



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS
NAS ESTRADAS AM-330 (SILVES) E AM-363 (ITAPIRANGA),
AMAZONAS-BRASIL**

EMERSON DIAS DA SILVA

**ORIENTADOR:
PROF. Dr. ANTONIO FÁBIO SABBÁ GUIMARÃES VIEIRA**

**MANAUS-AM
2014**

EMERSON DIAS DA SILVA

**CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA OCORRÊNCIA DE VOÇOROCAS NAS
ESTRADAS AM-330 (SILVES) E AM-363 (ITAPIRANGA), AMAZONAS – BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (PPGEOG/UFAM) como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração Amazônia: Território e Ambiente. Linha de pesquisa: Domínios da Natureza na Amazônia.

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira PPGEOG/UFAM

**MANAUS-AM
2014**

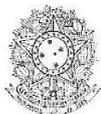
Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

D541c DIAS DA SILVA, EMERSON
CAUSAS E CONSEQUENCIAS DA OCORRENCIA DE
VOCOROCAS NAS ESTRADAS AM-330 (SILVES) E AM-363
(ITAPIRANGA), AMAZONAS-BRASIL / EMERSON DIAS DA
SILVA. 2014
88 f.: il. color; 29.5 cm.

Orientador: ANTONIO FABIO SABBA GUIMARAES VIEIRA
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. VOCOROCAS. 2. ESTRADAS. 3. IMPACTOS AMBIENTAIS. 4.
ITAPIRANGA. I. VIEIRA, ANTONIO FABIO SABBA GUIMARAES II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo

Ministério da Educação

Universidade Federal do Amazonas

ICHL/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia

Aprovado pela Resolução nº 009 – CONSUNI de 17/08/95, credenciado pela CAPES em set/2000
Reconhecido através da Portaria N. 611-MEC, de 22 de junho de 2007



**“CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DA OCORRÊNCIA DE
VOÇOROCAS NAS RODOVIAS AM-330 (SILVES) E AM-363
(ITAPIRANGA), AMAZONAS, BRASIL”**

Emerson Dias da Silva

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA/MESTRADO EM GEOGRAFIA (PPG-GEOG) DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, NO DIA **21 DE AGOSTO DE 2014**, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

Assinada por:

Prof(a) Dr(a) Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Prof(a) Dr(a) Neliane de Souza Alves

Prof(a) Dr(a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque



MANAUS, AM – BRASIL

AGOSTO DE 2014

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar *aos meus pais* por sempre acreditar em mim e mesmo que distantes geograficamente sempre me deram apoio; *a minha esposa Leila* que teve muita paciência e sempre esteve ao meu lado mesmo nas horas mais difíceis ao longo desta importante jornada em nossa vida e ao grande presente abençoado que *é nosso primeiro filho Juan Pablo*, que antecipou sua vinda e nos abençoou ainda mais, fortalecendo intensamente o nosso amor.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a *Deus*, o Todo Poderoso, por ter me proporcionado, saúde, inteligência, persistência e motivação para a realização deste trabalho. Gostaria de agradecer ao *meu orientador Professor Doutor Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira*, pelas conversas, apoio, estímulo e, acima de tudo, por sua confiança e paciência que teve comigo ao longo da realização deste trabalho.

Agradeço a senhora *Maria das Graças Luzeiro*, carinhosamente conhecida no Departamento por “*Dona Graça*”, pela paciência, profissionalismo e dedicação para com todos discentes do Programa.

Agradeço a família, em especial *aos meus pais*, pois sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial; agradeço a minha esposa Leila pela compreensão, paciência e apoio, mesmo nos momentos mais difíceis, quando passei horas e horas de isolamento na escrita do trabalho.

Agradeço *aos amigos que conheci no Mestrado*, em especial Jonatas Araújo, que foi muito solidário comigo durante os momentos em que mais precisei; ao *Sr. Walter Vasconcelos (In memoriam)* pela extrema gentileza com que me recebeu em sua residência durante algumas pesquisas de campo que realizei, além da sua imprescindível ajuda no monitoramento dos dados diários pluviométricos; a *Anne Dirane, Nádia Rafaela, Miriliane, Alcinéia, Luís, Francisco Wellington*; ao meu amigo *Eduardo* do Programa de Pós-Graduação em História da UFAM, pelas suas contribuições e apoio nas horas em que precisei.

Aos Coordenadores do Programa, *Professora Doutora Amélia Regina Batista Nogueira* e o *Professor Doutor Manuel de Jesus Masulo da Cruz*, pelos incentivos, apoio, competência e, acima de tudo, confiança nos discentes do Programa.

Ao meu amigo e companheiro *Glauber Pires*, professor do Instituto Federal do Amazonas, por suas contribuições e irrestrito apoio. Ao meu amigo professor *Jucélio Bernardo*, pelas conversas e indicações bibliográficas acerca do trabalho.

Ao *Professor Doutor Reinaldo Corrêa Costa*, do INPA, por suas indicações bibliográficas e apoio. Aos meus amigos que participaram direta ou indiretamente e contribuíram de forma significativa ao êxito desse trabalho.

Aos Professores do Departamento de Geografia da UFAM, em especial, às *professoras doutoras Jesuete Pachêco Brandão e Adoréa Rebello da Cunha Albuquerque* por suas relevantes contribuições na Qualificação.

À *FAPEAM*, pela concessão da bolsa de estudos, que foi bastante relevante ao desenvolvimento da pesquisa.

“O ser humano é do tamanho dos seus sonhos”.

(Provérbio oriental)

RESUMO

A presente pesquisa teve como objeto de estudo o processo de voçorocamento nas estradas AM – 330 em Silves e AM – 363 em Itapiranga, pertencentes à Região Metropolitana de Manaus (RMM). Realizou-se na referida pesquisa um mapeamento a respeito dos impactos ambientais decorrentes da ação das voçorocas ao longo dessas vias. O processo de voçorocamento observado apresentou como principais impactos o avanço das voçorocas em direção às estradas, que resultou também no assoreamento dos canais nas proximidades das vias. A pesquisa acerca do processo de voçorocamento apresenta relevância diante dos vários problemas causados por consequência de seu dinamismo, pois ocorre com muita frequência em áreas urbanas e em estradas/estradas na Amazônia. O surgimento e a expansão das voçorocas são condicionados por elementos naturais (erodibilidade, erosividade) e pela ação antrópica, os quais provocaram diversas modificações na paisagem, bem como alterações na dinâmica das incisões. Foram utilizados equipamentos para a obtenção dos dados, como: o trado, o pluviômetro, o GPS, o cislhómetro, o penetrômetro de impacto, o infiltrômetro e o phmetro. Estes foram utilizados para obter as amostras de solo; para medição da quantidade de chuva; para identificar a localização geográfica das incisões; obter o cisalhamento do solo; medir a penetração ao solo; medir a infiltração no solo; obter o nível de acidez do solo, respectivamente. Durante a caracterização da área de estudo foram observadas as principais informações a respeito das voçorocas, como comprimento, largura, profundidade, declividade do terreno, além das características físicas: geologia, geomorfologia, clima, hidrografia, solo e vegetação. O trabalho está organizado em quatro capítulos divididos assim: o primeiro trata das discussões sobre as definições sobre voçorocas; o segundo aborda sobre as características naturais da área de estudo; o terceiro explica sobre a metodologia adotada como os equipamentos utilizados em campo, a abordagem científica seguida entre outros; o quarto e último relata os resultados provenientes da metodologia e as respostas a respeito das possibilidades do surgimento das incisões e em alguns casos a expansão ou diminuição de algumas feições. Tanto no surgimento das novas feições quanto no aumento do tamanho destas, o fator preponderante foi alterações na drenagem pluvial e, conseqüentemente, no escoamento superficial e a pavimentação das estradas também contribuiu para as mudanças na dinâmica das novas incisões.

Palavras-chave: Voçorocas; Estradas; Impactos ambientais.

ABSTRACT

This research has as its object of study the process of voçorocamento roads AM - 330 AM and in Silves - 363 in Itapiranga belonging to the Metropolitan Region of Manaus (RMM). Was held in the said survey mapping regarding the environmental impacts of the action of gullies along these pathways. The process observed voçorocamento presented as main impacts the advancement of gullies towards the roads, which also resulted in the silting of canals in the vicinity of roads. The research about the process of voçorocamento has relevance on the various problems caused as a result of its dynamism, since it occurs very frequently in urban areas and highways / roads in the Amazon. The emergence and expansion of gullies are conditioned by natural (erodibility erossividade) and anthropogenic action elements, which led to several changes in the landscape, as well as changes in the dynamics of the incisions. Equipment for data collection were used, as the auger, the rain gauge, GPS, cisalhômetro, the impact penetrometer, the infiltrometer and the phmetrer. These were used for soil samples; measuring the amount of rain; to identify the geographic location of the incisions; to obtain the shear of the soil; measuring the penetration soil; measuring soil infiltration; obtaining the level of acidity of the soil, respectively. Geology, geomorphology, climate, hydrology, soil and vegetation: During the characterization of the study area the main information about the gullies, such as length, width, depth, slope of the land, beyond the physical characteristics were observed. The paper is organized in four chapters divided thus: the first deals with discussions about the definitions of gullies; the second focuses on the natural characteristics of the study area; the third explains the methodology adopted as the equipment used in the field, the scientific approach among others; the fourth and final reports results from the methodology and the answers about the possibilities of the emergence of the incisions and in some cases the expansion or reduction of some features. Both the emergence of the new features in the increase of the size of these, the major factor was changes in storm drainage and hence the runoff and the paving of roads also contributed to the changes in the dynamics of new incisions.

Keywords: Gullies; Roads; Environmental impacts.

SUMÁRIO

Página

INTRODUÇÃO	14
CAPITULO I	16
1 FUNDAMENTACAO TEORICA	16
1.1 Erosao dos Solos	16
1.2 Fatores controladores da erosão dos solos	16
1.2.1 Erosividade da chuva	17
1.2.2 Cobertura Vegetal	17
1.2.3 Características das encostas	18
1.2.4 Propriedade do solo	18
1.2.5 Erodibilidade do solo	19
1.2.6 Textura	19
1.2.7 Densidade aparente	19
1.2.8 Densidade real	20
1.2.9 Porosidade	20
1.2.10 Teor dos agregados	21
1.2.11 Teor de matéria orgânica	21
1.2.12 Estabilidade dos agregados	21
1.2.13 Ph dos solos	22
1.3 Voçorocas	22
1.3.1 Classificação das voçorocas quanto ao tipo;	24
1.3.2 Classificação das voçorocas quanto ao tamanho	25
1.3.3 Classificação das voçorocas quanto à forma	25
1.4 Ação antrópica	27
1.5 Outras Incisões Erosivas	27
1.5.1 Ravinas	27
1.5.2 Sulcos	28
CAPÍTULO II	30
2 ÁREA DE ESTUDO	30
2.1 Geologia	32
2.2 Geomorfologia	33
2.3 Clima	33
2.4 Hidrografia	34
2.5 Vegetação	36
2.6 Solo	36
CAPITULO III	39
3 METOLOGIA	39
3.1 Mapeamento das voçorocas	39
3.2 Monitoramento das voçorocas	39
3.2.1 Testes de infiltração da água no solo	40
3.2.2 Testes de penetração da resistência do solo	41

3.3	Caracterização dos aspectos físico-naturais da área	49
	CAPÍTULO IV	50
4	RESULTADOS	50
4.1	Distribuição das voçorocas nas AM-330 e AM-363	50
4.2	Voçorocas e o grau de risco	52
4.3	Teste de infiltração e penetração	60
4.4	Pluviosidade	64
4.5	Características das voçorocas	67
4.6	Granulação do solo	80
4.7	pH do solo	81
	CONCLUSÃO	82
	REFERÊNCIAS	84
	ANEXOS	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 01	Classificação das Voçorocas por tamanho	25
Quadro 02	Cálculo de temperatura da EMBRAPA	48
Quadro 03	Mensuração dos riscos em direção à pista	52
Quadro 04	Teste de infiltração (AM-363)	61
Quadro 05	Teste de infiltração (AM-330)	61
Quadro 06	Pluviometria Mensal do INMET	64
Quadro 07	Pluviometria Mensal do Pluviômetro no Km 51	65
Quadro 08	Dimensão, tipo e forma das voçorocas	68
Quadro 09	Mensuração dos riscos	71
Quadro 10	Mensuração dos riscos referentes às 24 feições	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de voçorocas	25
Figura 2	Formas de voçorocas	26
Figura 3	Processo de voçorocamento	27
Figura 4	Feições erosivas do tipo ravina	28
Figura 5	Presença de sulcos	29
Figura 6	Exemplo de sulcos	29
Figura 7	Mapa da área de estudos	31
Figura 8	Relevo ondulado no km 62	33
Figura 9	Hidrografia detalhada das rodovias Am-363 e Am-330	35
Figura 10	Presença de latossolo amarelo na estrada Am-363	37
Figura 11	Alguns materiais utilizados em campo	40
Figura 12	Teste de infiltrômetro	41
Figura 13	Realização do teste da penetração no solo	42
Figura 14	Teste de cosalhômetro e pH do solo	43
Figura 15	Ficha de cadastramento/monitoramento das voçorocas	44
Figura 16	Mapa de localização das voçorocas	51
Figura 17	Mapa de mensuração dos riscos das voçorocas à pista	54
Figura 18	Gráfico de mensuração dos riscos	55
Figura 19	Gráfico de mensuração dos riscos da Am-330	56
Figura 20	Diagrama de inter-relação entre os fatores naturais	57
Figura 21	Porcentagem das voçorocas por estrada	58
Figura 22	Voçorocas quanto ao tipo	59
Figura 23	Voçorocas próximas à estrada	60
Figura 24	Gráfico de infiltração (Am-363)	62
Figura 25	Gráfico de infiltração (Am-330)	62
Figura 26	Gráfico de penetração	63
Figura 27	Dados pluviométricos de INMET	65
Figura 28	Dados pluviométricos do pluviômetro	66
Figura 29	Gráfico de pluviometria da Am-363	66
Figura 30	Gráfico das voçorocas quanto ao tipo	69
Figura 31	Gráfico das voçorocas quanto à forma	70

Figura 32	Voçorocas com mensuração de risco a curto prazo	71
Figura 33	Voçorocas com proximidade à pista	72
Figura 34	Voçorocas com solo encrostado	73
Figura 35	Voçorocas com desmoronamento	74
Figura 36	Voçorocas com vasta vegetação	74
Figura 37	Voçorocas do tipo grande	75
Figura 38	Voçorocas no Km 03 da rodovia Am-330	76
Figura 39	Voçorocas no Km 09 da rodovia Am-330	77
Figura 40	Voçorocas no Km 11 da rodovia Am-330	78
Figura 41	Gráfico da mensuração de risco das 24 feições	80
Figura 42	Tabela de cores do solo	81

LISTA DE SIGLAS

CIAMA- Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas
CPRM- Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais
EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FAPEAM- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas
IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET- Instituto Nacional de Meteorologia
IPT- Instituto de Pesquisas Técnicas
LATOSSOLO- Laboratório de Análise e Tratamento de Sedimentos e Solos
PNV- Plano Nacional de Viação
RMM- Região Metropolitana de Manaus
SEINFRA- Secretaria de Estado de Infraestrutura do Estado do Amazonas
SIPAM- Sistema de Proteção da Amazônia
SIVAM- Sistema de Vigilância da Amazônia
TFSA - Terra Fina Seca ao Ar
UFAM- Universidade Federal do Amazonas

INTRODUÇÃO

A expansão da rede urbana da cidade de Manaus, dos municípios adjacentes e de alguns mais distantes fez com que houvesse a necessidade de melhorias no acesso a estes. O asfaltamento das estradas tem o objetivo de minimizar os problemas da distância e do acesso, facilitando o transporte de pessoas, produtos e serviços. Com o asfaltamento das estradas estaduais AM-363 e a AM-330 em março de 2010, segundo a SEINFRA (Secretaria de Estado de Infraestrutura do Estado do Amazonas) houve a retirada de parte da cobertura vegetal nas referidas estradas. Acompanhando boa parte dessas vias, observa-se incisões erosivas, com destaque às voçorocas.

As voçorocas são o estágio mais representativo das ações erosivas. Segundo Vieira (2008), existem diversos estágios das feições, tais como: *splas*, sulcos, ravinas e as voçorocas. São consideradas voçorocas feições com mais de 1,5 metros de profundidade, com paredes verticais em forma de U e fundo plano (VIEIRA, 2008).

Nas referidas estradas, a intervenção do poder público nas vias de acesso, possuem elevados impactos ambientais decorrentes da impermeabilização das malhas viárias. Além da mudança na drenagem pluvial e, conseqüentemente, alterações no escoamento superficial, ocorrem mudanças na vegetação e no relevo local, decorrentes dos processos de erosão que aumentam a retirada das partículas do solo e ampliam os processos de deposição, ocasionando o surgimento de grandes feições erosivas e da morte de algumas espécies vegetais.

No contexto amazônico, as estradas apresentam importantes aspectos como social e econômico, pois as mesmas têm o papel de fazer ligações entre os municípios adjacentes e, também, a capital. Com a criação da Região Metropolitana de Manaus (RMM), também conhecida como Grande Manaus, foi criada pela Lei Complementar Estadual nº 52 de 30 de maio de 2007, é formada pela união de oito municípios: Manaus, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Novo Airão, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva.

O termo refere-se à extensão da capital amazonense com seus municípios vizinhos, apesar de distantes, e com baixa densidade demográfica, 21,44 hab./km² (Companhia de Desenvolvimento do Estado do Amazonas, 2014). Segundo o IBGE, sua população era de 2 316 173 habitantes até o Censo do ano de 2010, fazendo desta a segunda maior área metropolitana do Norte, atrás apenas de Belém e a 12^a de todo o país. As estradas estaduais são uma alternativa à intensa utilização do transporte fluvial devido às elevadas distâncias

predominantes na Bacia Amazônica e em seu entorno. Referindo-se às estradas objeto desta pesquisa, a recente pavimentação teria proporcionado mudanças nos aspectos geomorfológicos decorrentes das alterações do relevo mediante o “corte” e a terraplenagem. Essas intervenções antrópicas realizadas pelo Governo do Estado do Amazonas interferem e modificam a paisagem e a análise dessas mudanças, significativamente.

Os municípios de Silves e Itapiranga apresentam grande distância em relação à cidade de Manaus e a necessidade de intervenção por parte do Estado em facilitar o transporte de mercadorias e pessoas por veículos fez com que houvesse um elevado investimento de recursos em estradas no entorno da R.M.M. e no interior da ordem total de R\$ 66.687.199,45 (sessenta e seis milhões, seiscentos e oitenta e sete mil, cento e noventa e nove reais e quarenta e cinco centavos), de acordo com a SEINFRA (2005).

A estrada de Silves é uma estrada estadual pavimentada, codificada no Plano Nacional de Viação (PNV) e Sistema Rodoviário Estadual como Estrada AM-330 com extensão aproximada de 15 km. Já a Estrada da Várzea é codificada no PNV como AM-363 e beneficia diretamente os municípios de Silves e Itapiranga e indiretamente os municípios de São Sebastião do Uatumã e Urucará e apresenta extensão aproximada de 111 km (SEINFRA, 2005). Ambas iniciam com o número “3” e são chamadas de diagonais.

Fazendo-se analogia com outras estradas estaduais brasileiras, observa-se que por estas estradas não há apenas a melhoria ao acesso a estes municípios, bem como há também alterações no relevo, na hidrografia, na vegetação, no escoamento superficial e subsuperficial, nas precipitações, etc. Com a interação de diversos elementos naturais como a chuva, a erosão, o relevo, entre outros, e com a escala do tempo cronológico, houve intensos processos desde a pavimentação dessas estradas, provocando incisões erosivas do tipo voçorocas, que em alguns casos ocorreu por expansão de outra incisão erosiva do tipo ravinhas.

Tais incisões provocam no solo mudanças em sua dinâmica, em algumas áreas estão causando alerta aos veículos e essas incisões tendem a apresentar crescimento em direção à pista, podendo causar danos materiais caso não sejam adotadas medidas de contenção. As incisões erosivas do tipo voçorocas ocorrem ao longo de aproximadamente 126 km de extensão que apresentam as duas estradas, sendo que aproximadamente 111 km até o acesso ao município de Itapiranga e aproximadamente 15 km até o acesso ao município de Silves. Um dos elementos naturais imprescindíveis ao surgimento das voçorocas é a chuva, que durante o seu período mais intenso, entre os meses de dezembro a abril provocam em algumas incisões o crescimento do seu tamanho em comprimento, largura e profundidade.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Erosão dos solos

De acordo com Vieira (2008), o processo erosivo ocorre pelo desgaste e transporte dos sedimentos. O início do processo erosivo se dá com a ação do *splash*, ou *salpicamento*, formando, dessa forma, crostas na superfície dificultando, assim, a infiltração, formando-se poças – *ponds* (VITTE e GUERRA, 2004). Os processos erosivos podem originar diversas feições, como: sulcos, ravinas e voçorocas (VIEIRA, 2008).

