analógico ou ortofotocarta de 1:10000, a partir da qual a maioria dos objetos espaciais não é perceptível na sua forma e dimensão real, tornando-se de difícil interpretação para a composição do layout a ser digitalizado.

Mapas de Erosão:

Estes mapas foram obtidos a partir das fontes citadas acima. O sistema de referência utilizado foi o de Córrego Alegre (elipsóide Hayford) para os levantamentos de 1973 e 1988, e o SAD69 (elipsóide Ref67) para o ano de 1997. A técnica utilizada foi a de captura das informações constantes nas ortofotocartas 85/75, 85/76 e 85/77 (1973); 87:55 (1988); 87/45:05, 87/46:00 e 46:05, 87/47:00 e 47:05; 87/55:05, 87/56:00 e 56:05; 87/57:00, 87/65:00 e 65:05, 87/66:00 e 66:05 (1997) com uso de técnica de

interpretação das ortofotocartas para delimitar os respectivos polígonos de erosão com emprego do software CANVAS.

Topografia:

Foi utilizada tecnologia GPS/NAVSTAR (Sistema de Posicionamento Global) composto por um sistema de receptores, sendo 02 (dois) marca GTR1 (Fig. 8) de uma frequência e código c/a, e 01 (um) receptor marca Trimble, modelo 4000SST (Fig. 9) de duas frequências e código c/a para a base e como ponto de partida o vértice da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) situado no campus da UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Foi utilizado o vértice da RBMC para o transporte de coordenadas para dentro da área de trabalho (Suape). Assim, implantou-se na área uma linha de base entre a RBMC e um ponto fixo dentro da área.

Utilizou-se o equipamento 4000SST no modo estático com intervalo de 5 segundos. O modo estático consiste no rastreamento entre vértices para a obtenção de coordenadas com precisão em grande distância. Com isto, obteve-se um vértice conhecido dentro da área de trabalho de forma que a distância entre o ponto fixo e os demais pontos a serem determinados estivessem no raio de 10km e poder-se utilizar o processo *Stop & Go*, ou seja, a técnica de rastreamento cinemático, onde o ponto observado requer um mínimo de tempo para a determinação de coordenadas. Os equipamentos GTR1 foram então usados no processo *Stop & Go* onde o receptor 4000SST encontrava-se sobre um vértice conhecido fixo na área do complexo portuário de SUAPE (Fig. 9) e de uma base para o levantamento e, de acordo com a teoria o GPS, dentro do raio de 10km. O rastreamento foi executado com intervalo de tempo igual a 5 segundos.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

PÓS-GEOPROCESSAMENTO

Os mapas temáticos finais, após a checagem e integração com os dados de campo, foram impressos a partir do

SIG “desktop mapping” do ArcView, como também ficou disponível no banco de dados composto pelos atributos da base gráfica.



Figura 8 - Calibração de receptores GTR1.



Figura 9 - Instalação do receptor 4000SST.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para este trabalho foram elaborados os seguintes mapas digitais temáticos: Erosão em 1973 (Fig. 10); Erosão em 1988 (Fig. 11), Erosão em 1997 (Fig. 12) e Erosão em 2013 (Fig. 13), com a definição de seis grandes áreas de erosão (Erosão 1 a 6/1973 a 1997 e Erosão 7 em 2013).

O desmatamento continuado, verificado nas porções morfológicas susceptíveis a ocorrência de erosão tem se tornado um fator determinante na deflagração dos processos erosivos na área de estudo. É importante ressaltar que a tipologia da cobertura vegetal

observada nos setores morfológicos onde ocorrem as feições erosivas é, predominantemente, arbustiva e esparsa com características da formação vegetal de cerrado e que se encontra em extremo estado de “*stress*” provocado por atividades extrativistas e de turismo predatório.

Este quadro favorece o aumento do “*runoff*”, que é ocorre quando os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a consequente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas que por sua vez provoca o surgimento de grandes

concentrações de sulcos e ravinas (ravinamento) e o consequente aumento destas pela remoção do material superficial, causando dessa forma a perda total do solo e a consequente remoção da base e colapso do solo.

Uma vez que o processo erosivo remove todo o manto de intemperismo (solo), a rocha-mãe (Granito do Cabo) aflora conferindo maior resistência à ação erosiva, porém, nas laterais das

ravinas o processo erosivo se mostra atuante, proporcionando aumento na largura das mesmas. A partir de observação de campo foi sugerido que a ocorrência das ravinas na área de estudo é função do escoamento superficial, cuja energia, provoca o desmonte de material na base das paredes laterais das ravinas e voçorocas o que resulta no desmonte das camadas sobrejacentes.

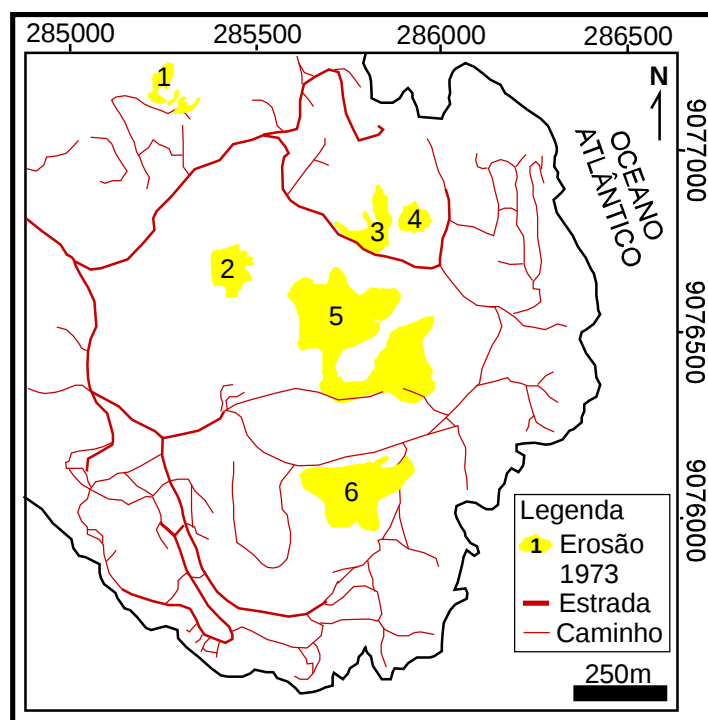


Figura 10 - Erosão na área de estudo em 1973.