1.2 Fatores controladores da erosão dos solos

A erosão dos solos é um importante processo responsável por consideráveis mudanças na paisagem geográfica. Para sua ocorrência e necessário que muitos elementos naturais ajam simultaneamente

Os agentes erosivos, tais como: a água da chuva, vento, ação antrópica são importantes por controlar os efeitos do desgaste no solo, provocados pela erosão e como consequência originam incisões dos tipos sulcos, ravinas e voçorocas. Eles apresentam papel determinante nas variações dos níveis de erosão, sendo que as interações entre os mesmos proporcionam maior ou menor desgaste do solo num determinado lugar como observou-se em muitos lugares, nos quais a modelagem no relevo é bastante intensa e pouco intensa, dependendo da atuação conjunta desses fatores. Os fatores que controlam a erosão dos solos são: erosividade da chuva, propriedades do solo, características das encostas e cobertura vegetal (GUERRA e GUERRA, 2011).

A ação antrópica também é um fator que altera consideravelmente a dinâmica dos processos erosivos mediante os elementos artificiais que transformam, modificam, modelam e alteram o espaço geográfico. A seguir serão realizadas discussões a respeito desses fatores. A erosão e seus desdobramentos nos solos fazem parte da paisagem geográfica e ocorrem de acordo com importantes elementos naturais, como o clima, o relevo, a hidrografia e a ação antrópica dependendo da região do globo onde se localizam os lugares.

Segundo Thornes (1980), os mecanismos dos processos erosivos básicos variam no tempo e no espaço e a erosão ocorre a partir do momento em que as forças que removem e transportam materiais excedem aquelas que tendem a resistir à remoção.

A água é um importante elemento natural e atua como agente modelador do relevo terrestre. Apresenta papel imprescindível nas mudanças sofridas pelas novas formas do relevo, e, neste processo, há variações segundo alguns elementos como a intensidade das chuvas, o grau de compactação do solo, o período da chuva, o tamanho das gotas, a ausência ou presença da cobertura vegetal, a porosidade dos solos, etc. O escoamento superficial e subsuperficial são importantes mecanismos da erosão. O primeiro consiste na saturação que o solo sofre quando a capacidade de infiltração é excedida e o segundo apresenta consequências de erosão em fluxos concentrados provocando o desgaste da superfície localizada acima, resultando na formação das voçorocas.

1.2.1 Erosividade da chuva

Consiste na capacidade que tem a chuva de provocar erosão e depende de alguns aspectos, tais como o total e a intensidade precipitada, o momento, a energia cinética e o tamanho e a velocidade das gotas de chuva (EVANS *apud* GUERRA, 1994).

Guerra e Guerra (2011) definem como sendo a propriedade que as águas das chuvas têm em provocar a erosão dos solos. Pode ser medida através da *energia cinética* das águas das chuvas. A maior ou menor erosividade depende, não apenas da intensidade da chuva, mas também, da quantidade total de chuva, precipitada em uma determinada área, considerando o tempo de cada evento chuvoso (GUERRA E GUERRA, 2011).

Este fator não apresenta nenhum tipo de controle, uma vez que a chuva se forma de maneira natural dependendo do estado atmosférico, sem interferência nem previsão de como será a intensidade que a água da chuva irá causar ou calcular antecipadamente os custos com as correções para o solo, por exemplo. Alguns lugares têm maior susceptibilidade às chuvas dependendo da localização geográfica e de acordo com sua latitude.

1.2.2 Cobertura vegetal

De acordo com Guerra *et al.* (2007), a vegetação apresenta papel fundamental na relação com a erosão dos solos, pois, sua retirada de forma parcial ou total acarreta numa

aceleração de absorção da água no solo que está exposto e propício para ocorrer os processos erosivos de maneira mais rápida e intensa. Muitos problemas ocorrem com a sua retirada parcial ou total, pois, os tipos de vegetação são responsáveis por absorver consideráveis níveis de água, impedindo que o solo fique completamente exposto e encharcado.

Em áreas montanhosas e serranas quando há esse tipo de problema são frequentes os movimentos de massa, pois, a água infiltra no solo e este fica pesado chegando ao ponto em que o peso fica excessivo e ocorrem os deslizamentos que proporcionam danos tanto físicos quanto humanos, sendo que as ocupações irregulares e a omissão do Poder Público favorecem muitos problemas desta natureza em nível nacional.

1.2.3 Características das encostas

As encostas apresentam suas características específicas de acordo com a sua localização. Entre essas características destacam-se o formato, a declividade e o comprimento. Quando as encostas apresentam elevado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, possibilitando o escoamento superficial (BIGARELLA e MAZUCHOWSKI, 1985).

A declividade das encostas tem efeito positivo nas taxas de infiltração, provando através da obtenção de menores taxas de formação de crostas, nas declividades maiores que elevam a porosidade dos solos (POESEN, 1984). Hadley *et al.* (1985) afirma que a perda total de solo representa uma combinação da erosão por ravinamento causada pelo impacto das gotas de chuva, sendo influenciados pela declividade das encostas, que é resultante da velocidade do *runoff*.

1.2.4 Propriedades do solo

Entre as características do solo pode-se destacar suas propriedades. São elas: teor de areia, silte e argila que constituem a textura do solo; teor e estabilidade dos agregados; teor de matéria orgânica; densidade aparente e real; porosidade; permeabilidade; estrutura e pH dos solos.

Segundo o estudo destas propriedades apresentam grande importância à agricultura, Geomorfologia, Ecologia, Pedologia entre outras, pois, influenciam na produtividade do solo

e na susceptibilidade do mesmo aos processos erosivos e são determinadas em campo e em laboratório (GUERRA e GUERRA, 2011).

As diversas peculiaridades dos solos presentes em suas propriedades causam grandes interações ao longo do tempo, fazendo com que os mesmos apresentem maior ou menor vulnerabilidade de sofrer os processos erosivos.

1.2.5 Erodibilidade do solo

De acordo com Vieira (2008), a erodibilidade do solo é a susceptibilidade que os solos têm de ser erodidos, com as propriedades do solo facilitando ou dificultando a ação da energia cinética das águas das chuvas e do escoamento superficial. Dentre as propriedades dos solos que apresentam influência na erodibilidade destaca-se: textura; densidade aparente e real; porosidade; teor e estabilidade dos agregados; teor de matéria orgânica e o pH dos solos.

1.2.6 Textura

A textura refere-se à proporção de argila, silte e areia do solo. Dessas frações, a argila é a que possui maior superfície específica e é de natureza coloidal, com alta retenção de cátions e absorção de fósforo (Lepsch, 2011). A fração de argila representa a maior parte da fase sólida do solo e é constituída de uma gama variada de minerais (minerais de argila) que apresentam cargas elétricas negativas responsáveis pela capacidade de troca de cátions.

A textura do solo é estudada pela análise granulométrica, a qual permite classificar os componentes sólidos em classes de acordo com seu diâmetro. A parte sólida do solo é constituída por material inorgânico e orgânico, geralmente ligados intimamente. Em certos solos o material inorgânico sólido é constituído por partículas grosseiras, dando-lhes aspecto cascalhento ou arenoso; em outros, predominam as frações coloidais, dando ao solo características argilosas. A argila, a matéria orgânica, o calcário e os sesquióxidos de ferro e alumínio funcionam como agentes cimentantes, agregando as demais partículas (KIEHL, 1979).

1.2.7 Densidade aparente

Densidade do solo (d) ou densidade aparente ou global é a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a 110 °C e o volume dessa amostra não deformada, incluindo os espaços

ocupados pelo ar e pela água. Também conhecida como massa específica aparente, geralmente é expressa em g/cm³ (Lepsch, 2011).

Também chamada de densidade do solo, apresenta elevações em seus níveis, devido às atividades agrícolas que leva ao uso excessivo do solo, como plantio de grandes áreas e o uso das pesadas máquinas que aumentam consideravelmente a compactação do solo, e conseqüentemente, diminui a capacidade de infiltração da água. Constitui-se no índice que indica a maior ou menor compactação do solo podendo ser determinada mediante retirada de amostra indeformada utilizando-se para isso o *anel de Kopeck*.

Após retirada da amostra indeformada e o solo encontrar-se seco na estufa, ocorre a divisão do peso do solo pelo volume do anel (GUERRA e CUNHA, 2011). Para se encontrar a quantidade da mesma usa-se a fórmula: massa/volume (g/cm³). O valor da massa dividida ao valor do volume, o resultado se dará em unidade grama por centímetro cúbico.

1.2.8 Densidade real

Diferente da densidade aparente, a densidade real é a densidade dos minerais; geralmente ocorre uma variação entre 2,4 e 2,8 e o valor aproximado de 2,65 g/cm³ que é o mais comum. A mesma consiste numa propriedade apresentada pelos minerais, na qual os mesmos tendem dificultar a remoção e o transporte das partículas (GUERRA e CUNHA, 2011). O valor é encontrado de acordo com a fórmula, onde:

$D_r = m/50 - v.a.g.$ (densidade real é igual ao valor da massa dividido por cinquenta, o resultado é subtraído ao valor do álcool que foi gasto).

1.2.9 Porosidade

É a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo e representa uma importante propriedade do solo e relaciona-se com os níveis de absorção de água. Os solos muito permeáveis apresentam elevada taxa de porosidade, já os impermeáveis não apresentam porosidade, pois, a água não consegue penetrar, não preenchendo os espaços dos agregados.

Segundo Lepsch (2011) refere-se ao espaço, entre e dentro dos agregados, ocupado pelo ar ou pela água do solo. Um horizonte mineral do solo com boa porosidade do solo apresentará aproximadamente 50% de seu volume ocupado pelos poros. A porosidade é medida através da fórmula, onde:

V.P.T. = % do volume dos poros totais, sendo expresso através de $[1-(d_s-d_p/d_s)] \times 100$, no qual d_s é a densidade do solo ou densidade aparente, d_p é a densidade das partículas.

1.2.10 Teor dos agregados

É a percentagem de agregados que existem no solo. Apresenta dependência com relação ao teor de matéria orgânica e do teor de argila. Um solo pode apresentar elevado teor de agregados, todavia, a estabilidade dos mesmos pode ser baixa (GUERRA e CUNHA, 2011). Os tipos de agregados, sua composição e estabilidade definem parte das características do solo.

São dependentes do teor de matéria orgânica e do teor de argila. Um solo pode apresentar elevado teor de agregados, mas, pode apresentar baixa estabilidade dos mesmos, pois ao entrar em contato direto com a ação das gotas de chuva, ou com o solo molhado, há o rompimento destes (GUERRA e GUERRA, 2011).

1.2.11 Teor de matéria orgânica

A matéria orgânica é muito importante para o solo, pois envolve a interação de importantes elementos naturais como a chuva e, também, a atuação de muitos seres vivos responsáveis pelo equilíbrio de muitas características do solo. É a quantidade de matéria orgânica decomposta existente em um solo, relacionando à quantidade de partículas minerais também existentes na porção do mesmo (GUERRA e CUNHA, 2011).

Consiste na quantidade decomposta presente no solo com relação à quantidade de partículas minerais existentes na mesma porção de solo. Depende de muitas variáveis, a principal delas é a presença de cobertura vegetal e a fauna que existe em cima e dentro do solo (GUERRA e GUERRA, 2011).

Quanto mais uma área é desmatada ocorre, gradativamente, a diminuição deste tipo de matéria, pois ocorre também queda no número dos nutrientes, afetando diretamente a capacidade produtiva e a manutenção natural fértil dos solos.

1.2.12 Estabilidade dos agregados

Segundo Guerra (1998) as taxas de erodibilidade do solo dependem, além de outros fatores, da estabilidade dos agregados, que se for baixa, os agregados se rompem facilmente,

podendo formar crostas na superfície do solo, dificultando a infiltração e aumentando o escoamento superficial.

Agregados estáveis em água dificultam o rompimento e separação de partículas menores, evitando a selagem superficial, mantendo sempre elevada a infiltração no topo do solo (GUERRA, 1998).

1.2.13 pH dos solos

Esta importante propriedade do solo está presente em diversas substâncias na natureza. Através dessa propriedade pode ser medida a acidez do solo, o potencial hidrogênico ou potencial de hidrogênio ocorre em meios líquidos. Segundo Lepsch (2011) é uma medida que permite descrever o caráter ácido ou básico na qual predomina num meio aquoso, tendo em conta o seu valor determinado numa escala de 0 a 14. O pH entre 0 e 7 é ácido; entre 7 e 14 será básico; e igual a 7 será considerado neutro, pois há concentrações iguais de hidrogênio e (H+) e de hidroxilas (OH-) e essa concentração é igual a 10^{-7} ou 0,0000001 mols por litro.

O pH das amostras recolhidas ficou entre 0 e 7 que é ácido, contribuindo para o aumento do processo erosivo.

1.3 Voçorocas

São importantes feições erosivas provocadas pela ação natural e pode ser desencadeada pela ação antrópica responsável por mudanças sobre os tipos de solos. Estas mesmas ocorrem nos ambientes rurais e urbanos e são responsáveis por consideráveis alterações na paisagem geográfica.

Segundo a classificação utilizada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), as voçorocas apresentam como características principais a queda em bloco e afloramento do lençol freático e/ou surgência de água, não estando neste último caso sua definição ligada a parâmetros dimensionais, como comprimento, largura e profundidade (Vieira, 2008).

Canil *et al* (1995) descrevem como sendo resultantes da ação combinada de escoamento superficial e subterrâneo, sendo canais profundos que apresentam paredes irregulares e perfil transversal em “U”.

Para Cavaguti (1994), a definição que classifica uma incisão erosiva como voçoroca consiste quando se tem canais que são esculpidos pelo afloramento do lençol freático.

Coelho Netto (1998) afirma que este tipo de erosão é causado por vários mecanismos que atuam em diferentes escalas temporais e espaciais. Todos derivam de rotas tomadas pelos fluxos de água, que podem ocorrer na superfície ou em subsuperfície.

Guerra (2011) no Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico define voçoroca como sendo escavação ou rasgão do solo ou de rocha decomposta, ocasionado pela erosão do lençol de escoamento superficial. Quando em grande número e relativamente paralelas, dão aparecimento a verdadeiras áreas de *badlands* (terras impróprias para agricultura que foram erodidas pela erosão pluvial).

De acordo com Lozet e Mathieu (2002) são depressões originadas pela ação do escoamento concentrado da água e que não pode ser combatida por meio de instrumentos de arado. Pode apresentar profundidade entre 1 e 12 m e a largura pode alcançar mais de 30 m.

Segundo Oliveira (1999), voçorocas são canais incisos naturais resultantes de alterações naturais ou causados pela ação antrópica, com profundidade e largura superiores a 0,50 m.

Ainda sobre os conceitos acerca das voçorocas, segundo Guerra (1998), são incisões erosivas superiores a 50 cm de largura e profundidade. De acordo com Neboit (1983), a expressão erosão acelerada dos solos algumas vezes fazem referência às voçorocas, pois é resultado da intervenção antrópica, também sendo responsável no caso de abertura e pavimentação de estradas e estradas que apresentam impactos na paisagem e na dinâmica de alguns elementos naturais.

Selby (1994) salienta que voçorocas se formam quando um pequeno grupo de fatores conjuga-se em áreas submetidas a mudanças ambientais como aumento local de declividade, concentração de fluxos de água e remoção de cobertura vegetal.

Segundo Guerra e Cunha (2011):

[...] As voçorocas são características erosivas relativamente permanentes nas encostas, possuindo paredes íngremes e, em geral, fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os eventos chuvosos. Algumas vezes, as voçorocas se aprofundam tanto, que chegam a atingir o lençol freático. Comparando com os canais fluviais, as voçorocas possuem, geralmente, maior profundidade e menor largura. Elas estão associadas com processos de erosão acelerada e, dessa forma, com a instabilidade da paisagem (GUERRA e CUNHA, 2011, p. 183-184).

Segundo Vieira (2008), “uma voçoroca pode ser caracterizada como uma incisão erosiva que apresenta queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando secção transversal em U e profundidade superior a 1,5 m ”.

Segundo Vieira (1998):

[...] Quanto às formas das voçorocas, estas podem ser classificadas em linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular [...] são mais correntes em Manaus: linear, bifurcada, ramificada, irregular e retangular. Cada forma é resultante de processos específicos e das condições ambientais do local de ocorrência, tais como: geologia, (litologia e estrutura), drenagem superficial ou subsuperficial (VIEIRA, 1998, p.45).

Será adotada neste trabalho esta classificação de voçoroca descrita por Vieira (2008), bem como a definição das mesmas.

As voçorocas são feições erosivas que ocorrem quando há a retirada total ou parcial da cobertura vegetal para execução de obras, tais como asfaltamento de estradas, construção de conjuntos residenciais, entre outros. Em seu estágio inicial algumas podem originar-se como ravinas e estas se apresentam geralmente paralelas formando fendas com elevada infiltração chamados sulcos. Os sulcos presentes nas ravinas com o passar do tempo e da quantidade de água recebida vão se expandindo em comprimento, largura, profundidade e altura, ficando com fundo de certo modo plano, paredes verticais e com quedas em bloco, formando as incisões erosivas denominadas voçorocas.

1.3.1 Classificação das voçorocas quanto ao tipo

As voçorocas se apresentam com seus distintos tipos. Segundo Oliveira (1989) são três: conectadas, desconectadas e integradas. As do tipo conectadas poderiam estar associadas ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo nas partes mais baixas da encosta, podendo ser canais de primeira ordem; as do tipo desconectadas encontram-se na parte superior da encosta e poderiam estar ligadas ao escoamento superficial e não poderia ainda ser consideradas um canal de primeira ordem, pelo fato de não estarem ligadas à rede de drenagem; as do tipo integradas é a junção das conectadas com as desconectadas, formando uma única incisão. Na figura abaixo há os 3 (três) tipos relatados anteriormente:

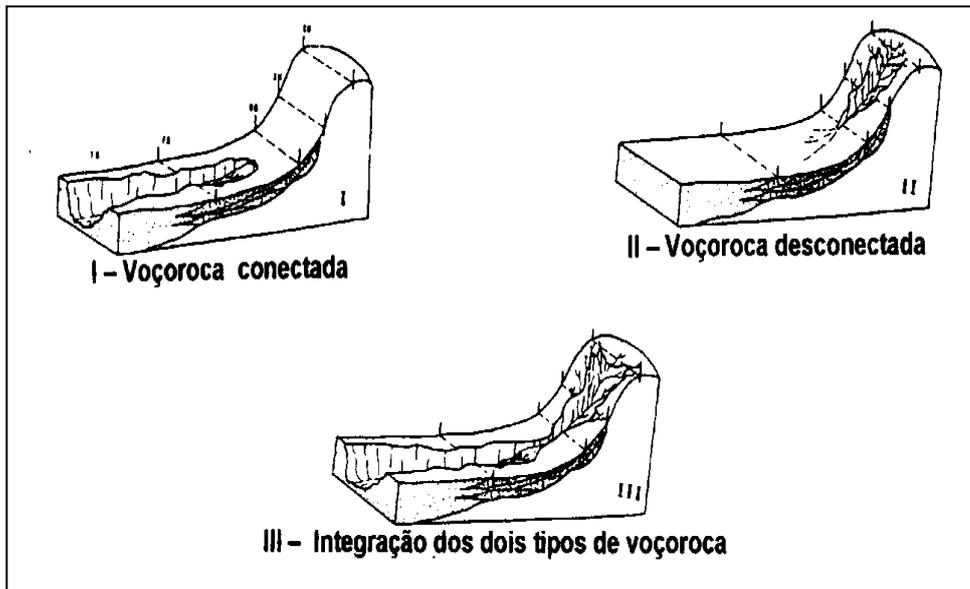


Figura 01: Tipos de voçorocas.

Fonte: Oliveira, 1989.

1.3.2 Classificação das voçorocas quanto ao tamanho

As voçorocas apresentam uma classificação quanto ao seu tamanho, que é definido de acordo com o volume erodido. Segundo Vieira e Albuquerque (2004), o quadro abaixo mostra o tamanho de cada voçoroca de acordo com cada ordem (quadro 01).

Ordem	Volume erodido	Tamanho
01	até 999 m ³	Muito pequena
02	de 1.000 m ³ até 9.999 m ³	Pequena
03	entre 10.000 e 19.999 m ³	Média
04	entre 20.000 e 40.000 m ³	Grande
05	mais de 40.000 m ³	Muito grande

Quadro 01: Classificação das voçorocas por tamanho (volume erodido).

Fonte: Vieira e Albuquerque (2004).

1.3.3 Classificação das voçorocas quanto à forma

As formas das voçorocas e a figura de cada uma estão na figura 04:

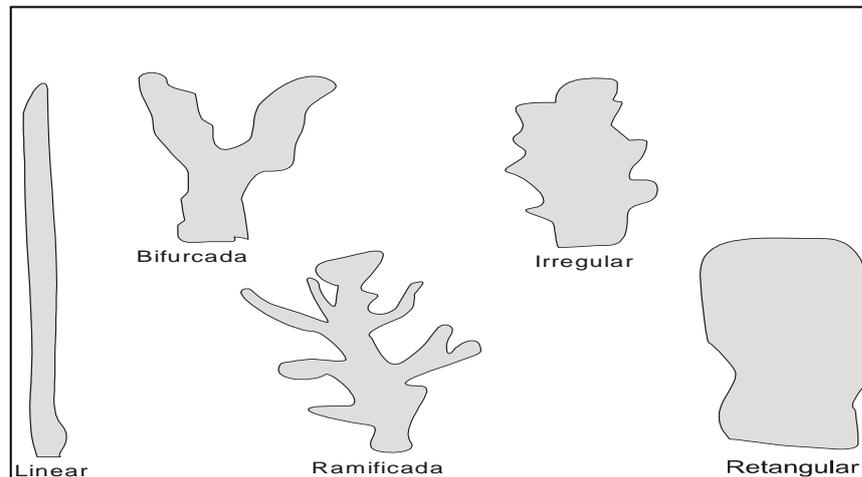


Figura 02: Formas das voçorocas.
Fonte: Vieira, 2008.

Entre as formas mostradas acima a que ocorre com maior frequência nas estradas objeto do trabalho são as retangulares com um total de 18 (dezoito) incisões, as ramificadas com 5 (cinco) incisões. Relevantes aspectos ambientais contribuem para cada forma, tais como a geologia, o relevo, o solo, a cobertura vegetal e a drenagem superficial/subsuperficial.

1.3.4 Relação estradas x voçorocas

O asfaltamento da estrada e o escoamento pluvial provavelmente são os aspectos responsáveis pela dinâmica e surgimento das voçorocas. Pode-se destacar alguns impactos diretos como a perda de área e o assoreamento de cursos d'água dos fundos de vale.

Dos vários impactos resultantes das estradas e que podem ocorrer no ambiente natural destaca-se os incêndios nas faixas marginais, poluição e assoreamento de ambientes aquáticos; e, também, os impactos no meio físico podem ser observados pela retirada de solos, indução a processos erosivos (com destaque para os voçorocamentos) e a movimentos de massa nos taludes, instabilidade de taludes com abertura de cortes nos interflúvios, rompimento de fundações, terraplenagem, rebaixamento do lençol freático, risco à qualidade de água superficial (aumento da turbidez) e subterrânea por concentração de poluentes, assoreamento de terrenos naturais, bacias de drenagem e cursos d'água e os alagamentos decorrentes do represamento promovido pelo sistema de drenagem como as tubulações subdimensionadas quanto à vazão das águas dos cursos d'água. (BANDEIRA e FLORIANO, 2004).

Os impactos ambientais significativos geralmente ocorrem na área de influência direta da estrada (TAVARES *et al.*, 2010), a totalidade desses impactos ambientais, seja ao meio socioeconômico, biótico ou físico constituem-se nos chamados passivos ambientais (MILLER

JR, 2007). Trepel (2006) atesta que estes representam o conjunto de degradações constituído por externalidades geradas pela existência da estrada sobre terceiros e por terceiros sobre a estrada (Figura).



Figura 03: Processo de voçorocamento (setas amarelas) na AM-330 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

1.4 Ação antrópica

Também chamada de antropogênica, ou seja, é a ação ou as ações causadas pela interferência do homem sobre o espaço geográfico, causando impactos ao meio natural e aos seres vivos que nele habitam. Esta ação tem influência direta sobre as mudanças nas paisagens, como as construções e as obras realizadas pelo poder público com o objetivo de suprir algumas necessidades as quais os habitantes apresentam. Entre essas obras destacam-se as estradas, que são fundamentais à ligação e diminuição dos percursos entre produtos, serviços e pessoas.

Na Amazônia as estradas apresentam um papel ainda mais importante devido à grande distância com relação aos demais estados brasileiros e às grandes distâncias dentro de um mesmo estado e também aos estados vizinhos.

1.5 Outras Incisões Erosivas

1.5.1 Ravinas

Na erosão dos solos do tipo ravinas, dois fatores são os causadores para a aceleração destas: o desmatamento e o uso da terra às atividades ligadas à agricultura. São formadas a

partir do aumento da velocidade da água na encosta e esta supera 30 cm/s (Ellison *apud* Savat, 1979).

Segundo Morgan (1986), as ravinas podem estar associadas à saturação do escoamento superficial, ao invés de estarem relacionadas ao fluxo hortoniano. Para Savat (1979), a interação entre os eventos chuvosos e os fluxos principais de água pode aumentar a probabilidade de formação e ampliação da rede de ravinas numa determinada encosta. Este tipo de incisão apresenta relação direta com as voçorocas.



Figura 04: Feições erosivas do tipo ravinas na AM-363 (setas amarelas). Setembro de 2013.
Fonte: Do autor.

1.5.2 Sulcos

Também chamados de *rills* equivalem a pequenos canais de algumas polegadas de profundidade que se formam pela ação do escoamento superficial da água (SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 1975, *apud* Vieira, 2008). Esses canais são formados quando as águas pluviais acumulam, ocorrendo a concentração nas depressões e depois adotam um caminho mínimo de resistência (FAO, 1967).

Essas incisões também apresentam a característica de serem destruídas por máquinas agrícolas mediante o elevado peso, ocasionando a compactação do solo. Abaixo é mostrado exemplo de erosão em estágio avançado com a presença de sulcos, como era esta estrada antes do asfaltamento:



Figura 05: Presença de sulcos (setas amarelas) na estrada AM-330 em outubro de 2005.
Fonte: SEINFRA, 2005.

A seguir é mostrada a figura (06) com o mesmo trecho da figura anterior, todavia, a mesma já asfaltada, observando-se, algumas diferenças nos aspectos físicos:



Figura 06: Exemplos de sulcos (setas amarelas) na estrada AM-330 (Silves) já asfaltada.
Fonte: Emerson D. da Silva, 2013.

Na figura 06 é possível identificar lateralmente a formação de sulcos posteriormente à pavimentação da estrada identificada na legenda. Na foto anterior a esta os sulcos eram mais profundos e maiores devido ao escoamento mais intenso e a penetração das águas pluviais.

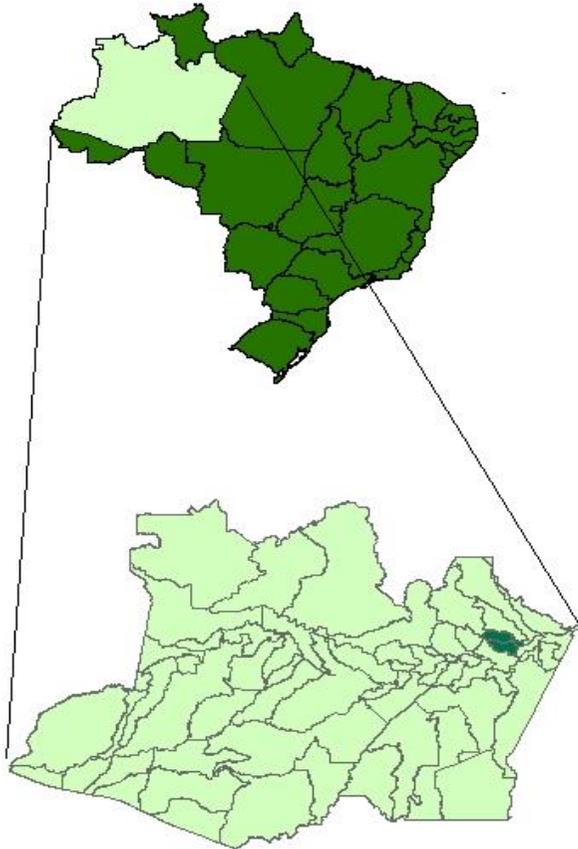
CAPÍTULO II

2 ÁREA DE ESTUDO

O município de Itapiranga localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: latitude 02° 44' 56" S e longitude 58° 01' 19" W. O mesmo apresenta os seguintes municípios vizinhos: São Sebastião do Uatumã, Uruará, Urucurituba, Silves, Itacoatiara, Rio Preto da Eva e Presidente Figueiredo e as distâncias com relação a Manaus são as seguintes: 180 km (em linha reta); 337 km (via terrestre); 233 (via fluvial).

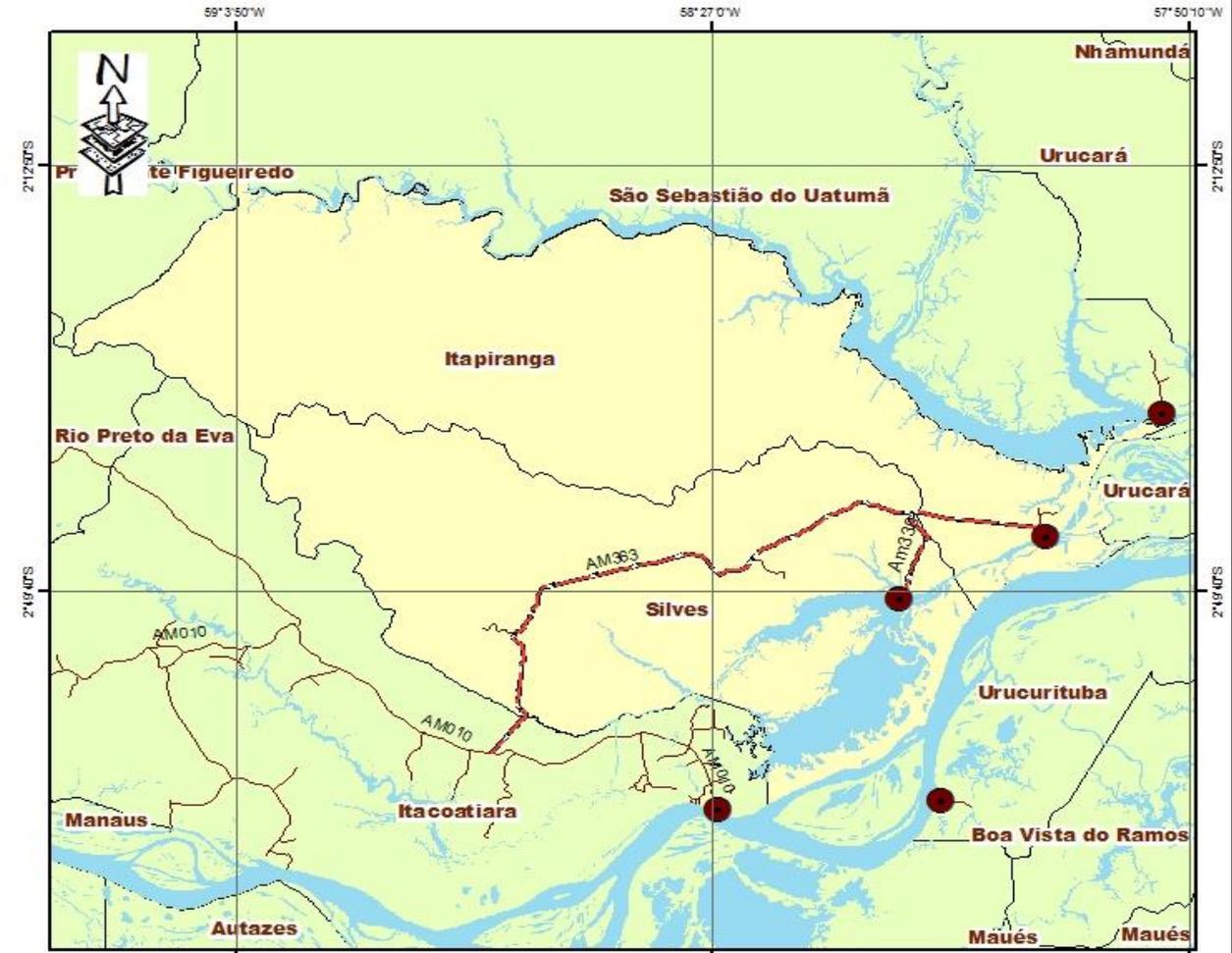
Já o município de Silves localiza-se nas coordenadas geográficas: latitude 02°50' 20" S e longitude 58° 12' 33" W. Os municípios vizinhos são: Itapiranga, Urucurituba e Itacoatiara e são as seguintes as distâncias de Manaus: em linha reta (222 km); via terrestre (283 km); via fluvial (231 km).

ÁREA DE ESTUDO

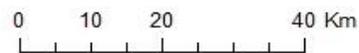


Legenda

- Sede Municipal
- Rodovias
- AM 363 e 330
- Hidrografia
- Limite Municipal
- Itapiranga
- Silves



1:900.000



Organização: Anne Caroline Marinho Diranne, 2014.

2.1 Geologia

A região de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, porção leste do estado do Amazonas, apresenta uma forte estruturação tectônica condicionada pelo Lineamento do rio Madeira, com orientação NE-SW. Conforme Igreja e Catique (1997), Silva (2005) e mais recentemente Brito-Silva *et al.* (2010). Algumas pesquisas têm demonstrado que essa feição tectônica condiciona fortemente a orientação do rio Madeira, caracterizada como um sistema transcorrente destal ativo no Cenozóico (Quadros *et al.*, 1996, Souza Filho *et al.*, 1999). Na região de estudo, Igreja e Catique (1997) descreveram feições morfoestruturais e as correlacionaram ao controle na paisagem no município de Itacoatiara.

A área de estudo pertence à cobertura sedimentar Fanerozóica da Bacia do Amazonas, que constitui uma unidade sedimentar enclausurada entre dois crátons que limitam duas unidades estruturais de embasamento arqueano-proterozóico, o Escudo das Guianas ao Norte e ao Sul o Escudo Brasil-Central, abrangendo uma área que corresponde 480.000 km². Essa extensão atravessa na porção Leste o Estado do Pará e a Oeste o Amazonas, que teve sua instalação durante os movimentos tectônicos do megacontinente Gondwana ainda durante o Paleozóico, ocorrendo a compartimentação da bacia Amazônica em blocos estruturais, a saber, a formação Solimões, Acre e Alto Tapajós (RADAM BRASIL, 1976).

A formação desta área é Alter do Chão, que marca o fim do processo de sedimentação na Bacia do Amazonas, unidade macro-geológica que consiste na sinéclise com direção aproximada E-W, resultante da separação dos Crátons da Guiana e do Xingu no início do Paleozóico; está inserida numa unidade geotectônica denominada de Bacia Sedimentar do Amazonas, que sofreu uma fase de preenchimento por sedimentos desde o Eo-Paleozóico até a sequência do Cretáceo-Paleógeno, formando os depósitos arenitos da formação Alter do Chão (RADAM BRASIL, 1976).

Esse contexto morfológico resulta da dissecação desses platôs da Formação Alter do Chão, efetivamente a área de estudo tem sua formação deposicional com o intenso processo de deposição sedimentar na Bacia Amazônica, com o término da sedimentação da Formação Alter do Chão. Após o entulhamento da bacia, em algum momento do Paleógeno, a mesma sofreu um processo de epirogênese que rebaixou o nível de base regional e soergueu os depósitos Cretáceo-Neógenos (RADAM BRASIL, 1976).

2.2 Geomorfologia

A área de estudo está inserida em um extenso domínio de baixos platôs dissecados com graus e intensidade diversificados com entalhamento (RADAM BRASIL,1976), além de ser estudado também por diversos autores como (STERNBERG,1950), (AB`SABER,1966), (NASCIMENTO *et al.*,1976) entre outros. Esta área apresenta susceptibilidade ao Risco Geológico, com concentração de escorregamentos, deslizamentos e voçorocas (CPRM, 2006).

Thomas (1994) destaca “a importância do intemperismo químico na evolução do modelado do relevo em regiões tropicais úmidas, onde podem ser registrados perfis de alteração com espessuras superiores a 50 metros”, supondo uma dominância de climas úmidos na Amazônia. O relevo presente em alguns trechos das estradas AM-363 e AM-330 apresenta acentuada declividade que segue o traçado da mesma. Na figura abaixo se observou um aclive muito extenso no km-62 da estrada AM-363:



Figura 08: Relevo ondulado no km-62 da estrada AM-363 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

2.3 Clima

O clima na Amazônia resulta de uma combinação de fatores, dentre os quais se destaca a energia solar que atinge a Região Amazônica durante praticamente o ano todo. Em meados de agosto, setembro e outubro têm-se na Amazônia os maiores totais de radiação que atingem a superfície da nossa região.

Nesse sentido, o máximo de precipitação na Região Amazônica está associado à penetração de sistemas frontais de chuvas originados na Região Sul, as quais interagem organizando a convecção local. Na área de estudo, o monitoramento dos níveis de chuva mensal constatou que o mês de fevereiro do ano de 2013 como o mais chuvoso e o mês de setembro como o menos chuvoso (dados obtidos do pluviômetro manual), enquanto que os dados fornecidos pelo INMET, respectivamente, mostram os meses de março e outubro como o mês mais chuvoso e o mês menos chuvosos do mesmo ano, respectivamente.

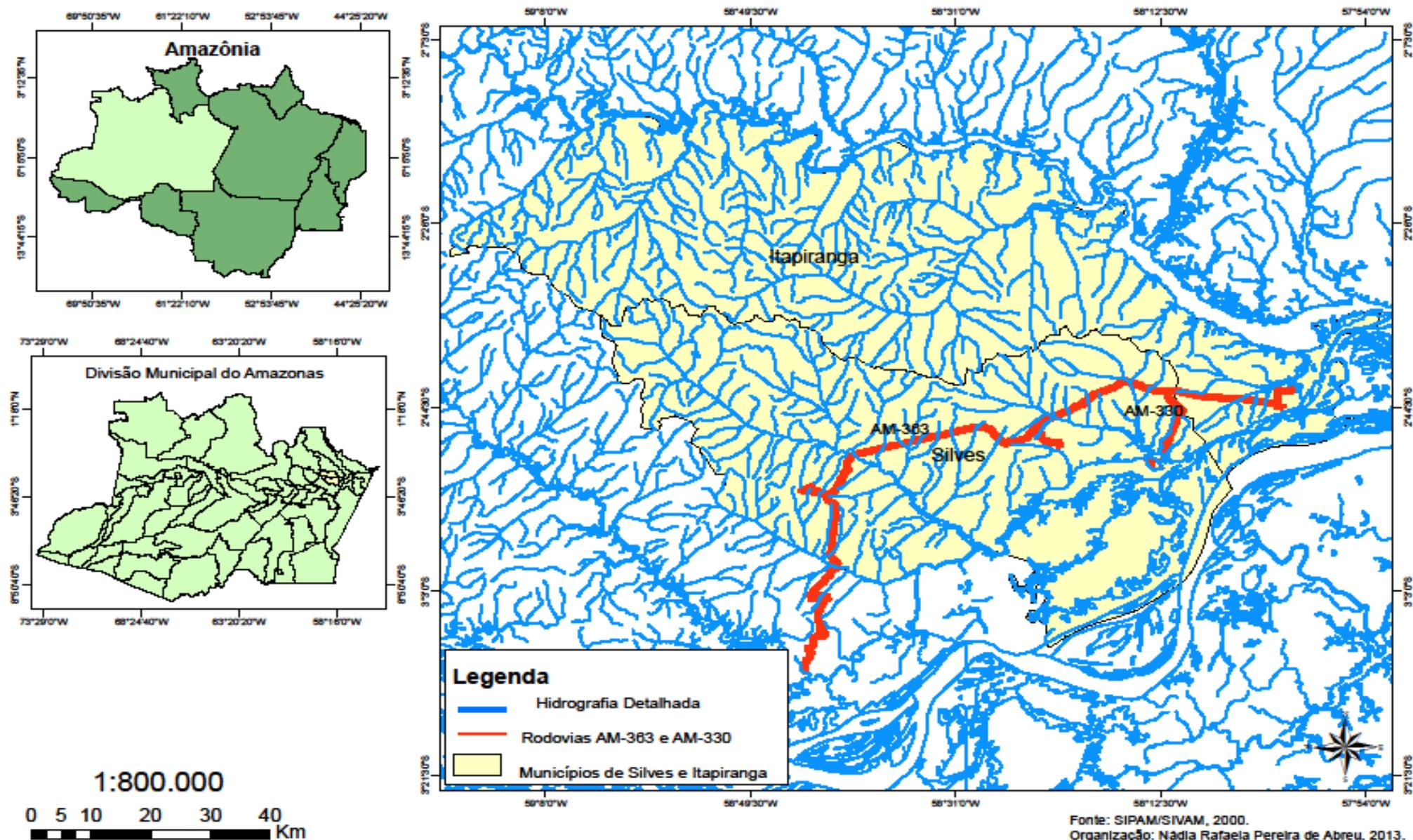
O clima predominante na região segundo a classificação de Köppen pertence ao grupo A do tipo climático Amw (clima tropical chuvoso), a precipitação média é de 2.750 mm ao ano e o período chuvoso geralmente se inicia em novembro perdurando até maio, atingindo maiores índices em fevereiro e a umidade relativa média é acima dos 75% (RADAM, 1976).

2.4 Hidrografia

Ao longo do percurso das estradas AM-363 e AM-330 se observa com nitidez diferentes níveis de turbidez da água, nos tons claro e escuro. Isso mostra a dinâmica das interações com outros elementos naturais, bem como a complexa estrutura hidrológica que há sob ambas estradas, que em alguns trechos houve a construção de pontes e canais por onde a água escoar.