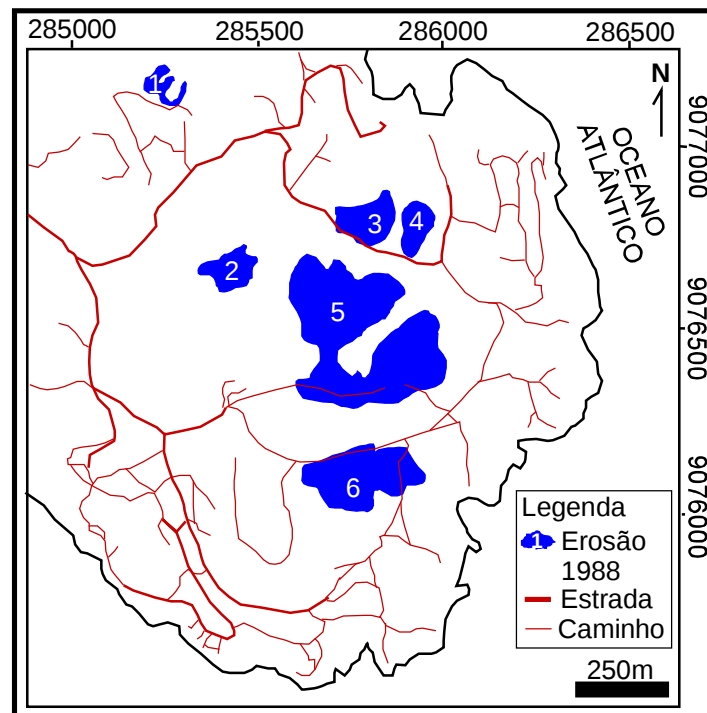


Figura 11 – Erosão na área de estudo em 1988.

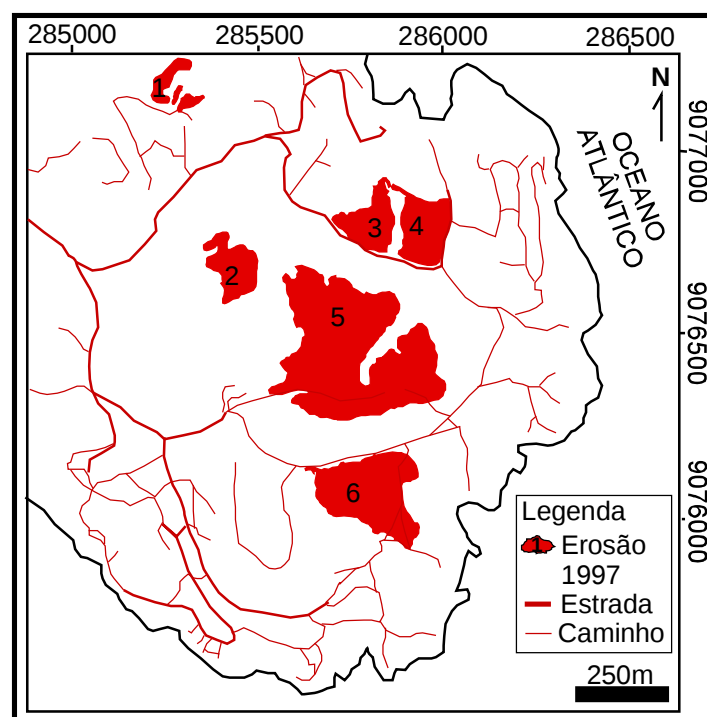


Figura 12 - Erosão na área de estudo em 1997.

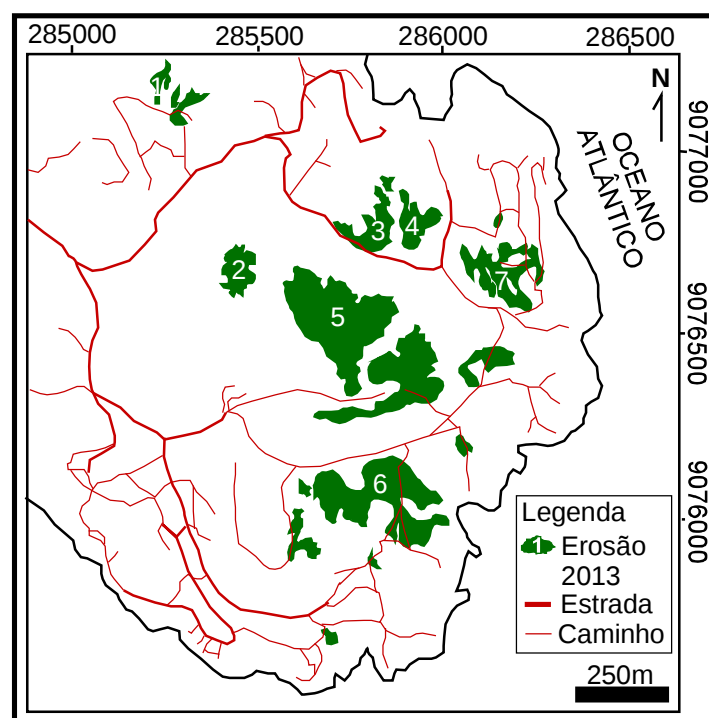


Figura 13 - Erosão na área de estudo em 2013.

Valores de área para as erosões foram obtidos por meio de softwares Autocad e Canvas como subsídio na interpretação da variação no espaço e no tempo do quadro evolutivo em unidade de área (m^2). De modo geral, se observa aumento nas áreas de todas as erosões considerando os períodos entre 1973, 1988 e 1997, decorridos 24 anos conforme indicado na Tabela 1 de valores de áreas por erosão/ano e na Tabela 2 para variação das taxas por erosão/ano. Mas, foi observado que houve uma redução na erosão total em 2013. Este fato evidencia que a erosão total que aumentou de 1973 a 1997 passa para um regime de estabilização e diminuição em 2013.

O histograma de variação da taxa de erosão em porcentagem pelo tempo (Fig. 14) mostra a evolução de cada erosão em relação ao primeiro registro obtido para os estudos, ou seja, o valor do ano de 1973.

Os valores dos totais de erosão obtidos para cada ano indicam uma tendência no crescimento das áreas erodidas. A partir dessas informações,

se avaliou que entre 1973 e 1988 (15 anos decorridos) a área erodida aumentou, aproximadamente, em 4ha. Enquanto de 1988 a 1997 (9 anos decorridos apenas) o valor de área erodida foi de 2,7ha, ou seja, quase 1,5 vezes menor que a correspondente da área entre 1973 e 1988. O interessante é que a área erodida em 2013 foi de 16,9ha, bem menor do que a observada em 1997 (20,5ha), apesar do aparecimento da Erosão 7. Houve, então, não só uma parada na erosão total, como uma recomposição de áreas degradadas por uma reposição da vegetação.

Observa-se na Tabela 2 e na Figura 10 que a erosão 1 cresce, aproximadamente, 15,4% até 1988 passando a 61,5% em 1997. O total acumulado para o período de 1973 a 1997 foi de mais ou menos 77%. A partir de observação de campo se verificou que a erosão 1, embora, situada numa encosta com gradiente de 23% apresenta um quadro de relativa estagnação da área erodida. Este estágio de repouso das atividades erosivas se

AValiação DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

comprova pelo crescimento espontâneo da cobertura vegetal (arbustiva) no interior das ravinas e voçorocas e à jusante da erosão. Entretanto, esta relativa estabilidade pode ser interrompida, considerando o relevo e o

solo combinados com uma retomada do processo de degradação da encosta, possibilidade que se torna mais evidente devido ausência de um efetivo monitoramento da área da erosão 1.

Tabela 1 - Valores das áreas de erosão em 1974, 1988, 1997 e 2013.

EROSÃO	ÁREA (m²)			
	1973	1988	1997	2013
1	4.515,00	5.212,00	7.291,84	6.927,25
2	10.468,00	11.080,00	15.872,29	8.729,76
3	10.040,00	16.020,00	16.902,31	11.831,62
4	-	-	-	-
5	78.274,00	106.166,00	118.623,53	77.105,30
6	34.624,00	39.207,00	46.095,33	48.400,09
7	-	-	-	15.910,00
TOTAIS	137.921,00	177.685,00	204.785,30	168.904,02
TOTAIS (ha)	13,8	17,8	20,5	16,9

Para a erosão 3 os valores de taxas observadas na Tabela 2 foram de 59,56% de 1973-1988 e 68,355 entre 1973-1997. Nesta erosão os valores indicam uma desaceleração do processo erosivo, pelo menos no que se refere a valores de área, se comparados às erosões 1 e 2. Contudo, observações de campo (perfis topográficos) indicam evidências no aumento da erosão 3 por aprofundamento das ravinas, estas em sua maioria encontram-se em estágio ativo. No interior da mesma ocorrem

ravinas e voçorocas de variadas proporções em plena atividade erosiva, com grande extensão e profundidade, através das quais quando observadas no local, é possível visualizar o saprolito. Esta erosão ocorre nos e numa encosta de gradiente médio em torno dos 20 graus.

Com relação à erosão 5 os valores das taxas foram de 35,63% e de 51,55%, correspondendo aos períodos de 1973-1988 e 1973-1997, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Variação parcial e acumulada das taxas de erosão para os períodos considerados no estudo.

PERÍODO	EROSÃO	VARIAÇÃO DAS TAXAS DE EROSÃO(%)	
		Parcial	Acumulada
1973 – 1988	1	15,44	76,94
1973 – 1997		61,50	
1973 – 1988	2	5,84	57,47
1973 – 1997		51,63	
1973 – 1988	3	59,56	128,91
1973 – 1997		68,35	
-	4	-	-
-		-	
1973 – 1988	5	35,63	87,18
1973 – 1997		51,55	
1973 – 1988	6	13,24	46,37
1973 – 1997		33,13	