O mapa (Figura 09) demonstra a estrutura hídrica das 2 (duas) estradas com elevado número de canais, evidenciando a relevância da drenagem natural e também a drenagem pluviométrica, contribuindo consideravelmente ao surgimento de voçorocas e ao aumento do número das mesmas em alguns trechos das referidas estradas:

Hidrografia Detalhada das Rodovias AM-363 e AM-330



A bacia hidrográfica do Médio Amazonas está estabelecida no trecho que compreende o “encontro das águas” pelo rio Negro e Solimões estendendo-se até o limite entre os estados do Amazonas e do Pará. No trecho do Médio Amazonas e área de estudo, o rio Madeira constitui o principal afluente na margem direita do rio Amazonas e baliza a porção oeste da ilha de Parintins.

Esta extensa ilha fluvial registra inúmeros lagos, “furos” e paranás, tendo destaque os de Ramos e Urariá que interliga o rio Amazonas (a jusante de Urucurituba) ao rio Madeira (a montante de Nova Olinda do Norte) e o próprio rio Amazonas até a do município de Parintins, além de fornecer o acesso a outros grandes rios da região, tais como o Maués-Açu e Apoquitaua. Pela margem esquerda sobressaem o Rio Preto da Eva, Urubu e Uatumã e os respectivos lagos, furos e paranás que interligam as sedes municipais de Silves, Itapiranga, São Sebastião do Uatumã e Urucará (CPRM, 2008).

2.5 Vegetação

Com relação à vegetação, a área de estudo se encontra numa região de Floresta Tropical Densa, na qual se verifica a presença de platôs, encostas e baixios, com características típicas deste tipo de Floresta citado anteriormente. Apresenta agrupamento de árvores emergentes nas elevações mais pronunciadas e presença significativa que competem em luz no estrato arbóreo superior (RADAM, 1976).

2.6 Solo

Entre os solos presentes na Amazônia destaca-se o Latossolo, constituído por solos minerais não hidromórficos apresentando horizontes subsuperficial “B” latossólico, caracterizado pelo grau elevado de intemperização. Resulta de energéticas transformações no material constitutivo. Assim, predominam na sua fração argilas minerais no último estágio de intemperismo [...] sendo que a fração de areia é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, principalmente quartzo (COELHO, *et al.*, 2002). Também merecem destaque os Argissolos, Espodossolos e os Neossolos Quartzarênicos.

A área de estudo apresenta solo do tipo Latossolo Amarelo, bastante profundo, bem drenado e com fertilidade relativamente baixa, com recomendação à exploração dos recursos, mas, pouco recomendado para outras atividades econômicas como gado ou pasto (RADAM, 1976).

Os solos do tipo Latossolo são maciços, de consistência úmida friável por todo o perfil. São solos profundos e atingem vários metros de espessura; segundo a EMBRAPA (1999) “o segundo nível categórico ou subordem dos Latossolos é subdividida com base na sua cor”.

Os Argissolos formam uma classe heterogênea, tendo em comum um aumento substancial no teor de argila em profundidade. São solos minerais, não hidromórficos e com horizonte diagnóstico do tipo “B” textural de baixa atividade da fração argila. Conforme a EMBRAPA (1999), no nível categórico subsequente “são subdivididos em função de diferenças de cor do horizonte diagnóstico “B” textural, tal como descrito para a ordem dos Latossolos” (RADAM, 1976). A figura abaixo mostra com detalhes os horizontes do solo, com destaque ao Latossolo Amarelo, que aparece com maior frequência ao longo da estrada AM-363 nas coletas realizadas em campo:



Figura 10: Presença do Latossolo Amarelo na estrada AM-363 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

De acordo com Lepsh (2011), o Latossolo (figura anterior) ocupa 41,1% do solo encontrado em toda a Amazônia. Segundo a EMBRAPA (2003), o Latossolo Amarelo é um solo muito argiloso. Este tipo de solo pode ser encontrado em diversos tipos de relevo, dos mais planos aos mais ondulados e é considerado distrófico por possuir baixa fertilidade. Desenvolve-se sobre floresta densa e possui sua pedogênese ligada ao terciário, Formação Alter do Chão (RADAM, 1976).

Quanto às adaptações e potenciais, as terras são propícias para mecanização em áreas planas com solos bem profundos, não incluídas as áreas arenosas com presença de crostas com laterito mediante proteção à ocorrência de processos erosivos e elevadas condições favoráveis à hidrogeologia, aquíferos com grande profundidade e muita presença de areia proporcionando águas de boa procedência, tendo Alter do Chão o melhor aquífero da região.

Todavia, também ocorrem limitações como a baixa fertilidade natural com relevo acidentado nas encostas, solos com drenagem irregular (Plintossolos) e sujeitos às cheias com períodos nas regiões com baixas altitudes (Gleissolos e Neossolos Flúvicos). Baixa capacidade de retenção de umidade e nutrientes nas regiões com mais areias (Espodossolos e Neossolos Quartzarênicos). Solos mais vulneráveis aos processos erosivos mediante ao elevado gradiente da textura, sobretudo, localizados nas encostas (Argissolos) e presença de vertentes elevadas e com declive sendo não indicada à ocupação e maior condição de ocorrer feições erosivas e movimentos de massa do tipo voçorocas e os deslizamentos são bem frequentes às margens das estradas e executadas por obras de engenharia da drenagem superficial inexistente ou inacabada.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa segue a abordagem sistêmica, nas quais os elementos presentes na área de estudo são analisados de forma conjunta com suas inter-relações. Para se chegar às respostas da pesquisa é imprescindível sistematizar o elevado volume de informações coletadas nas fontes primárias (pesquisas de campo e atividades em laboratório) e secundárias (referenciais teóricos). Desta forma, se fez necessário **mapear as voçorocas, monitorar as já existentes e caracterizar os aspectos físico-naturais da área.**

3.1 Mapeamento das Voçorocas

O mapeamento das voçorocas foi realizado a partir da pesquisa de campo onde foi possível obter as coordenadas das voçorocas e, assim, especializá-las em um mapa de localização das incisões.

3.2 Monitoramento das voçorocas

Após identificar as voçorocas em uma primeira pesquisa de campo, foram realizados alguns monitoramentos, para obtenção de dados primários, mediante o mapeamento e posterior monitoramento das voçorocas, como a localização exata de cada incisão e a ordem das mesmas, além das demais características como distância para a pista, volume erodido, tipo, classificação, tamanho, largura, profundidade, comprimento, totalizando 3 (três) monitoramentos das incisões ao longo de 24 meses de pesquisa.

Na obtenção dos principais dados foram utilizados os seguintes equipamentos: GPS, trena, trado, bússola, mapa e pluviômetro. E, também, como demonstrado na figura (11) o infiltrômetro, o penetrômetro, o cisalhâmetro e o phmetro.

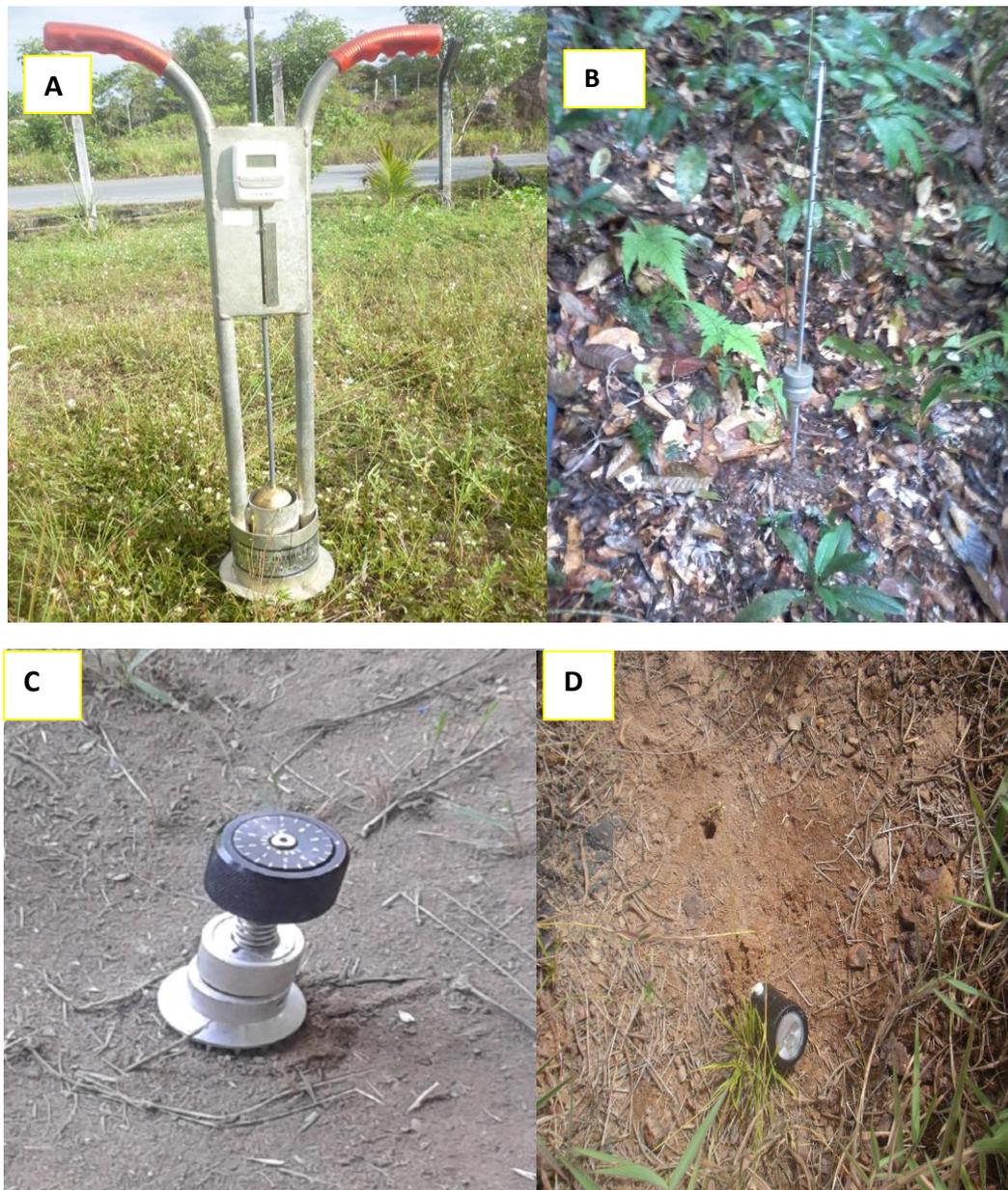


Figura 11: Alguns materiais utilizados em campo para monitoramento das voçorocas. Em (a) infiltrômetro, em (b) penetrômetro, em (c) cisalhômetro e em (d) phmêtro.

Fonte: Do autor.

3.2.1 Teste de infiltração da água no solo

Realizou-se com o equipamento chamado infiltrômetro, que é constituído por 2 (duas) hastes de ferro paralelas com um formato de círculo de ferro abaixo e sendo pressionado ao solo até completa fixação. Coloca-se água em ambos os espaços para observação a cada minuto da infiltração nos poros do solo; em média o tempo aproximado de 23 (vinte e três minutos) até ser atingida a repetição de 3 (três) valores, conforme a figura 12.



Figura 12: Teste de infiltrômetro
Fonte: Anne Caroline Dirane

3.2.2 Teste de penetração da resistência do solo

Realiza-se com o equipamento chamado penetrômetro de impacto. Este se constitui numa haste de ferro na vertical com um peso de 2 kg, o qual é dividido em 10 (dez) partes de 5 (cinco) centímetros cada uma, totalizando 50 (cinquenta) centímetros de altura. O objetivo é fornecer o número de batidas a cada intervalo de onde será gerado um gráfico com a variação dos intervalos, mostrando a resistência oferecida pelo solo às batidas, pois, os solos compactados oferecem maior resistência e, conseqüentemente, maior número de batidas, conforme a imagem a seguir (figura 13).



Figura 13: Realização do teste da penetração do solo, trabalho de campo realizado em Setembro de 2013.

Fonte: Anne Caroline Dirane.

3.2.3 Teste de resistência ao cisalhamento do solo

É realizado com o equipamento chamado cisalhômetro, que é constituído por uma marca e tem uma escala de valor que vai de 0 a 7; à medida que é pressionado ao solo marca a tensão (força) exercida. Verifica-se o nível das fraturas causadas nas rochas pelo agente endógeno denominado tectonismo. A imagem a seguir mostra este teste, além das técnicas utilizadas para o uso do phmetro, o teste do pH do solo, que é feito utilizando-se o equipamento chamado phmetro, com objetivo de medir o grau de potencial hidrogênico (pH), que identifica a acidez do solo, de acordo com a figura 14.



Figura 14: Teste do cisalhamento e do pH do solo, trabalho de campo realizado em Setembro de 2013.

Fonte: Nádia Rafaela Abreu.

Com a utilização dos demais equipamentos utilizados no mapeamento e posterior monitoramento, no primeiro ponto foi feita a localização das voçorocas ao longo das estradas AM-363 e AM-330, identificando as coordenadas e a quilometragem na qual cada voçoroca se encontra. O GPS foi utilizado para identificar a latitude e longitude na qual se localizam as voçorocas, com o objetivo de traçar os pontos exatos ao longo da extensão aproximada de 126 km das duas estradas.

A fita métrica foi utilizada para medir as dimensões das voçorocas, comprimento, largura, profundidade, além das distâncias para a pista com relação à cabeceira e ao fundo de vale de cada incisão. Utilizou-se a bússola para identificar a direção e o sentido das voçorocas com relação à pista. Outro importante instrumento de coleta de informações em campo é a ficha cadastral, pois nela contém as características das voçorocas coletadas através dos equipamentos já citados, como latitude, longitude, comprimento, largura, altura, distância da pista, entre outras. Segue abaixo o modelo em campo nas estradas AM-363 e AM-330 (figura 15).

VOÇOROCAS-AM-330						
FICHA DE CADASTRAMENTO						
DATA DO 1º CADASTRAMENTO: / /				FICHA Nº		
1. LOCALIZAÇÃO: Km						
2. COORDENADAS:						
GPS.:						
3. DADOS DA VOÇOROCA						
DATAS DOS MONITORAMENTOS	1º cad.	2º cad.	3º cad.	4º cad.	5º cad.	6º cad.
COMPRIMENTO (m):						
LARGURA (m):						
PROFUNDIDADE (m):						
DISTÂNCIA/PISTA (m):						
ÁREA: m ²	VOLUME: m ³		DIREÇÃO:			
TIPO:	FORMA:		TAMANHO:			
4. GEOLOGIA:						
5. GEOMORFOLOGIA						
() PLATÔ		() BAIXIO			() ENCOSTA	
CARACTERÍSTICAS DA ENCOSTA						
() ENCOSTA SUPERIOR		() ENCOSTA MEDIANA			() ENCOSTA INFERIOR	
FORMA:	COMPRIMENTO:		DECLIVIDADE: /			
6. SOLO:						
() INALTERADO		() ALTERADO		() COMPACTADO		() CROSTAS
() LATOSSOLO		() ESPODOSSOLO		() ARGISSOLO () _____		
7. ORIENTAÇÕES						
PISTA:			CANALETA:			
8. CAUSA DA OCORRÊNCIA						
9. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A MONTANTE						
10. USO E OCUPAÇÃO DA ÁREA A JUSANTE						
11. DANOS MATERIAIS						
			R\$	Data: / /		
12. DANOS AMBIENTAIS						
13. MEDIDA DE CONTENÇÃO ADOTADA						
			R\$	Data: / /		
14. PREVISÃO DE EVOLUÇÃO						
15. OBSERVAÇÕES GERAIS						

Figura 15: Ficha de cadastramento/monitoramento das voçorocas.

Fonte: Vieira, 2008.

Além da ficha cadastral, o pluviômetro é um instrumento de coleta da quantidade de chuva na área de estudo durante o dia, sendo ao fim de cada mês e, por fim, é somado ao total pluviométrico referente ao ano 2013. O mesmo foi instalado no dia 01/01/2013 e os dados coletados até 31 de dezembro do mesmo ano. Sua utilização funciona com uma proveta de 1000 (hum mil) ml, na qual a coleta é feita observando-se o total diário que choveu ou não; o resultado diário em ml é transformado para mm, da mesma forma ocorre com o total mensal se chegando ao total anual.

Os dados de chuva são fundamentais para a análise de como esse elemento natural interfere e altera a dinâmica das voçorocas. As etapas e os equipamentos utilizados no mapeamento e monitoramento das voçorocas serão descritos posteriormente. Além do pluviômetro, também foram analisados os dados pluviométricos oriundos do site do INMET www.inmet.gov.br com acesso em 16/01/2014, às 15h00, com objetivo de fazer um cruzamento dos totais obtidos pelo pluviômetro fixo instalado no km-51 da estrada AM-363, sentido município de Itapiranga.

Vale ressaltar que os dois municípios já citados não apresentam Estação Meteorológica, portanto, esta se localiza no município de Itacoatiara, identificada pelo código 82335 por estar numa área adjacente a tais municípios. Procurou-se entender como cada um dos elementos naturais físicos (geologia, geomorfologia, clima, solo, hidrografia, vegetação e cobertura vegetal) e humanos (características da estrada, sistema de drenagem e uso e ocupação das margens da estrada) age e afeta na dinâmica das voçorocas.

Estes contribuem nos processos de surgimento e expansão das voçorocas nessas estradas. Paralelamente aos elementos naturais, os dados primários e secundários foram coletados e analisados. Pode-se identificar a localização das voçorocas mediante o mapeamento, cadastramento e monitoramento das principais caracterizações naturais e os principais impactos causados pelas mesmas nas duas estradas.

De posse destas informações foram identificados e calculados os danos materiais causados pelas feições provocados mediante a destruição dos sistemas de drenagem pluvial, gastos com medidas de contenção em toda área de abrangência de cada incisão e foram calculados os valores monetários de acordo com o tamanho das feições ao longo de toda a extensão das 2 (duas) pistas. Como cálculo para obtenção da área de abrangência, utilizou-se como padrão o aumento da área correspondente à incisão em 4 (quatro) vezes, segundo o modelo de Vieira (2008).

Por exemplo: uma área de 200 m² (20 m de comprimento x 10 m de largura) ocupada pela incisão passa a ter 800 m², ou seja, aumenta em 4 (quatro) vezes o seu tamanho, limite de segurança mínima (VIEIRA e LIMA, 1995; VIEIRA, 1998; VIEIRA, 2008).

No que se refere aos danos no sistema de drenagem, utilizou-se como parâmetro o valor de custo médio de um sistema de drenagem pluvial que fica em torno de U\$ 185,00 para o metro linear, conforme cotação no mercado da construção civil, já embutido e envolve serviços e materiais. Portanto, o dano total causado ao sistema de drenagem compreende a esse valor convertido para real, multiplicado para extensão do sistema afetado.

Quanto à contenção da área afetada pela incisão o valor é igual ao valor unitário multiplicado pela extensão aproximada de cada sistema destruído, onde o custo médio de contenção fica em torno de U\$ 60,00 (transformado para real) e o multiplicado pela área afetada m², e com base nesse valor por m², será estipulado ao final do trabalho os custos de contenção das feições existente (VIEIRA e LIMA, 1995; VIEIRA, 1998; VIEIRA, 2008).

A identificação dos principais danos materiais proporciona ao Poder Público medidas de contenção para atenuar estes problemas que são de ordem econômica e social. Há voçorocas que apresentam elevada proximidade com a pista podendo causar a curto ou médio prazos, até mesmo interrupção no tráfego de veículos, que acarretaria prejuízos, sobretudo, financeiros para Itapiranga e Silves com os municípios adjacentes e também com Manaus.

Ao decorrer da pesquisa foram realizadas 3 (três) práticas de campo, possibilitando o mapeamento e o monitoramento das voçorocas. Os equipamentos utilizados na mesma foram: o penetrômetro (para medir a resistência do solo à penetração na profundidade do solo); a fita métrica (para medir a largura, comprimento, a profundidade e a distância para a pista); o pHmetro (para medir o Ph do solo), o trado (para coletar amostras de solo); o infiltrômetro (para verificar as taxas, medir o nível de infiltração de água no solo); o penetrômetro (para medir o grau de compactação do solo); o cisalhômetro (para medir a resistência ao cisalhamento do solo); a bússola (para verificar o sentido de orientação das voçorocas e das estradas, medir a direção e o sentido das voçorocas) e o GPS (para medir com exatidão a localização geográfica das voçorocas).

A realização dos testes descritos acima é de muita relevância, pois serão analisados e interpretados para a identificação das diversas características físicas das voçorocas. Tais informações são coletadas e anotadas na ficha de cadastramento das voçorocas que se constitui na principal ferramenta de informações para leitura, interpretação e análise, além da construção de gráficos que mostram as variações de cada elemento.

Esses dados nos deram suporte às conclusões e resultados obtidos ao final da pesquisa, bem como as respostas aos questionamentos de que forma as voçorocas causaram ou não impactos ambientais e quais são esses impactos e de que forma a impermeabilização parcial mediante o asfaltamento das estradas causou ou não impactos, condições à formação das voçorocas.

Após a coleta de solo em campo, as amostras são enviadas para o tratamento a realização de análise em laboratório para verificação dos níveis de silte, argila e areia. A análise em laboratório verifica os aspectos físicos e químicos do solo, tais como textura, porosidade, densidade (real e aparente) e umidade do solo. Caso uma amostra esteja necessitando de um determinado mineral, como o nitrogênio para a melhor fertilidade do solo, tal fato pode ser observado em uma análise química (LEPSCH, 2011).

Paralelamente às atividades descritas anteriormente nas práticas de campo, há também as atividades executadas em Laboratório (LATOSSOLO). Tais atividades seguem os padrões utilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) no Manual de Métodos de Análise dos Solos do ano de 1997 (um mil novecentos e noventa e sete). A seguir será explicado cada passo e as respectivas atividades executadas.

No primeiro momento a amostra de solo coletado em cada voçoroca é seca por 24 horas, para a evaporação da água a passo; todos os procedimentos feitos no Laboratório de Geografia Física, com o objetivo de identificar e analisar as diversas composições granulométricas do solo recolhido das referidas voçorocas, com a separação dos resíduos chamados grosseiros (areia, argila e silte) definindo a composição e porcentagem correspondente a cada amostra.

As amostras foram destorradas (quebradas) com um rolo e peneiradas, pesa-se 20 g de solo de cada amostra coletada e também o *ecker* vazio é pesado, para que seja tirada a diferença. É utilizada simultaneamente uma proveta, um funil de vidro e uma peneira para iniciar a separação dos grosseiros. Foi adicionado numa pisseta de 100 ml o dispersante hexametáfosfato de 10 ml, e através da pisseta adicionou-se água para completar o volume do *ecker*. Realizado todo esse procedimento, a amostra do *ecker* foi posta em descanso por 24 h.

Decorridas 24h, as amostras passaram por uma peneira de diâmetro 0,062 mm, os sedimentos que ficaram retidos na peneira são considerados areia, já o silte e a argila, por possuírem pequenos grãos são passados para um cilindro graduado de 1000 ml. No entanto, antes da separação, as amostras são colocadas num agitador de partículas por um tempo de 15 minutos. O silte e a argila que estavam no cilindro graduado foram agitados por 20 segundos com o agitador de mão; após agitá-los verificou-se a temperatura das amostras e a partir de

uma tabela, baseada na lei de *Stockes*, verificou-se que após 3h24min (equivalente à temperatura de 26° C) obtida através de uma tabela que relaciona a temperatura de cada amostra e o tempo que a mesma reaja com a água após o tempo decorrido há a obtenção da argila, da areia e do silte. Segue abaixo o modelo no quadro com o tempo e a respectiva temperatura correspondente (quadro 02).

Temperatura °C	Tempo	Temperatura °C	Tempo
10	5h 11'	23	3h 43'
11	5h 03'	24	3h 38'
12	4h 55'	25	3h 33'
13	4h 47'	26	3h 28'
14	4h 39'	27	3h 24'
15	4h 33'	28	3h 19'
16	4h 26'	29	3h 15'
17	4h 20'	30	3h 10'
18	4h 12'	31	3h 07'
19	4h 06'	32	3h 03'
20	4h 00'	33	2h 58'
21	3h 54'	34	2h 55'
22	3h 48'	35	2h 52'

Quadro 02: Valores para cálculo de temperatura/tempo dos materiais em suspensão.
Fonte: EMBRAPA, 1997.

Uma explicação para este procedimento de obtenção da argila, de acordo com Lepsch (2011), no momento em que a mistura é agitada no cilindro graduado, todo silte e argila nela contidos entram em suspensão. Daí por diante, o silte, por apresentar um diâmetro maior, começa a se depositar no fundo do cilindro graduado.

Passado o tempo da decantação, as amostras são colocadas no agitador com o total de 5 (cinco) peneiras uma sobre a outra com o objetivo de separar as frações de areia. As mesmas apresentam os seguintes diâmetros: 1 mm (areia muito grossa); 0,50 mm (areia grossa); 0,250 mm (média), 0,125 mm (fina) e a porção final de areia muito fina. Separadas as frações de areia, as mesmas são misturadas com água dentro de um *ecker* e colocadas na estufa com temperatura de 180° C durante 24 h, para ocorrer à evaporação da água, e, com isso, o *ecker* é novamente pesado para se identificar o novo valor sem a presença da água.

3.3 Caracterização dos aspectos físico-naturais da área

Foi realizado a partir de dados secundários (RADAM Brasil, 1976; EMBRAPA, 1997), além de dados primários sobre índice pluviométrico e classificação textural e granulométrica obtidas *in loco*.

Os processos realizados em Laboratório identificaram as características físicas principais sobre cada incisão erosiva como tipo de solo, porosidade, densidade aparente e real, textura, temperatura das amostras entre outros, e a areia por apresentar maior quantidade de água leva mais tempo para secar. De posse destes dados foi possível fazer analogias e interpretações a respeito das composições químicas e de que modo os aspectos físicos contribuíram para se achar as respostas relativas aos problemas identificados ainda na pesquisa e respondidas ao decorrer do trabalho.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS

4.1 Distribuição das Voçorocas nas AM-330 e AM-363

Foram observadas dinâmicas nas características das voçorocas, como área, tipo e classificação das mesmas, ao longo de aproximadamente 126 km de extensão das estradas AM-363 (Itapiranga) e AM-330 (Silves); foram localizadas e catalogadas um total de 24 (vinte e quatro) voçorocas, sendo que na estrada AM-363, são 15 (quinze) voçorocas, enquanto que na estrada AM-330 apenas 9 (nove) voçorocas.

Estas incisões estão localizadas no mapa abaixo, por município, por ordem e por estrada, proporcionando a identificação das incisões e como estão distribuídas ao longo da extensão em ambas as estradas (figura 16).

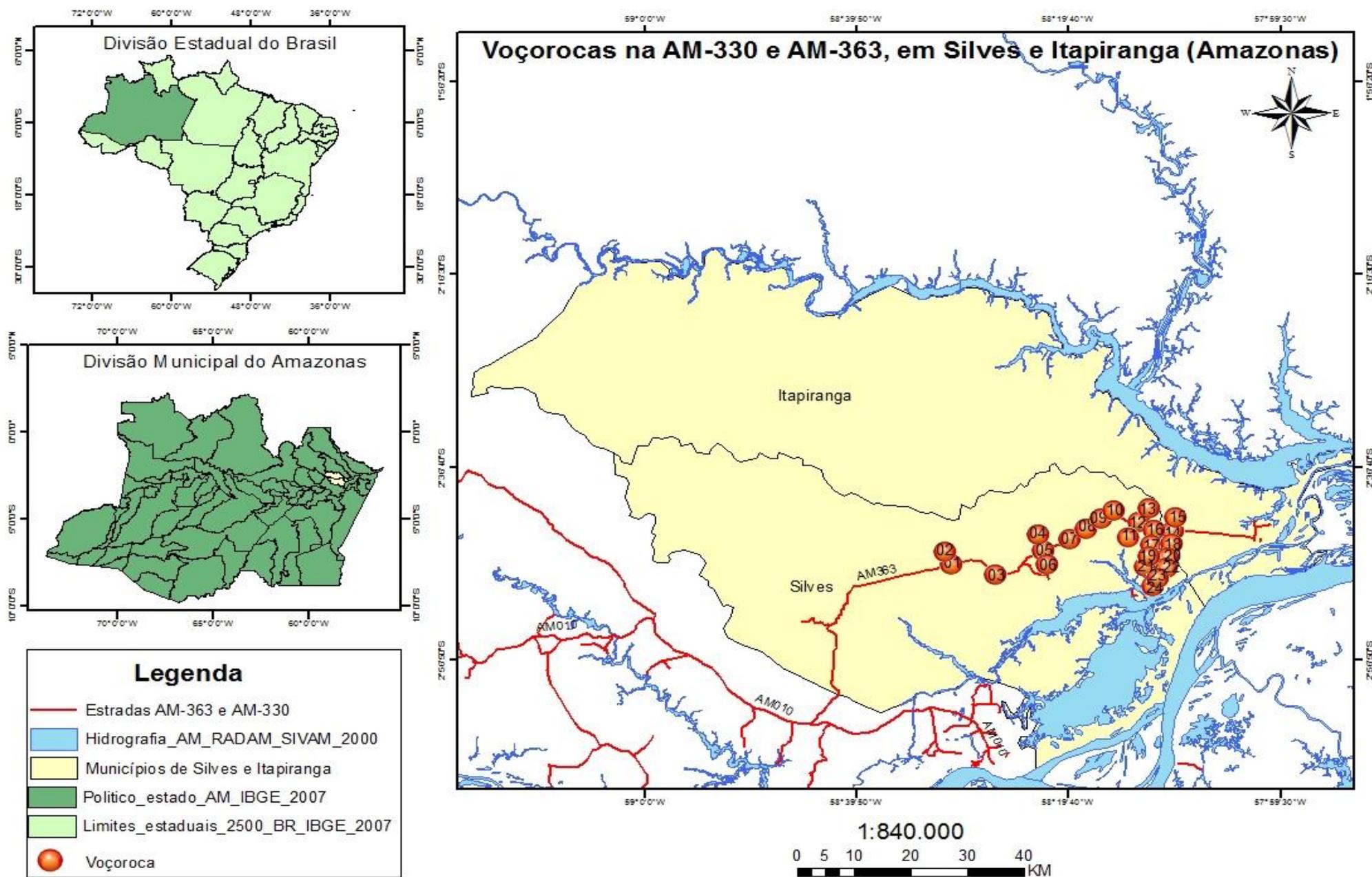


Figura 16: Localização das voçorocas por estrada e por ordem.. **Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2014.

No mapa de localização acima, (figura 16) foram observados, entre outros fatores, que a distribuição das incisões nas duas estradas é bem distinta, uma vez que a extensão entre elas também apresenta grande diferença. Um dos fatores que foi observado é que em áreas com maior predominância de vegetação não havia presença de voçorocas.

4.2 Voçorocas e o grau de risco

Dentre toda a extensão das duas estradas percebe-se que a maioria das voçorocas é do tipo conectada a um canal fluvial (fundo de vale), enquanto que outras são do tipo desconectadas, sendo “alimentadas” por canaletas por onde a água é escoada; também há voçorocas do tipo integradas simultaneamente por canal de água e também por canaletas.

Com relação ao número de voçorocas na AM-363 com um total de 15 (quinze), a extensão aproximada de 111 km e as características físicas, pode-se inferir que com relação à AM-330, que apresenta apenas um total de 9 (nove) voçorocas, esta última apesar de ocorrência de menor quantidade de incisões, estão localizadas voçorocas numa extensão de 15 km, diferentemente da geologia apresentada na AM-363.

Vale ressaltar, que no intervalo de um ano surgiram cinco novas incisões na Estrada AM-363 que teve como um dos fatores o aumento dos índices pluviométricos registrados no período supracitado. Observou-se, também, que até o lago localizado no município de Silves, que dá acesso ao mesmo, há presença de vegetação e de grande sinuosidade do relevo, mostrando que o “corte” realizado quando da pavimentação desta estrada apresentou características distintas com relação à AM-363, além da grande diferença de extensão que há entre ambas as estradas.

O quadro abaixo mostra a mensuração do risco que cada incisão apresenta em relação à pista (quadro 03).

Nível	Intervalo (m)	Descrição	Meses
1	0 – 3	risco imediato	0 – 6
2	3 – 6	risco a curto prazo	6 – 15
3	6 – 15	risco a médio prazo	15 – 36
4	> 15	risco a longo prazo	> 36

Quadro 03: Mensuração do risco das voçorocas com relação à distância para a pista de acordo com a velocidade de crescimento em determinado período de tempo
Fonte: Tavares e Vieira (2010).

De acordo com o quadro 03 foi possível fazer previsão de quando cada feição poderia atingir a estrada fazendo o monitoramento das voçorocas e como cada uma se desenvolve em direção à pista e na maioria dos casos a previsão se concretiza, o risco está de acordo com o tempo que a incisão atingiria a estrada e provocando danos à mesma. Vale ressaltar que algumas feições de acordo com o quadro anterior podem não se enquadrar no respectivo nível, intervalo, descrição e tempo.

Ou seja, pode ocorrer que alguma voçoroca não atinja a estrada seguindo tal padrão. A feição poderá se expandir não em direção à pista, mas sim paralelamente à mesma não atingindo, e desta forma os valores referentes ao quadro acima não serão aplicados. Tal observação é relevante por não ser feita uma interpretação correta e conseqüentemente medidas de contenção também inadequadas baseadas no quadro.

A partir da identificação da descrição do tipo de risco à pista é possível localizar as áreas com menor ou maior possibilidade de causar algum (ns) dano (s) nessas áreas (figura 17).

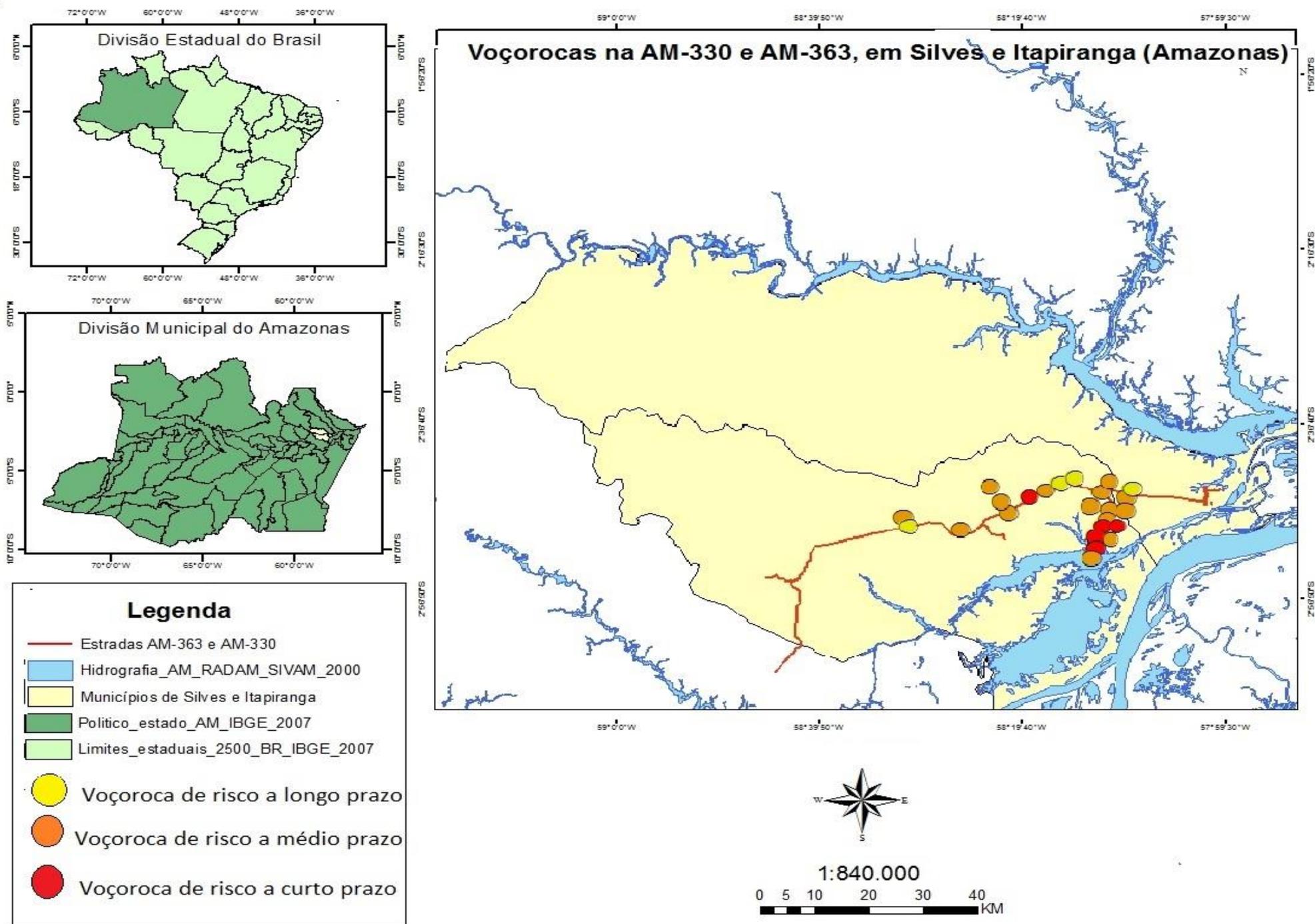


Figura 17: Mensuração do risco das voçorocas a pista. **Organização:** Nádia Rafaela Pereira de Abreu, 2014.

De acordo com o mapa (figura 17) foi possível observar claramente que a distribuição das feições em ambas as pistas é irregular, sendo que há menor concentração na estrada AM-363 que apresenta maior extensão, bem como incisões com risco de atingir a estrada em médio prazo, na maioria dos casos. Na estrada AM-330 há uma elevada concentração de voçorocas, nesta a extensão é bem menor do que a outra pista, todavia, as feições estão bem próximas umas das outras e também na mesma quilometragem ocorre mais de uma feição em alguns casos.

Ainda com relação aos padrões estabelecidos (quadro 03) a única informação comum às 2 (duas) pistas é referente ao risco a médio prazo, que a maioria das voçorocas apresentam esta característica com um total de 15 (quinze) incisões. Relacionando-se com o risco em curto prazo apenas na estrada AM-363 possui 3 (três) feições e nenhuma na outra pista, bem como no risco em longo prazo ambas estradas possuem um total de 6 (seis) incisões.

Com estes dados foi possível inferir que as voçorocas apresentam diferenças entre cada uma e que as medidas de contenção são muito importantes, pelo fato da maioria das feições apresentar perigo em médio prazo e provavelmente estas possam apresentar riscos em curto prazo, provando a necessidade da continuidade dos acompanhamentos nessas áreas. Para melhor visualização e compreensão da variação quanto aos diferentes tipos de perigo e sua respectiva previsão, o gráfico a seguir (figura 18) mostra, respectivamente, o número de feições e sua porcentagem, de acordo com os padrões presentes no quadro 03.

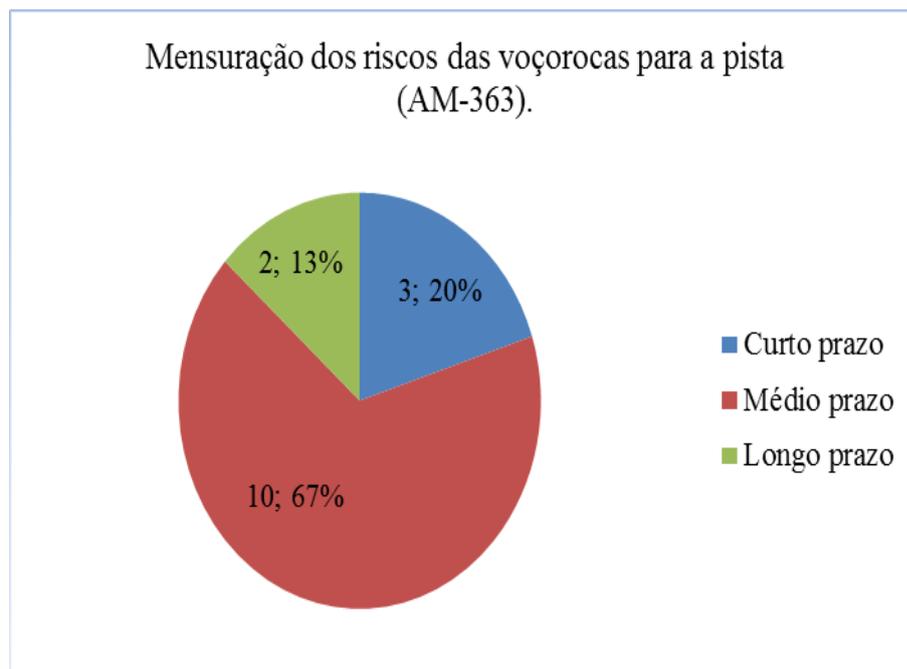


Figura 18: Gráfico da mensuração do risco das voçorocas com relação à distância para a pista (AM-363).
Fonte: Do autor.

O gráfico acima mostra, respectivamente, a quantidade de feições e a percentagem correspondente onde predomina o risco a médio prazo, seguido do risco a curto prazo e por último o risco a longo prazo. Estes dados representam as distinções entre as voçorocas e a importância do monitoramento no mínimo a cada intervalo de 1 (um) ano para melhor acompanhamento e execução das medidas corretivas.

Paradoxalmente, aos dados referentes à pista (AM-363) presentes na figura 23, as informações representadas no gráfico a seguir (figura 19) mostram as diferenças tanto na estrada anterior quanto na própria estrada com os dados presentes no referido gráfico abaixo.