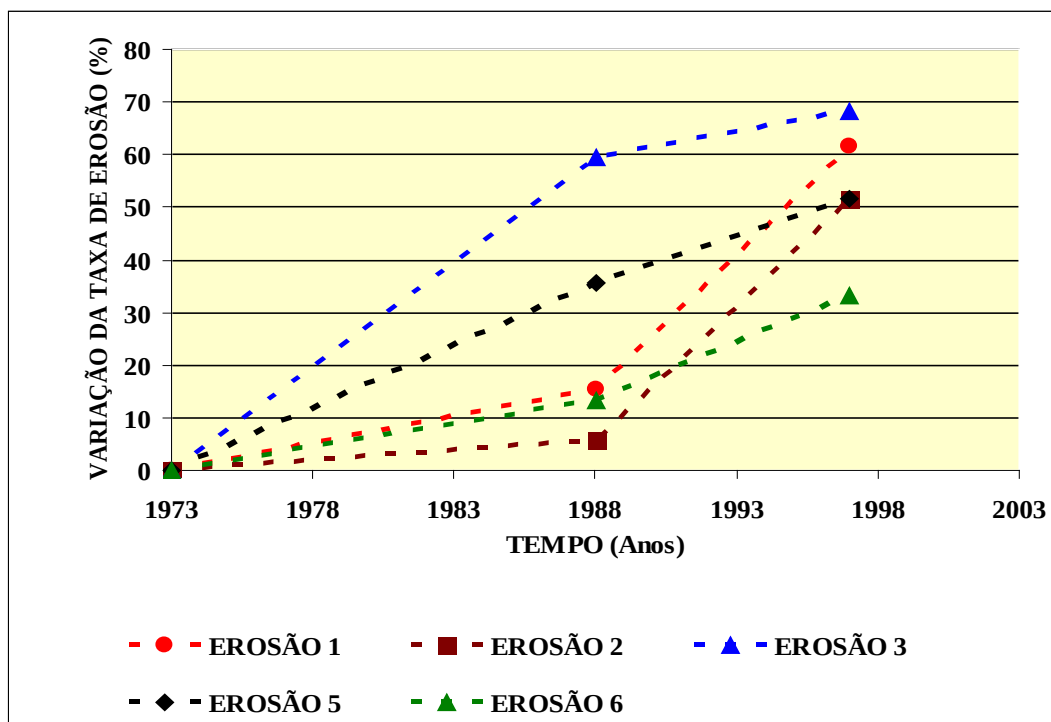


Figura 14 - Histograma de variação da taxa de erosão com o tempo.

AVALIAÇÃO DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

Foi realizado no ano 2003 levantamento “in loco” de perímetros das erosões 3 e 6 (Fig. 15) e topografia de detalhe com equidistância vertical entre as curvas de 1m, de setores de

encostas das erosões 5 e 6, conforme ilustrado nas Figuras 16, 17, 18 e 19 a partir das quais foram desenhados perfis topográficos, indicados nas Figuras 17 e 19.

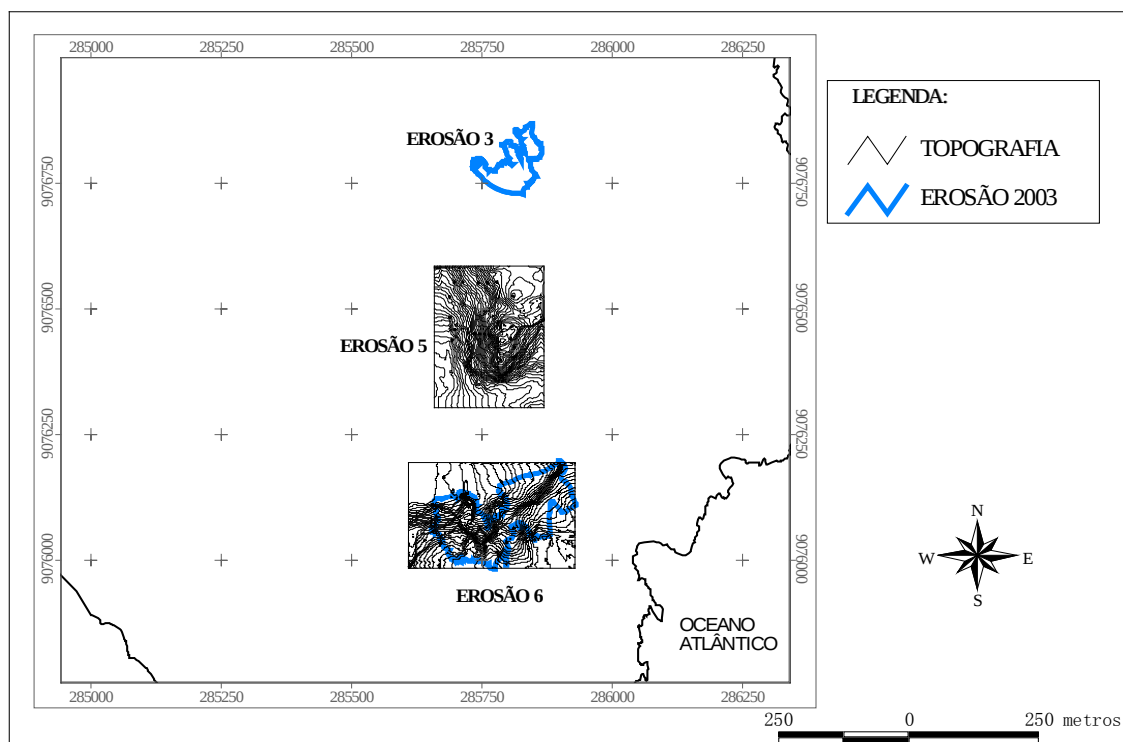


Figura 15 - Mapa dos perímetros das erosões 3 e 6 (em azul) e detalhe da topografia nas erosões 5 e 6.

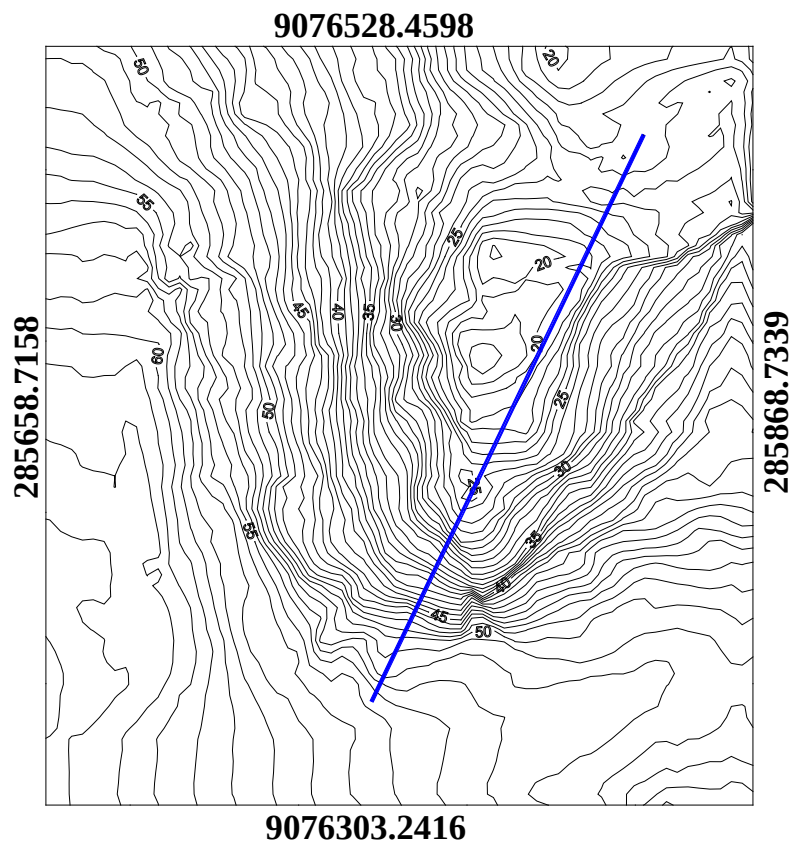


Figura 16 - Localização de um perfil topográfico na erosão 5.

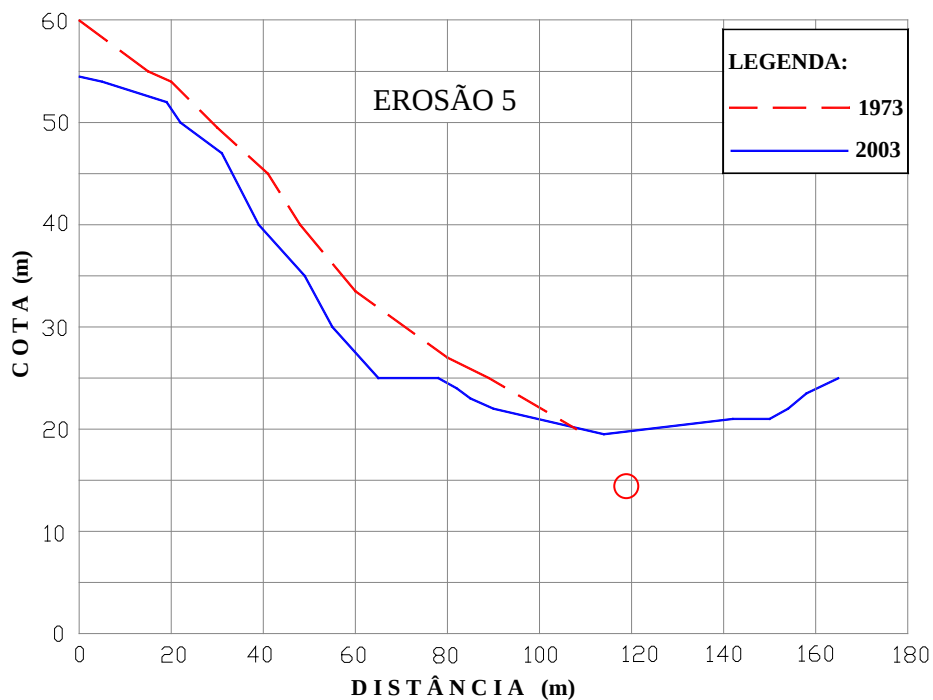


Figura 17 – Cruzamento de perfis topográficos dos anos 1973 e 2003 da erosão 5.

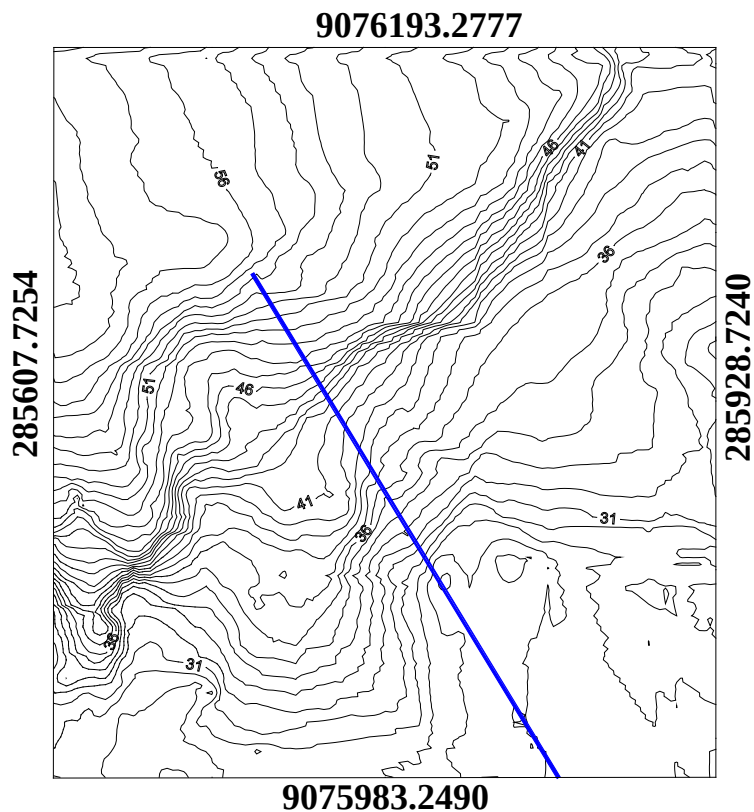


Figura 18 – Localização de um perfil topográfico na erosão 6.