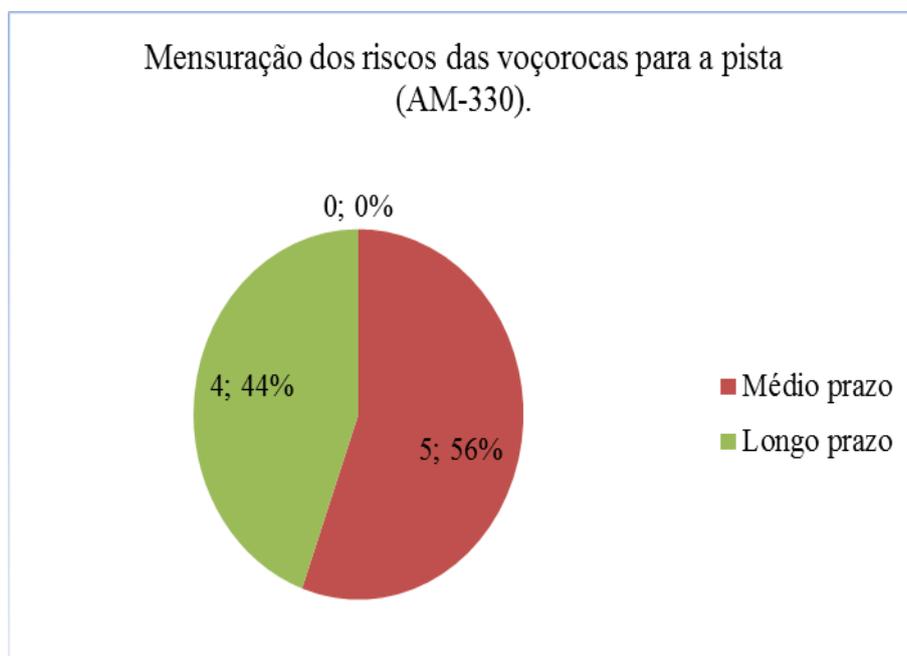


Figura 19: Mensuração do risco das voçorocas com relação à distância para a pista (AM-330).
Fonte: Do autor.

Diferentemente do risco referente à estrada AM-363 o gráfico acima exibe as informações a respeito da referida pista e também foi possível fazer as inferências com base nesses dados. O mesmo mostra que não há risco com a aproximação à estrada em curto prazo. Todavia, o risco em médio prazo aparece com frequência e o risco em longo prazo aparece representado com mais da metade das feições, evidenciando que há diferenças nas voçorocas localizadas próximas a esta pista e, principalmente, diferenças mais nítidas com relação à outra estrada.

A importância dos dados a partir do padrão constante no quadro de risco das voçorocas com relação às estradas é elevada, uma vez que fornece parâmetros para o Poder Público traçar e executar as medidas de contenção ou atenuação dos prováveis danos. Estas informações

também são relevantes às pesquisas científicas ligadas a Geografia Física, no contexto do tipo de erosão em estradas, contribuindo significativamente tanto no contexto social quanto no contexto social.

Ao melhor entendimento e compreensão sobre a ação das voçorocas nas estradas citadas anteriormente é estudar e analisar os diversos fenômenos e processo que ocorrem através das interações entre os elementos naturais que agem com maior intensidade (clima, vegetação, chuva) entre outros, com os elementos artificiais (ação antrópica). O diagrama abaixo mostra as interações (ciclos) entre os principais elementos (naturais e artificiais) que juntos provocam o processo de voçorocamentos e, conseqüentemente, ocasionam grandes impactos do tipo: dificuldades de acesso a algumas áreas; destruição de *habitats*; problemas em obras de engenharia; eliminação de terras férteis; entre outras situações que proporcionam riscos ao homem (Figura 20).

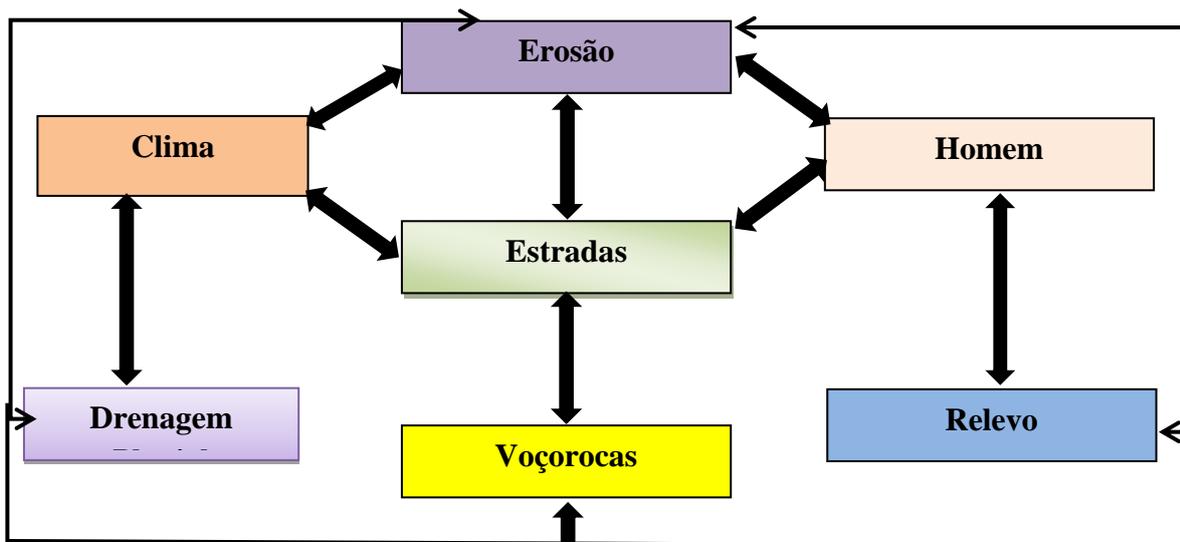


Figura 20: Diagrama de inter-relação entre os fatores.

Organização: Do autor.

Estes elementos estão em interação mesmo antes do asfaltamento das estradas já mencionadas, onde já havia a ocorrência das voçorocas. Todavia, após a pavimentação das estradas o número de feições apresentou considerável aumento, uma vez que as alterações na drenagem pluvial ocasionadas, sobretudo, pelo escoamento superficial e, também, subsuperficial com a instalação de várias canaletas que recebe considerável quantidade de águas pluviais ao longo dos 126 km aproximada de extensão das 2 (duas) estradas.

O gráfico abaixo mostra em porcentagem a relação entre o número de voçorocas e a extensão de cada estrada. Através dos valores infere-se que a estrada AM-363 apresenta maior

número de incisões, no total de 15 (quinze) valor superior, pois sua extensão também é maior, comparada com a estrada AM-330 e a Estrada de Silves com aproximadamente 15 (quinze) km apresenta um total de 9 (nove) incisões:

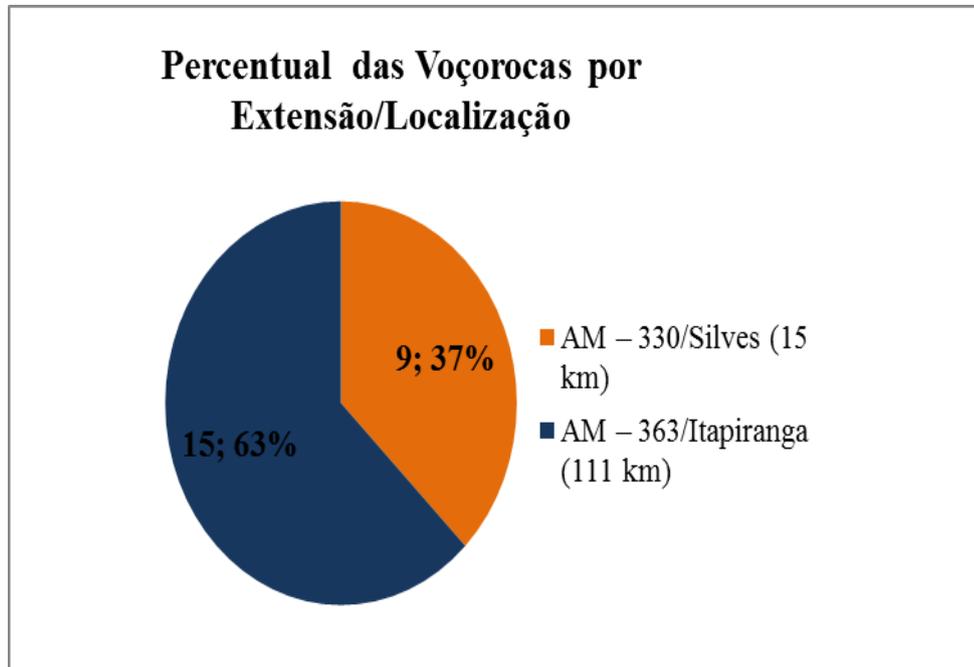


Figura 21: Porcentagem das voçorocas por estrada.
Fonte: Emerson D. da Silva, 2014.

Já o gráfico a seguir (Figura 22) representa o percentual da relação do número de incisões em relação à extensão total das estradas. A grande diferença entre as voçorocas do tipo conectadas se deve ao fato das mesmas apresentarem ligações com fundos de vale em sua grande maioria e em alguns casos, essas ligações são feitas com igarapés ou rios:

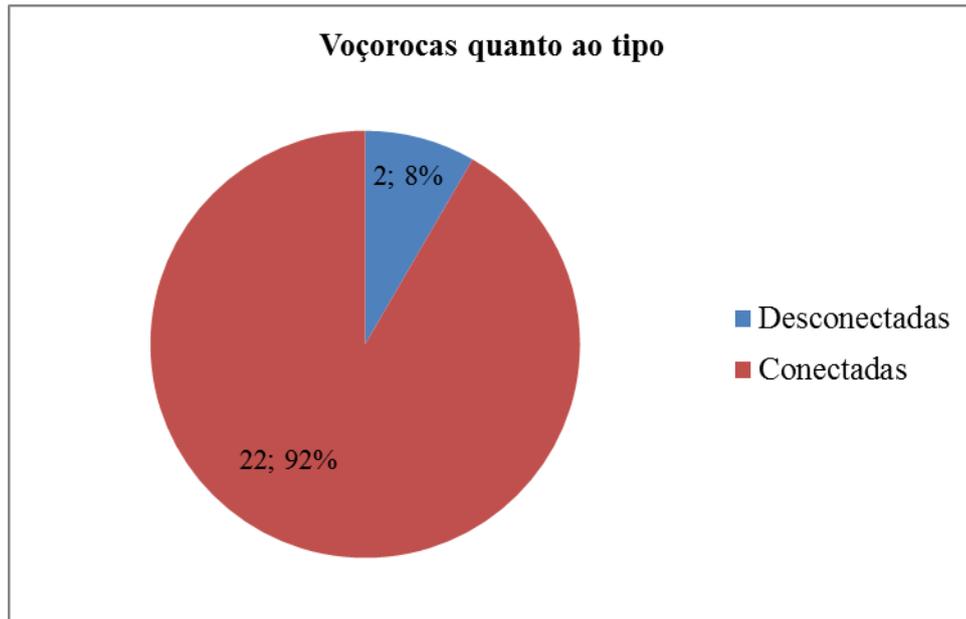


Figura 22: Voçorocas quanto ao tipo.
Fonte: Do autor.

O gráfico acima estabelece a relação entre o percentual das voçorocas, quanto a sua extensão e localização, onde 9 (nove) representam o número de incisões na Estrada de Silves (AM – 330) e 15 (quinze) representam o número de incisões na Estrada da várzea (em direção ao Município de Itapiranga).

A estrada AM-363 possui a maior parte da porcentagem, pois apresenta quase o dobro do número de incisões; todavia, a estrada AM-330 concentra um maior número de voçorocas por possuir dos quase 15 km de extensão 9 (nove) incisões do km-01 ao km-11 proporcionalmente a sua extensão. Também nesta estrada há a maior incisão, com elevado valor erodido. A figura abaixo (23) representa um movimento de massa do tipo desmoronamento:



Figura 23: Voçoroca localizada próxima à estrada AM-363.
Fonte: Do autor.

4.3 Teste de infiltração e penetração

Com a localização das incisões e como já explicado na Metodologia foram realizados os testes de infiltração e de penetração do solo. Abaixo serão exibidos estes 2 (dois) importantes testes em cada estrada, com os valores de cada um e o gráfico de linhas, respectivamente:

Estrada AM-363

Infiltração		Penetração	
Minuto	Centímetros	Intervalo	Batidas
1	18	0 – 5	5
2	7	5 – 10	9
3	5	10 – 15	10
4	4	15 – 20	11
5	7	20 – 25	20
6	5	25 – 30	30
7	4	30 – 35	30
8	4	35 – 40	29
9	5	40 – 45	29
10	5	45 – 50	24
11	6	-	-
12	5	-	-
13	3	-	-
14	5	-	-
15	5	-	-
16	5	-	-
17	6	-	-
18	6	-	-
19	15	-	-
20	7	-	-
21	5	-	-
22	3	-	-
23	3	-	-
24	3	-	-
25	3	-	-

Quadro 04: Teste de infiltração e penetração realizados na AM-363 (setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Estrada AM-330

Infiltração		Penetração	
Minuto	Centímetros	Intervalo	Batidas
1	39	0 – 5	4
2	35	5 – 10	4
3	15	10 – 15	2
4	5	15 – 20	3
5	21	20 – 25	3
6	29	25 – 30	3
7	17	30 – 35	3
8	15	35 – 40	3
9	10	40 – 45	9
10	25	45 – 50	23
11	25	-	-
12	19	-	-
13	22	-	-
14	25	-	-
15	25	-	-
16	20	-	-
17	15	-	-
18	20	-	-
19	20	-	-
20	20	-	-
21	23	-	-
22	19	-	-
23	19	-	-
24	19	-	-
-	-	-	-

Quadro 05: Teste de infiltração e penetração realizados na AM-330 (setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Os gráficos a seguir representam os quadros acima com os dados de infiltração (porosidade) e penetração (resistência) do solo nas estradas AM-363 e AM-330, respectivamente. Nota-se que entre o primeiro e o segundo minuto há uma elevada infiltração, devido a pouca compactação do solo; já a partir do terceiro minuto em diante a infiltração reduz consideravelmente até o final da linha de tendência, quando a infiltração torna-se constante, conforme o gráfico abaixo (figura 24).

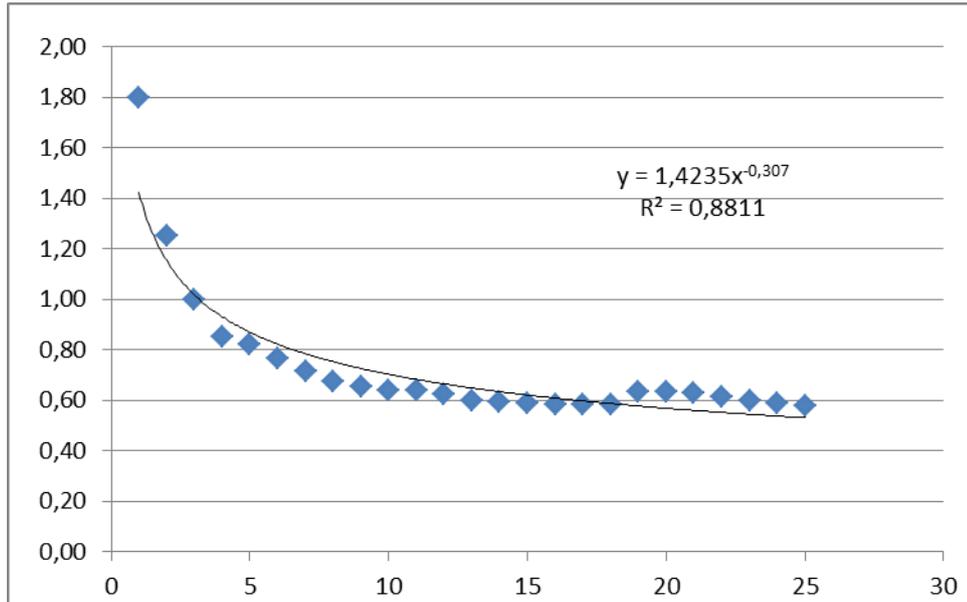


Figura 24: Gráfico de infiltração referente ao quadro 04 (estrada AM-363).

Fonte: Do autor.

A linha descendente presente no gráfico representa a variação da infiltração da água no solo, uma vez que a partir da metade os valores ficam mais constantes, sendo que ao final da linha os últimos valores se repetem. A partir do intervalo com valor 0,60 há uma diminuição na infiltração, momento no qual os valores reduzem até iniciar a repetição ao final do teste.

O gráfico abaixo referente à estrada AM-330 (quadro 05) é mostrada a variação da infiltração:

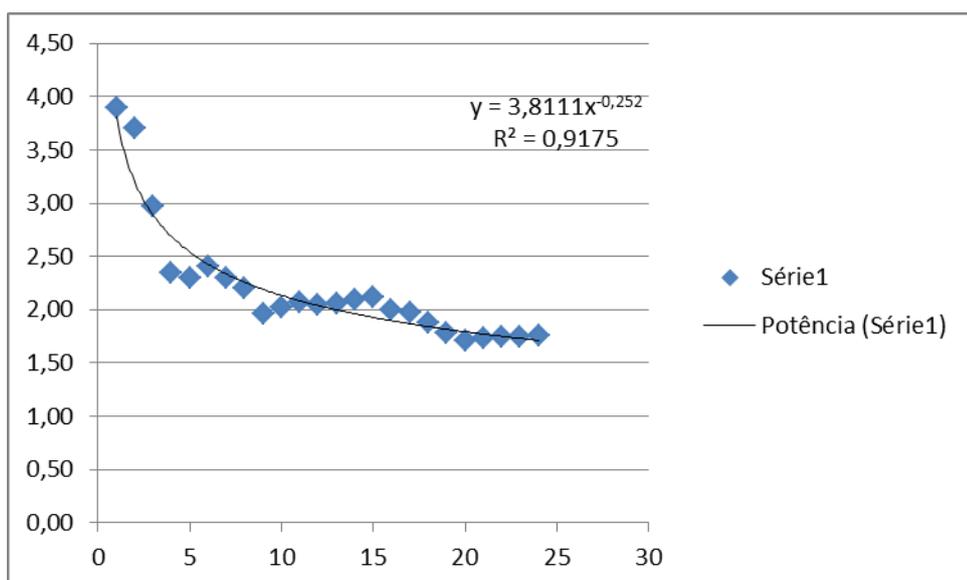


Figura 25: Gráfico de infiltração referente ao quadro 05 (estrada AM-330).

Fonte: Do autor.

O gráfico abaixo mostra respectivamente as variações do teste de penetração ao solo nas estradas citadas anteriormente (figura 32).

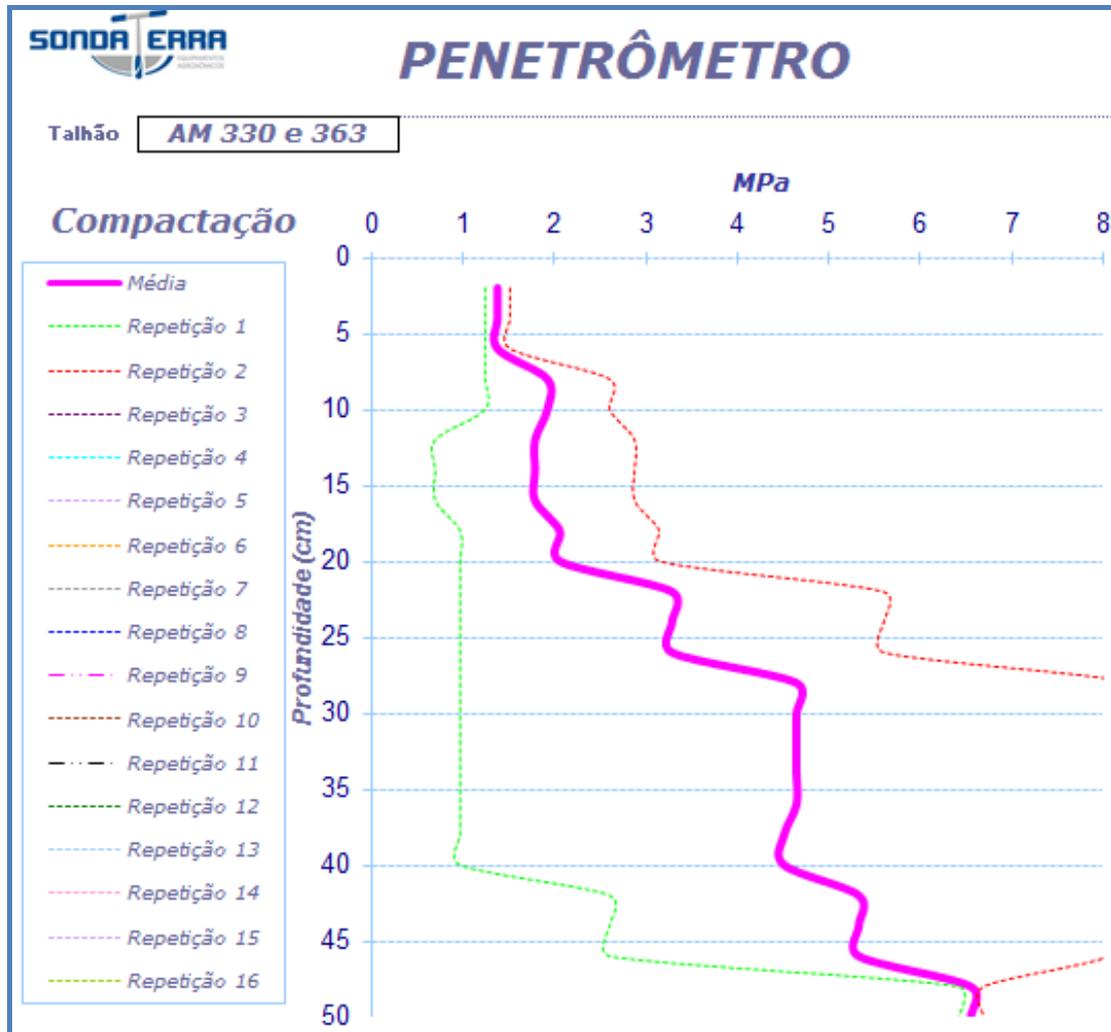


Figura 26: Gráfico de penetração elaborado a partir dos quadros 04 e 05 (estradas AM-330 e AM-363).
Fonte: Do autor.