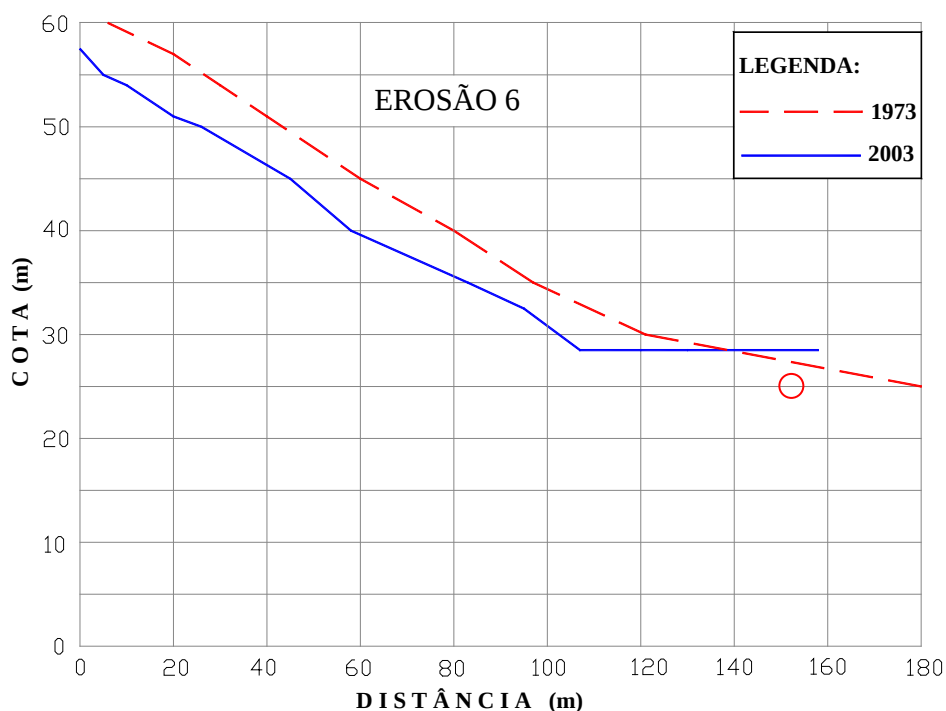


Figura 19 – Cruzamento de perfis topográficos dos anos 1973 e 2003 da erosão 6.

Nas Figuras 17 e 19 observa-se uma nítida mudança na topografia entre os anos de 1973 e 2003 nas erosões 5 e 6, evidenciando uma dinâmica na

morfologia a partir dos processos erosivos atuantes na área de estudos. Ocorre o recuo da base das encostas representadas pelo traçado azul e

contínuo, ao mesmo tempo em que há uma tendência na mudança no nível de base por consequência dos sedimentos carregados e depositados no canal de drenagem sito a jusante de ambas as encostas. Este fenômeno ocorre a partir da interseção dos traçados dos perfis analisados, a 100m no caso da encosta localizada na erosão 5, e a 140m no caso da encosta na erosão 6.

Modelos Digitais do Terreno (MDT) foram gerados a partir da topografia obtida para as encostas localizadas nas erosões 5 e 6. Estes modelos permitem uma visão tridimensional do terreno, facilitando a visualização da morfologia (análise qualitativa) e dos aspectos quantitativos de cada encosta, como ilustram as Figuras 20 e 21, respectivamente.