O gráfico acima mostra a variação da infiltração em cada estrada, onde a linha verde representa a primeira repetição; a linha rosa representa média dos valores e a linha vermelha representa a segunda repetição. O “corte” representado na linha tracejada em vermelho significa que alguns valores presentes no quadro anterior ultrapassaram o valor 8, que é o último número da Medida Pascal (MPa) e apresenta variação de escala entre 0 e 8.

Esta medida refere-se à unidade de pressão do Sistema Internacional de Unidade e é definida como pressão que uma força exerce de 1 N (um Newton) sobre uma superfície de 1 m². O eixo x é substituído pela Medida Pascal (MPa), enquanto que o eixo y é substituído por profundidade (cm). O teste com o penetrômetro é de muita importância por determinar o grau de resistência do solo ao ser penetrado, uma vez que em algumas voçorocas o solo se encontra

bastante encrostado comprometendo até a realização do teste. Já o solo de outras incisões apresenta menor resistência por apresentar superfície menos rígida e este teste não pode ser realizado com o solo molhado, que provocará distorções comprometendo os valores.

4.4 Pluviosidade

Há um elemento natural bastante relevante, que são os dados de pluviosidade obtidos pelo INMET no ano de 2014, referentes aos meses de janeiro a dezembro de 2013 e, também, os dados de chuva obtidos pelo pluviômetro instalado no km-51 da AM-363, que realizou a coleta por igual período. O quadro abaixo mostra o total de chuva mensal e o total relativo ao ano de 2013, segundo o INMET: (Quadro 06).

Meses	Mm
Janeiro/2013	367.8
Fevereiro/2013	418.4
Março/2013	454.8
Abril/2013	293.3
Mai/2013	195.4
Junho/2013	109.2
Julho/2013	137.3
Agosto/2013	127.7
Setembro/2013	113.0
Outubro/2013	98.9
Novembro/2013	175.1
Dezembro/2013	222.3
Total	2.713,2

Quadro 06: Pluviometria mensal em mm correspondente ao ano de 2013.

Fonte: INMET, 2014.

De acordo com os dados do INMET (2013), o gráfico mostra a variação da chuva entre os meses de março como o mais chuvoso e o mês de outubro como o menos chuvoso. O mês de março com aproximadamente 460 mm e o mês de outubro com 100 mm:

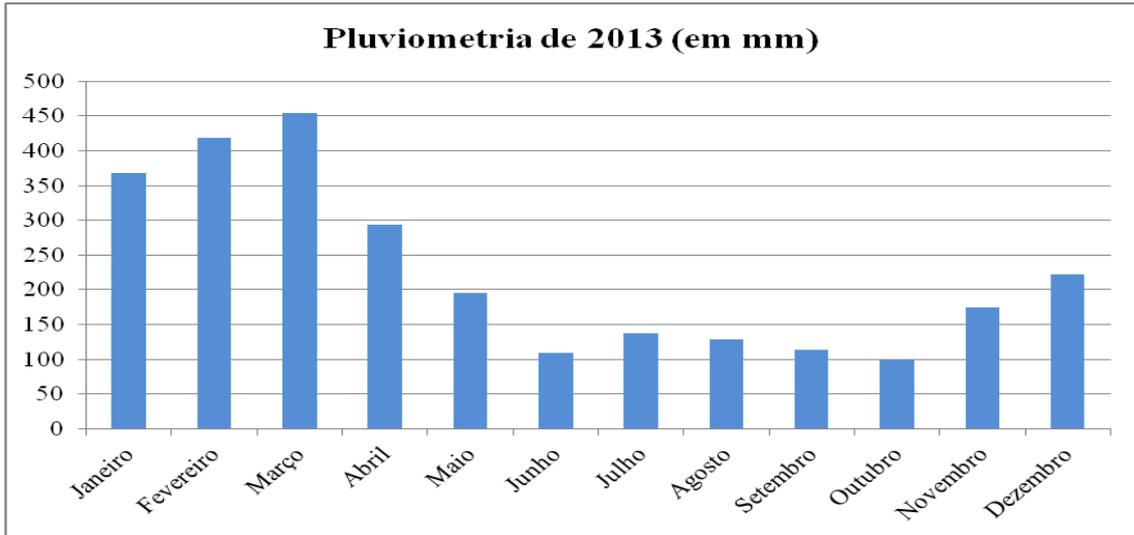


Figura 27: Gráfico do tipo coluna dos dados pluviométricos obtidos do INMET, 2013.

Fonte: Do autor.

Além da localização das voçorocas e dos dados do INMET, o quadro abaixo mostra o total mensal de chuva com os dados obtidos mediante o monitoramento do pluviômetro manual instalado no km-51 da estrada AM-363, na residência do Sr. Walter Vasconcelos:

Meses	Mm
Janeiro/2013	220,7
Fevereiro/2013	292,2
Março/2013	283,0
Abril/2013	208,2
Maio/2013	169,3
Junho/2013	70,0
Julho/2013	80,9
Agosto/2013	95,4
Setembro/2013	52,1
Outubro/2013	71,2
Novembro/2013	211,1
Dezembro/2013	169,0
Total	1.923,1

Quadro 07: Pluviometria mensal em mm correspondente ao ano de 2013.

Fonte: Do autor.

O gráfico abaixo, do tipo coluna, demonstra o mês de fevereiro como o mais chuvoso e o mês de setembro como o menos chuvoso, de acordo com dados coletados a partir do pluviômetro instalado no km-51 na estrada AM-363:

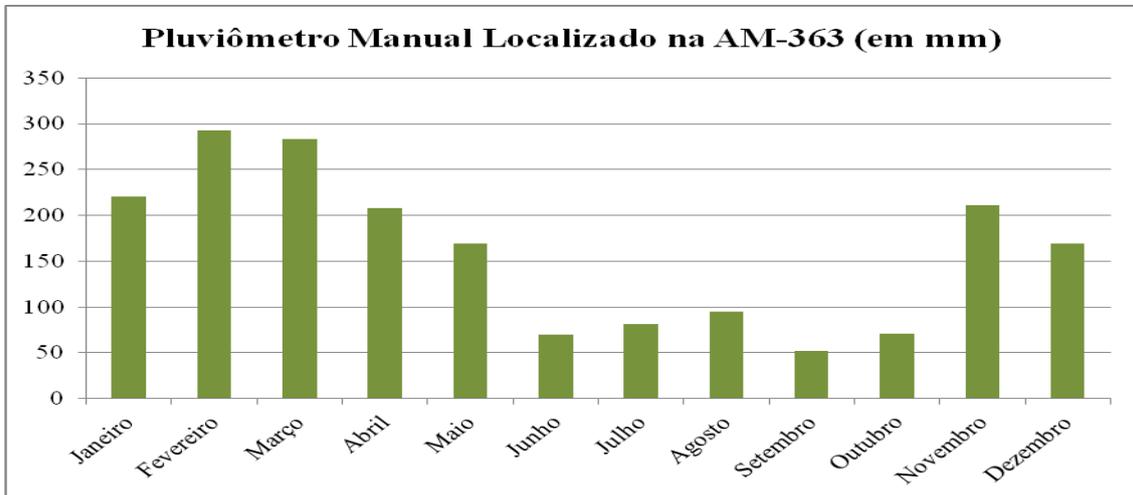


Figura 28: Gráfico dos dados fornecidos pelo pluviômetro no ano de 2013.

Fonte: Do autor.

No gráfico abaixo (Figura 29) são mostrados, respectivamente, os totais pluviométricos tanto fornecidos pelo INMET (Estação Itacoatiara) quanto obtidos pelo pluviômetro (Estação AM-363).

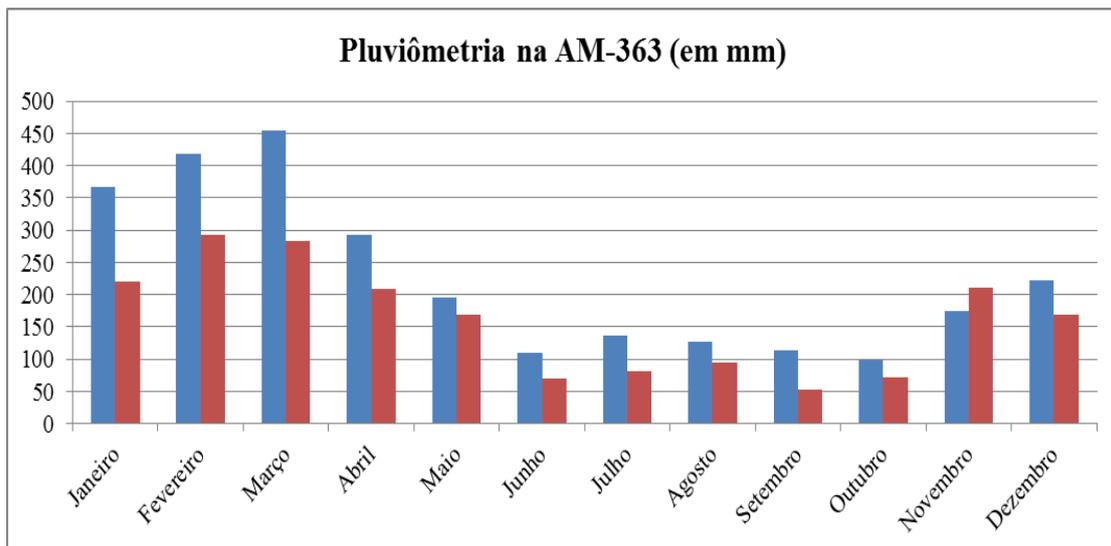


Figura 29: Gráfico da pluviometria referente aos índices ocorridos no ano de 2013. Em azul os dados obtidos do INMET (Estação Itacoatiara). Em vermelho os dados obtidos do pluviômetro (Estação AM-363) entre os meses de janeiro a dezembro do mesmo ano.

Fonte: Do autor.

No gráfico acima observa-se que há uma diferença na quantidade de chuva e uma pequena variação quanto aos meses mais chuvosos e menos chuvosos. Nos dados do Inmet o

mês mais chuvoso foi março, e da estação na AM-363 foi fevereiro. O mês menos chuvoso na estação do INMET foi outubro, e na estação da AM-363 foi em setembro. Apesar dessa pequena diferença, os dados demonstram que os meses mais chuvosos são de dezembro a abril e os menos chuvosos de maio a novembro. Além disso, revelam que na área de estudo, os regimes de chuva são predominantes e do ponto de vista da erosividade da chuva, contribuem para desenvolver em áreas sem proteção do solo, as voçorocas.

De posse desses dados e após trabalho de pesquisa de campo realizado nas referidas estradas, observou-se a partir da constatação da análise dos dados de chuva, que um dos fatores determinantes para o processo erosivos é pelo impacto das gotas de chuva no solo do tipo *splash* ou erosão por gotejamento, sendo este tipo de erosão responsável, na maioria das vezes, por provocar processos de ravinamento, podendo transformar-se em processos de voçorocamento de acordo com a intensidade dos índices pluviométricos. Além dos dados pluviométricos mostrados anteriormente, uma importante informação a ser analisada acerca das voçorocas, consiste na área ocupada por cada incisão.

4.5 Características das Voçorocas

Com as práticas de campo foi possível obter a quantidade de voçorocas existentes nas rodovias, assim como o tamanho de cada incisão, profundidade, largura, distância da pista e o grau de risco. No quadro abaixo (09) se tem uma descrição geral das incisões.

Voc.	Risco	Rod.	Loc.	Comp.	Larg.	Prof.	Área (m ²)	Volume (m ³)	Tipo	Forma	Tam.
1	Curto Prazo	AM-363	Km-51	25,10	12,32	6,70	309,23	2.071,85	Conectada	Retangular	Pequena
2	Médio prazo	AM-363	Km-58	63,35	3,10	3,50	196,38	687,34	Conectada	Retangular	Muito Pequena
3	Médio Prazo	AM-363	Km-68	18,30	8,30	4,30	151,89	653,12	Desconectada	Ramificada	Muito pequena
4	Médio Prazo	AM-363	Km-68	18,30	5,40	6,20	98,82	612,68	Desconectada	Retangular	Muito pequena
5	Médio Prazo	AM-363	Km-68	40,00	10,00	5,40	400,00	2.160,00	Conectada	Retangular	Pequena
6	Médio Prazo	AM-363	Km-71	29,50	16,40	7,60	483,80	3.676,88	Conectada	Retangular	Pequena
7	Longo Prazo	AM-363	Km-73	38,60	9,70	12,12	374,42	4.537,97	Conectada	Retangular	Pequena
8	Médio prazo	AM-363	Km-73	15,00	4,00	2,60	60,00	156,00	Conectada	Retangular	Muito pequena
9	Curto Prazo	AM-363	Km-80	30,00	22,00	14,00	660,00	9.240,00	Conectada	Retangular	Pequena
10	Curto Prazo	AM-363	Km-80	95,00	9,00	12,00	855,00	10.260,00	Conectada	Ramificada	Média
11	Médio prazo	AM-363	Km-80	53,40	36,20	12,00	1933,08	23.197,00	Conectada	Retangular	Grande
12	Médio prazo	AM-363	Km-80	63,10	13,00	20,00	820,30	16.406,00	Conectada	Retangular	Média
13	Médio prazo	AM-363	Km-92	68,60	9,20	6,70	631,12	4.228,50	Conectada	Ramificada	Pequena
14	Médio prazo	AM-363	Km-92	84,40	24,00	13,60	2025,60	27.548,00	Conectada	Retangular	Grande
15	Longo Prazo	AM-363	Km-92	32,00	13,40	3,40	428,80	1.457,92	Conectada	Ramificada	Pequena
16	Médio prazo	AM-330	Km-01	34,60	36,20	12,50	1252,52	15.656,50	Conectada	Retangular	Média
17	Médio prazo	AM-330	Km-02	60,00	20,00	7,50	1200,00	9.000,00	Conectada	Retangular	Pequena
18	Médio prazo	AM-330	Km-02	21,40	11,70	9,50	250,38	2.378,61	Conectada	Retangular	Pequena
19	Longo Prazo	AM-330	Km-05	59,0	40,0	5,20	2360	12.272,00	Conectada	Retangular	Média
20	Longo Prazo	AM-330	Km-07	60,00	9,00	13,00	540,00	7.020,00	Conectada	Retangular	Pequena
21	Longo Prazo	AM-330	Km-07	79,00	19,00	14,40	1501,00	21.614,40	Conectada	Linear	Grande
22	Médio prazo	AM-330	Km-07	30,00	16,00	17,50	480,00	8.400,00	Conectada	Retangular	Pequena
23	Longo Prazo	AM-330	Km-11	17,00	12,50	5,90	212,50	1.253,75	Conectada	Ramificada	Pequena
24	Médio prazo	AM-330	Km-11	63,00	20,00	7,20	1260,00	9.072,00	Conectada	Retangular	Pequena
-				-	-	Total	18.484,85	193.560,54	-	-	-

Quadro 08: Dimensões, tipos, formas e tamanho das voçorocas.

Fonte: Do autor.

Com as informações mostradas no quadro acima é possível observar e fazer a relação da quantidade de voçorocas com as diferentes classificações através da percentagem entre as

mesmas. Essas informações auxiliam no entendimento da distribuição das incisões segundo o volume erodido e o gráfico abaixo mostra esta relação (figura 30).

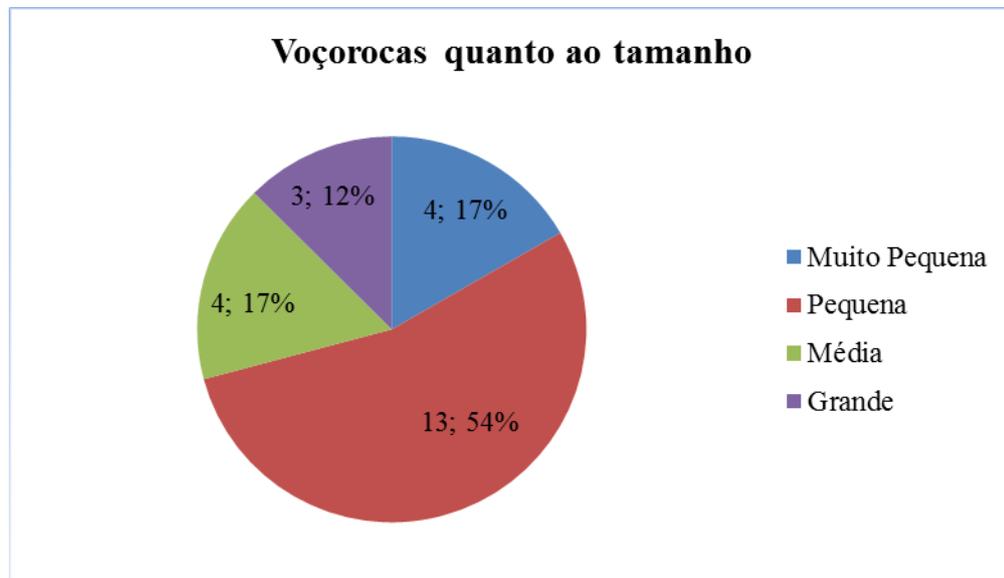


Figura 30: Gráfico referente ao percentual das voçorocas quanto ao tamanho (volume erodido).
Fonte: Do autor.

De acordo com o gráfico apresentado anteriormente (figura 30), mais da metade das voçorocas são classificadas como pequenas, pois têm volume erodido superior a 1000 m^3 , enquanto que não ocorreu nenhuma incisão classificada como muito grande. A maioria delas está localizada na estrada AM-363. Das 24 incisões, 04 são muito pequenas; 13 são pequenas; 04 são médias; 03 são grandes e não ocorreu voçoroca muito grande. As incisões classificadas como grandes são a minoria, pois o volume erodido é superior a 20000 m^3 e inferior a 40000 m^3 .

A porcentagem identificada no gráfico de quase 100% é uma informação que define a relevância do elemento natural da água nas dinâmicas das incisões. A mesma está presente em todas as voçorocas de maneira intensa, todavia, de formas diferentes e apresentam conexões a algum canal fluvial, que na maioria dos casos foi identificado como fundo de vale ou igarapés.

Apenas 2 (duas) voçorocas são do tipo desconectadas e, neste caso, a canaleta tem uma maior importância, pois é responsável de escoar a água às incisões. Nas demais 22 incisões o escoamento superficial é muito mais intenso, devido ao maior fluxo de água que se conecta com as mesmas e causa em alguns casos aumento considerável no volume erodido.

Quanto à forma que cada incisão apresenta a que predomina é a retangular, seguida da ramificada, da bulbiforme e da dendrítica. No gráfico abaixo (Figura 31) são mostradas as

formas de cada incisão que ocorrem de acordo com o volume erodido e o crescimento de cada uma:

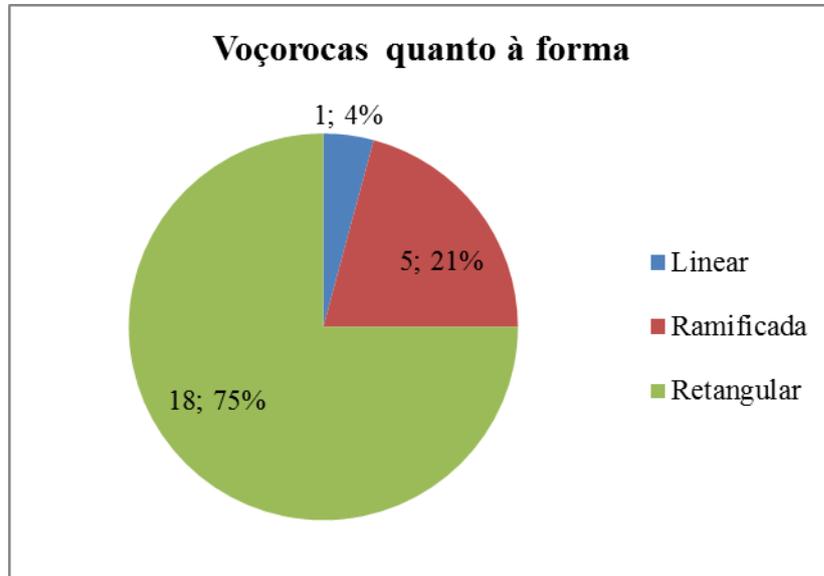


Figura 31: Gráfico referente à forma das voçorocas.

Fonte: Do autor.

A forma ou formato das incisões é uma importante característica de cada uma. A forma retangular predomina com um total de 18 (dezoito), a linear com apenas 1 (uma) e a ramificada com 5 (cinco) incisões. A forma predominante tem a característica de possuir largura pequena e comprimento extenso, que se assemelha a figura geométrica do retângulo. Algumas voçorocas apresentam proximidade maior com a pista do que outras incisões, devido estas apresentarem crescimento em direção ao fundo de vale, já que quase todas são do tipo conectadas.