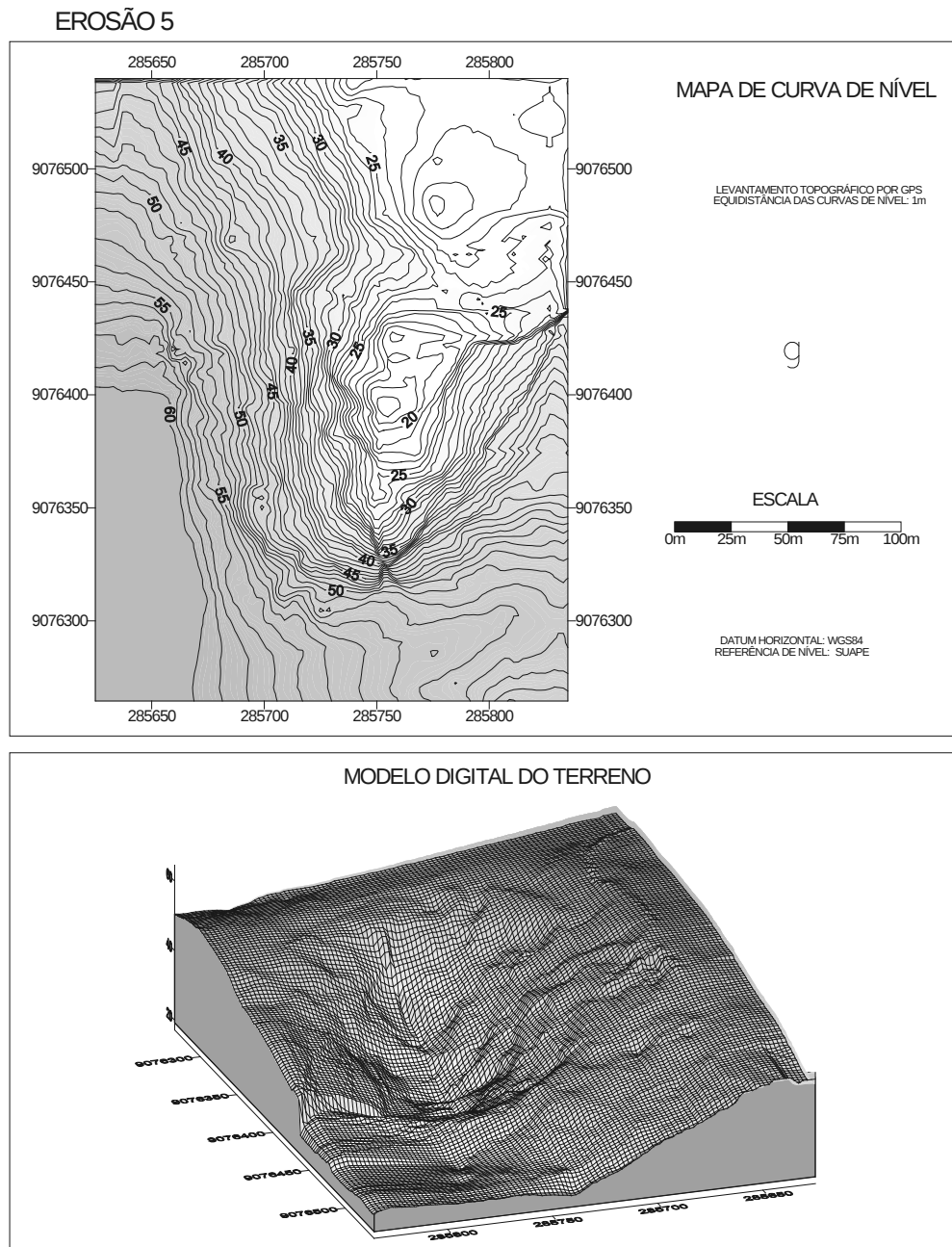


Figura 20 – Topografia e Modelo Digital do Terreno – Encosta da erosão 5.

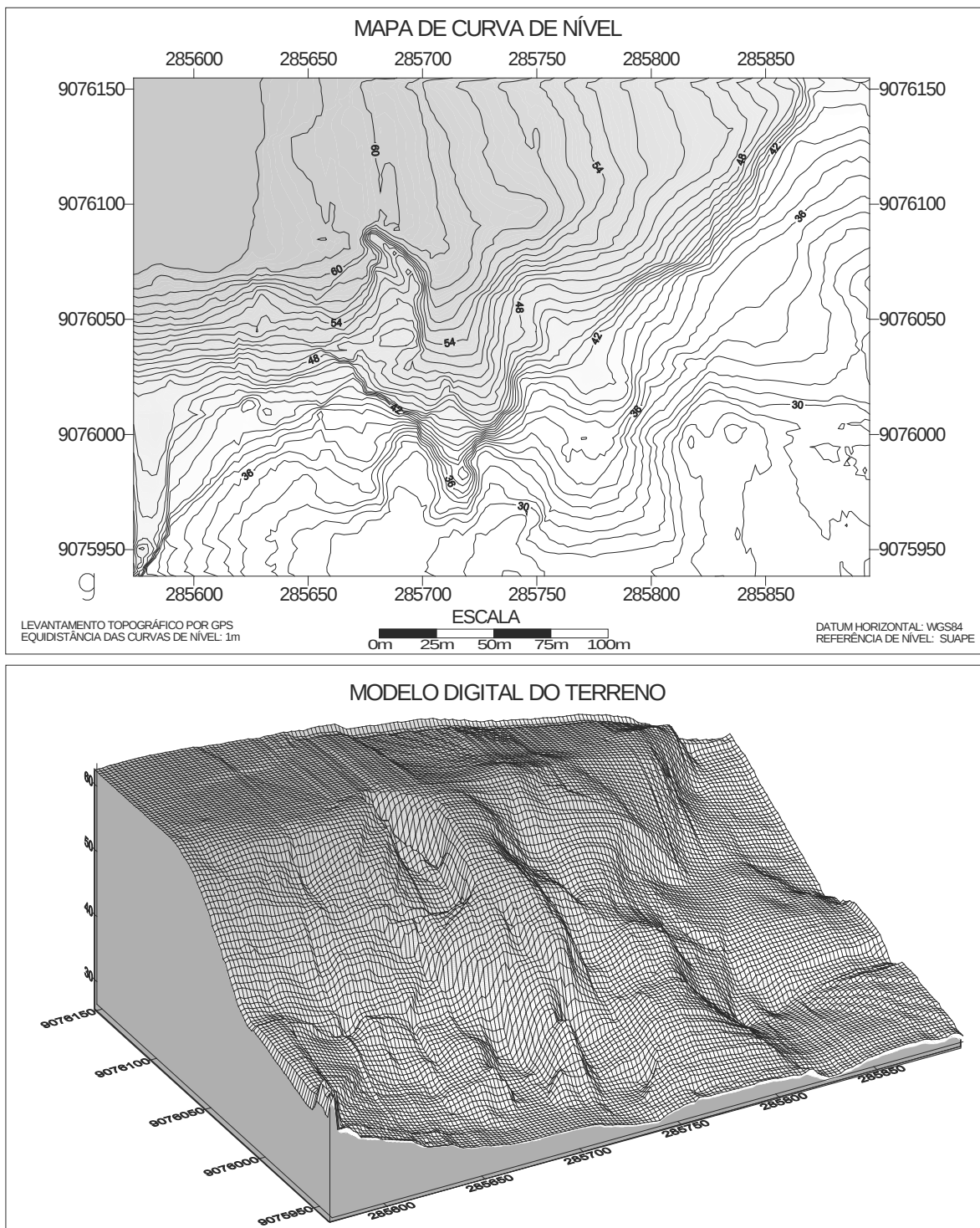


Figura 21 – Topografia e Modelo Digital do Terreno – Encosta da erosão 6.

CONCLUSÕES

Os valores dos totais de erosão obtidos para cada ano apresentaram uma tendência no crescimento das áreas

erodidas entre os anos de 1973 a 1997. Em 2013 houve uma diminuição no total de erosão, indicando que houve

uma parada na erosão e uma retomada da vegetação nas áreas erosões 1 a 6. Também em 2013 houve a formação de uma nova erosão (Erosão 7), mas que não influenciou na diminuição do total de erosão para este mesmo ano.

As queimadas que ocorriam na vegetação arbustiva na área do Parque Metropolitano Armando de Holanda Cavalcanti no Distrito de Santo Agostinho até aos meados de 2003, deixavam as áreas de solo mais exposta à erosão.

A partir da implantação do Parque e das propostas de trilhas para um uso racional do geoturismo no Granito do Cabo e circunvizinhanças, as áreas degradadas diminuíram e houve uma retomada da vegetação nas áreas erodidas, diminuindo os processos erosivos nas áreas dos solos.

A partir do cruzamento de perfis topográficos dos anos 1973 e 2003 das erosões 5 e 6, observa-se uma nítida mudança na topografia, evidenciando uma dinâmica na morfologia a partir dos processos erosivos atuantes na área de estudos.

Os modelos digitais dos terrenos gerados a partir dos estudos topográficos nas erosões 5 e 6 permitem uma visão tridimensional do terreno, facilitando a visualização da morfologia (análise qualitativa) e dos aspectos quantitativos de cada encosta destas erosões.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) da UFPE, pelo apoio acadêmico. Ao CNPq – PRONEX e a FIDEM.

REFERÊNCIAS

Bertrand, G., 1982. *Paisaje y Geografia Física Global*. In: Mendonza, J. G.; El pensamiento geográfico – estudo interpretativo y antología de textos (de Humbolt a las

- tendencias radicales). Alianza, Madri. p. 461- 464.
- Boardman, J., 1990. *Soil erosion on the South Downs A review*. In *soil erosion on agricultural land*. Editores: J. Boardman, I. D. L. Foster & J. A. Dearing, p. 87-105.
- Brandão, D. M. S., 2001. *Uso do Geoprocessamento para Diagnóstico do meio-físico na implantação de transmissão no setor elétrico – linha de transmissão 230kV Recife II/Pau-Ferro*. Dissertação-de mestrado, Recife. p. 27-33.
- Burrough, P. A. e MacDonnel, R. A., 1998. *Principles of Geographical Information Systems*, New York, Oxford University Press. 333p.
- Coelho Netto, A. L., 2002. *Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia*. In: Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B., *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos – 2ª edição* – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 103-138.
- Cromley, R. G., 1992. *Digital Cartography*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 317p.
- Clark, K., 1995. *Analytical and Computer Cartography*. Englewood Cliffs, N. J. Prentice Hall, 334p.
- Fernandes, M. C., 1998. *Geoecologia do Maciço da Tijuca – RJ: Uma Abordagem Geo-hidroecológica*. Rio de Janeiro. IGEO/UFRJ, MSc., Geografia. 13-14 pp.
- Guerra, A. J. T. 2005. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. *Revista do Departamento de Geografia*, Rio de Janeiro, nº 16, p. 32 – 37.
- Guimarães, T. O., 2013. *Geoconservação: mapeamento, descrição e propostas de divulgação de trilhas geoturísticas no Parque metropolitano*

AValiação DO PROCESSO EVOLUTIVO E DA DINÂMICA EROSIVA: UM ESTUDO DE CASO NO PARQUE METROPOLITANO ARMANDO DE HOLANDA CAVALCANTI...

- Armando de Holanda Cavalcanti, Cabo de Santo Agostinho-PE, Brasil / Thaís de Oliveira Guimarães. – Recife, 154 p.
- Huggett, R. J., 1995. *Geoecology: an Evaluation Approach*. Ed. London, 320 p.
- Lima Filho, M. F., 1998. *Análise Estrutural e Estratigráfica da Bacia Pernambuco*. Tese de Doutorado. I. G. – USP, 136 p.
- Marble, D. F., 1987. *The computer and Cartography, the American Cartographer*, 14, 101-103. 1987.
- Nascimento, M. A. L., 2003. *Geologia, Geomorfologia, Geoquímica e Petrogênese das Rochas Ígneas Cretácicas da Província Magmática do Cabo de Santo Agostinho e suas Relações com as Unidades Sedimentares da Bacia Pernambuco (NE do Brasil)* – Tese de Doutorado, UFRN, Natal, 258 p.
- Nascimento, M. A. L., 2005. *Potencialidades geoturísticas na região do granito do Cabo de Santo Agostinho (NE do Brasil): meio de promover a preservação do patrimônio geológico*. Revista Estudos geológicos, V. 15 3-14.
- Nascimento, M. A. L. e Souza, Z. S., 2005. Granito do Cabo de Santo Agostinho, PE - Único granito conhecido de idade cretácea do Brasil. In: Winge, M.; Schobbenhaus, C.; Berbert-Born, M.; Queiroz, E. T.; Campos, D. A.; Souza, C.R.G. ; Fernandes, A. C. S. (Edit.) *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. (<http://sigep.cprm.gov.br/sitio111/sitio111.pdf>)
- Silva, E. P.; Coutinho, R. Q.; Lima Filho, M., 2005. *Quantificação da Evolução de Erosões em Encostas – Cabo de Santo Agostinho – Cabo/PE – IV COBRAE*, Salvador, p. 8-9.
- Salomão, F. X. T. e Iwasa, O. Y. 1995. Curso de Geologia Aplicada ao Meio Ambiente. In: *Erosão e a ocupação rural e urbana*. São Paulo: ABGE – IPT. cap.3, p.31-57.