A seguir serão mostradas 5 (cinco) incisões localizadas na pista AM-363 (figuras 38 até a 42), e 4 (quatro) voçorocas localizadas na estrada AM-330 (figuras 31 até a 31), sendo descritas as principais informações a respeito de cada uma. Com o objetivo de melhor visualização para facilitar a interpretação e a compreensão; são mostradas abaixo 9 (nove) feições organizadas em 3 (três) grupos referentes à mensuração de risco imediato a curto prazo, risco a médio prazo e risco a longo prazo, respectivamente (quadro 09).

Nível	Intervalo (m)	Descrição	Meses
1	0 – 3	risco imediato	0 – 6
2	3 – 6	risco a curto prazo	6 – 15
3	6 – 15	risco a médio prazo	15 – 36
4	> 15	risco a longo prazo	> 36

Quadro 09: Mensuração do risco das voçorocas com relação à distância para a pista.

Fonte: Tavares e Vieira (2010).

Na feição abaixo se observa a presença de vegetação, devido, sobretudo, à presença de água pluvial; o tipo é conectada; encontra-se em início de um aclave; parte da superfície superior se apresenta bem encrostada; intensos desmoronamentos; a profundidade é elevada; pequena distância para a pista; a tendência é que com o desgaste ao fundo ocorra nesta incisão o afloramento do lençol freático. Esta voçoroca apresenta risco imediato a curto prazo (figura 32).



Figura 32: Voçoroca com mensuração de risco a curto prazo na AM-363, km-68 (Setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Na feição abaixo (figura 33) há uma elevada proximidade com a estrada pelo sentido do crescimento; o tipo é conectada; risco a curto prazo; presença de vegetação em seu interior devido a maior ação da chuva; profundidade média; desmoronamentos que transportam grande quantidade de sedimentos, sobretudo, ao fundo; superfície encrostada próxima à cabeceira; possibilidade ao passar do tempo maior abertura em direção à estrada.



Figura 33: Voçoroca com proximidade à pista localizada no km-71 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

A incisão seguinte (figura 34) apresenta risco em médio prazo devido a razoável aproximação com a estrada; tipo conectada; possui muita vegetação em seu interior tanto na cabeceira quanto ao fundo, revelando que há presença de um canal fluvial; crescimento em direção à pista; probabilidade de ocorrer desmoronamentos ao fundo com a absorção excessiva da água pluvial, nas partes mais altas apresenta superfície muito encrostada.



Figura 34: Voçoroca com solo encrostado e grande presença de vegetação localizada no km-73 da estrada AM-363 (Setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Na incisão a seguir ocorrem grandes quedas em bloco na qual não há mais a presença da vegetação que facilitou este processo; tanto na cabeceira quanto ao fundo ocorreu intenso encrostamento superficial; com as chuvas ocorrerá o transporte dos sedimentos dos blocos desmoronados e também há a tendência de expansão da feição em direção à estrada, bem como em direção ao talude; esta feição possui risco a médio prazo (figura 35).



Figura 35: Voçoroca com grande desmoronamento localizada no km-75 (Setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Na próxima (figura 36) a feição é do tipo conectada; apresenta risco a longo prazo; ocorre simultaneamente a proximidade com o fundo no qual houve a “separação” e o crescimento em direção à pista; é visível o formato de “U”, mostrando quedas maiores nesta parte da incisão; possui presença de vegetação, o que explica menor desgaste nas partes menos erodidas, de acordo com a figura a seguir.



Figura 36: Voçoroca com vasta vegetação e desmoronamentos localizada no km-79 (Setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Diferentemente das voçorocas localizadas na AM-363, as incisões localizadas na AM-330 apresentam características distintas tais como volume erodido, área, largura, comprimento, profundidade, entre outras. Nas figuras das feições a seguir (figuras 37 a 30) são mostradas voçorocas com características distintas. Na incisão abaixo (figura 37) uma voçoroca classificada como grande; risco imediato a curto prazo; elevado volume erodido (tamanho grande); a vegetação está muito presente, houve grande ruptura do relevo, a profundidade atingiu o lençol freático, grandes quedas em bloco, e a tendência de que ocorra mais desmoronamentos.



Figura 37: Voçoroca do tipo grande localizada no km-01 da estrada AM-330 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

Na voçoroca abaixo (figura 38) foi observado que houve queda em bloco; risco a médio prazo; a vegetação ao fundo é bastante presente e também em direção à pista, na qual há uma maior distância; a superfície encontra-se bastante encrostada; o solo apresenta baixa porosidade, que é exibida na imagem abaixo:



Figura 38: Voçoroca localizada no km-03 da estrada AM-330 (Setembro de 2013).

Fonte: Do autor.

Na próxima imagem (figura 39) apresentam-se incisões com muitas reentrâncias do relevo causadas pelo intenso desgaste; risco a médio prazo; houve quedas em bloco que se soltaram mediante grande presença de água; ao fundo e lateralmente há muita presença da vegetação e nessas áreas há maior demora em novas quedas. Além disso, essa voçoroca não está muito próxima à pista, fato que não a torna uma incisão de risco, porém a direção de crescimento segue para a via.



Figura 39: Voçoroca localizada no km-09 da estrada AM-330 (Setembro de 2013).
Fonte: Do autor.

De acordo com as características da feição a seguir (figura 40), o relevo apresenta grande ruptura em linha reta paralelamente à pista com quedas em bloco; risco a longo prazo; pouca vegetação; o solo apresenta crostas; a profundidade é elevada com afloramento do lençol freático; a probabilidade é a continuidade da ruptura.



Figura 40: Voçoroca localizada no km-11 da estrada AM-330.

Fonte: Do autor.

As imagens acima mostram algumas incisões relativas às 2 (duas) estradas de acordo com o quadro 09, onde constam os valores de mensuração de risco de cada voçoroca e no quadro abaixo há o grau de risco de cada incisão presente nas 2 (duas) estradas e sua respectiva mensuração de risco (quadro 10).

RISCO					
Voçoroca	Estrada	Localização	Curto prazo	Médio prazo	Longo prazo
1	AM-363	Km-51			
2	AM-363	Km-58			
3	AM-363	Km-68			
4	AM-363	Km-68			
5	AM-363	Km-68			
6	AM-363	Km-71			
7	AM-363	Km-73			
8	AM-363	Km-73			
9	AM-363	Km-80			
10	AM-363	Km-80			
11	AM-363	Km-80			
12	AM-363	Km-80			
13	AM-363	Km-92			
14	AM-363	Km-92			
15	AM-363	Km-92			
16	AM-330	Km-01			
17	AM-330	Km-02			
18	AM-330	Km-02			
19	AM-330	Km-05			
20	AM-330	Km-07			
21	AM-330	Km-07			
22	AM-330	Km-07			
23	AM-330	Km-11			
24	AM-330	Km-11			

Legenda:

Risco a Curto Prazo

Risco a Médio Prazo

Risco a Longo Prazo

Quadro 10: Mensuração de risco referente às 24 feições presentes nas estradas AM-363 e AM-330.

Fonte: Do autor.

Com a identificação e visualização cada feição e seu respectivo risco para a pista é possível estabelecer uma relação entre a porcentagem do número de incisões e o risco de cada uma para melhor interpretação e identificação dos problemas que poderão causar a curto, médio ou longo prazo. Esta relação será mostrada abaixo no gráfico do tipo *pizza* (figura 41).

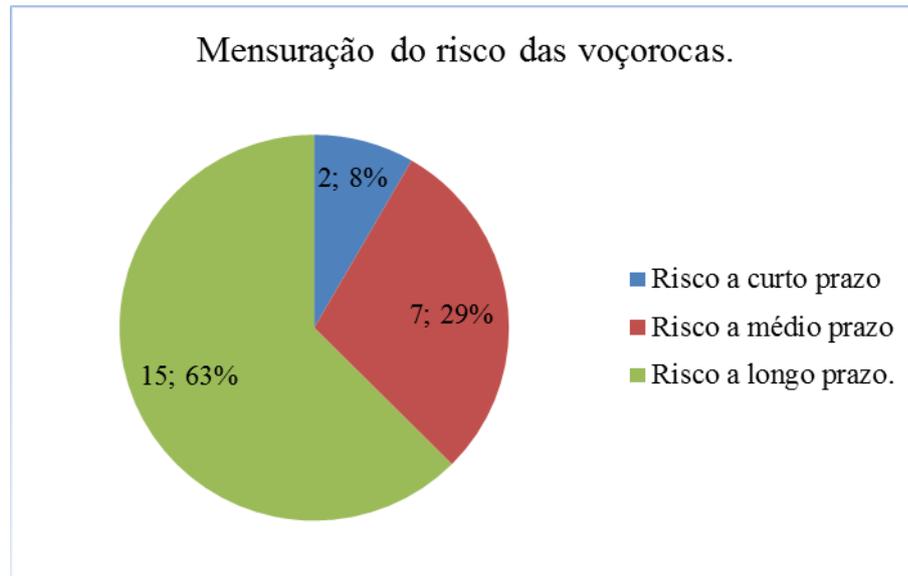


Figura 41: Gráfico da mensuração de risco das 24 feições nas estradas AM-363 e AM-330.
Fonte: Do autor.

De acordo com a figura (41) e com o quadro (09) a maioria das feições apresentam risco classificado nas estradas AM-363 e AM-330, respectivamente: 3 (três) incisões com risco a curto prazo, 10 (dez) feições com risco a médio prazo e apenas 2 (duas) voçorocas com risco a longo prazo; nenhuma incisão com risco a curto prazo, 5 (cinco) feições com risco a médio e 4 (quatro) incisões com risco a longo prazo. Tais diferenças são causadas, principalmente, pelas características do relevo que se apresenta de maneira muito dinâmica como em grandes declividades e nas estradas muitos aclives e declives presentes desde a pavimentação destas.

4.6 Granulometria do Solo

Após a coleta do solo, foi identificada a cor predominante da amostra coletada. Dessa forma, observou-se que a cor que mais predominou foi a 7 YR/6, que significa uma cor mais próxima do amarelo, no entanto, cores com predominância do vermelho e do cinza também foram identificadas (Figura 42).



Figura 42: Tabela de cores para identificar a cor do solo.
Fonte: Do autor.

Após as amostras coletadas em campo, o solo foi tratado em laboratório, constatando que há dois tipos de solo predominando, um mais argiloso e outro mais arenoso, porém, o mais predominante é o solo argiloso, Lotossolo Amarelo.

4.7 pH do solo

Segundo Lepsch (2011), o pH do solo varia de uma escala que vai de 1 a 14, sendo 5 a 6,5 um solo ácido e 7 um solo neutro entre o ácido e alcalino. O pH do solo, medido em campo com o pHmetro, revelou estar entre 5 a 7. Para Lepsch (2011), solos com erosão são suscetíveis a serem mais ácidos, o que de fato foi obtido em campo.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal identificar o surgimento das voçorocas às margens das rodovias AM-363 em direção ao município de Itapiranga e na rodovia AM-330 em direção ao município de Silves. No desdobramento do trabalho foi constatada a presença de muitos elementos naturais e artificiais que contribuíram para a presença destas incisões ao longo dos quase 126 km de extensão das rodovias.

Segundo a interpretação das informações coletadas em campo e trabalhadas em laboratório, ao realizar uma análise temporal durante e após a pavimentação das duas rodovias, esta apresenta influência na dinâmica das incisões, uma vez que alterou significativamente o escoamento superficial das águas pluviais e também modificou o escoamento subsuperficial, todavia, com menor intensidade. A pavimentação das duas rodovias também contribuiu na dinâmica das mesmas, não sendo o fator preponderante, pois antes da mesma já havia incisões.

A ação antrópica e o Poder Público têm participação neste processo causando alterações na interação entre os elementos naturais. A pavimentação de ambas as rodovias também provocou mudanças no aumento do número das incisões e causou diminuição na absorção da água. Houve também, por parte do Poder Público (SEINFRA) aterro de 1 (uma) incisão que já tinha avançado até a proximidade da metade da rodovia AM-363, comprometendo parte do acesso ao município de Itapiranga e também com risco iminente de haver desmoronamento total interrompendo totalmente o acesso de quaisquer tipos de transporte.

Entre as informações fundamentais obtidas ao longo dos 12 meses de monitoramento das voçorocas, pode ser destacado o aumento no número de incisões, que ao final do ano de 2012 era de 19 incisões, no final do ano de 2013 houve um acréscimo de 5 voçorocas, totalizando 24 feições neste ano. Ao final do trabalho algumas questões foram respondidas, e o principal fator responsável tanto no aumento na quantidade das voçorocas, quanto na expansão destas foi a drenagem pluvial, combinada com as características do relevo local.

No entanto, é imprescindível para o êxito das próximas pesquisas o acompanhamento e o monitoramento para que a curto, médio, ou longo prazo não ocorram problemas de ordem econômica e social nesta importante ligação entre Itapiranga e Silves com os municípios

adjacentes e com Manaus. As medidas de contenção por parte do Poder Público, como colocação de materiais, conserto e construção de canaletas, asfaltamento das áreas laterais entre outras são fundamentais para evitar o surgimento de novas feições e o controle das já existentes.

Mediante o monitoramento das voçorocas nas referidas estradas, algumas incisões apresentaram modificações do tipo: sofreram aterramentos; sofreram aumento/diminuição em seu tamanho (aumento na maioria dos casos) etc. As chuvas contribuem, consideravelmente, na dinâmica das voçorocas, sendo responsável pelas alterações na drenagem pluvial e, sobretudo, no escoamento superficial. Porém, observou-se que na maioria das voçorocas já existentes e também nas novas que surgiram, há a presença da canaleta.

No que concerne aos impactos observados em relação às estradas destaca-se o avanço das voçorocas, na maioria dos casos, em direção às pistas de acesso, podendo colocar em risco sua estrutura e gerar dificuldades ao tráfego de veículos no local.

REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, CLARICE & FLORIANO, EDUARDO PAGEL. **Avaliação de impacto ambiental de estradas**. Caderno didático nº 8, 1ª edição ed./Clarice Bandeira, Eduardo P. Floriano. Santa Rosa, 2004.
- BIGARELLA, J.J.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO. 3, 1985, Maringá. Anais...Maringá: 1985. ABGE/ADEA. p. 331.
- BRITO-SILVA, K. E. **Análise neotectônica do lineamento do rio madeira nas regiões de Itacoatiara, Silves e Itapiranga (Amazonas)**. In: Congresso Nacional de Geologia, 2010, Pará. Anais do 45º Congresso Brasileiro de Geologia, 2010.
- CANIL, K. et al. **Mapa de feições erosivas lineares do Estado de São Paulo, uma análise qualitativa e quantitativa**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO. 5., Bauru. *Anais do...Bauru*: ABGE/PMB/UNESP, 1995. p. 249-251.
- CAVAGUTI, N. **Erosões lineares e solos urbanos – estudos, caracterização e análise do meio físico de Bauru, São Paulo**. Tese de livre docência. Faculdade de Engenharia e Tecnologia, UNESP, Bauru, 548 p., 1994.
- COELHO NETO, A.L. (1998). **Hidrologia de encosta na interface com a Geomorfologia**. In: Guerra, A.J.T. e Cunha, S.B. (eds.): Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 3ª edição, p. 93-148.
- COELHO, M.R; SANTOS, H.G; SILVA, H.F; AGLIO, M.L.D. 2002. **O recurso natural solo**. In: Manzato, C.V.; Junior, E.F. & Peres, J.R.R. (Ed.). Uso agrícola dos solos brasileiros. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.1-11.
- ELLISON, W.D. (1947). **Soil erosion studies. II. Soil detachment hazard by raindrop splash**. Agric. Engng., 28, 197-201.
- EMBRAPA, 1999. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 412 p.
- EMBRAPA, 1997. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1997. 2ª ed., 212 p.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **La erosion del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla em las tierras de cultivo**. Roma: FAO, 1967, 207 p.
- GEOMORFOLOGIA, 5, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria: UGB/UFSM, 2004. p. 50-65.

GUERRA, A.J.; GUERRA, A.J.T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 9a edição – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 648 p.

GUERRA, A. T. O início dos processos erosivos. In: GUERRA, J. T. et al. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 17-50

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos em encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Orgs: A.J.T.Guerra & S.B.da Cunha. 3ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 149-209, 1998.

GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 10a edição – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, 474 p.

GUERRA (1991, a). **Soil characteristics and erosion, with particular reference to organic matter content**. Tese de Doutorado, Universidade de Londres, 441 p.

HORBE, A.M.C. et al. 1999. **Contribuição ao estudo das ocorrências de podzóis no noroeste do Amazonas**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 7, Anais..., Belém: SBG/NO, [s.d], v.1 p.70-74.

HORTON, R.E. (1945). **Erosion development of streams and their drainage basins: hydrological approach to quantitative geomorphology**. Geological Society of America Bulletin, n. 56, 275-376.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) – Censo de 2010.

IGREJA, H.L.S.; CATIQUE, J.A. **Análise neotectônica dos lineamentos de Itacoatiara centro-leste do estado do Amazonas**. In: Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos, 6, 1997, *Belém. Anais... Belém*: SBG/NO, 1997, v. 1, p. Doc., 2002.

JORNAL A CRÍTICA. **Governo do Amazonas anuncia obras em estradas do Estado**. Manaus, 13 de Janeiro de 2012. Acesso em : 01/06/2014 às 17 h.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.

KIRKBY, M.J. (1980). **Modelling water erosion processes**. In: Soil erosion. Editado por M. J. Kirkby e R.P.C. Morgan, 183-216.

LEPSCH, IGO, F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MILLER JR., G.T. **Ciência Ambiental**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MORGAN, R.P.C. **Soil Erosion & Conservacion**. New York. Longman, Inc., 1986, 298 p.

NEBOIT, R. (1983). **L`homme et l`erosion**. Faculté de Lettres et Sciences Humaines de I` Université de Clermont Ferrand II, fascicule 17, 183 p.

OLIVEIRA, M.A.T. de. *apud* REBELLO. **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**, 1989.

OLIVEIRA, M.A.T. **Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas**. In: Erosão e Conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Guerra, A.J.T.; Botelho, R.G.M. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

POESEN, J. (1984). **The influence of slope angle on infiltration rate and Hortoniano Overland flow volume**. Z. Geomorph. N. F., 49, 117-131.

PROJETO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NO DOMÍNIO DO MÉDIO AMAZONAS (CPRM, 2008).

QUADROS, M.L.E.S.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R.; SCANDOLARA, J.E. **Considerações preliminares sobre a evolução dos sistemas de drenagens dos rios Guaporé, Mamoré e Madeira, estado de Rondônia**. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 5, 1996, *Belém. Anais... Belém*: SBG/NO, 1996, v. 1, p. 242-245.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Energia e Saneamento. **Controle de Erosão**. 2. Ed. São Paulo: DAEE/IPT, 1990. 92 p.

SAVAT, J. (1979). **Laboratory experiments on erosion and deposition of loess by laminar sheet flow and turbulent rill flow**. In: Colóquio sur l'érosion agricole des sols em milieu tempere nou Mediterranéen. Editores: H. Vogt e Th. Vogt. Univ. Louis Pasteur, Strasburg, 139-143.

SEINFRA (Secretaria de Infraestrutura do Estado do Amazonas, 2005).

SELBY, M.J. (1994). **Hillslope sediment transport and deposition**. In: PYE, K. (ed.), *Sediment transport and deposition processes*. Blackwell Scientific Publicatios, 61-87.

SILVA, C.L. **Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005. 282p.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Glossary of soil science terms**. Madison: Wisconsin-U.S.A, 1975. P. 1-34.

SOUZA FILHO, P.W.M., QUADROS, M.L.E.S., SCANDOLARA, J.E., SILVA FILHO, E.P., REIS, M.R. **Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil**. Revista Brasileira de Geociências, v. 29, 4:469-76, 1999.

TAVARES, J. S. ; VIEIRA, A. F.S.G. ; BARBOSA, A. J. ; FARIAS, A. S. Análise preliminar da ocorrência de voçorocas na BR 174, Trecho Manaus - Presidente Figueiredo (AM). In: VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia - Sensitividade de Paisagens: Geomorfologia e as mudanças ambientais, 2010, Recife - PE. Anais do VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Recife - PE: UFPE, 2010.

THOMAS, M.F. 1994. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. [s.n] Wiley , 482 p.

THORNES, J.B. e BRUNDSSEN, D. (1977). **Geomorphology & time**. New York, Wiley, 208 p.

THORNES, J.B. (1980). **Erosional processes of running water and their spacial and temporal controls: a theoretical view point**. In: Soil erosion. Editores: M.J. Kirkby e R.P.C. Morgan, 129-182.

TREPL, L. **O que pode significar “Impacto Ambiental”**. In: AB`SABER, A.N.; PLANTENBERG, C.M. (Orgs.). Previsão de impactos. Ed. São Paulo: EDUSP, 2006.

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus (AM): principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. Tese (Doutorado). Florianópolis: DPGG, UFSC, 2008, 223 p.

VIEIRA, A.F.G. **Erosão por voçorocas em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM)**. Dissertação (Mestrado). Florianópolis: DPGG, UFSC, 1998, 181 p.

VIEIRA, A.F.G.; ALBUQUERQUE, A.R.da C. **Cadastramento de voçorocas e análise de risco erosivo em estradas: BR-174 (Trecho Manaus–Presidente Figueiredo)**. In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia. (Anais). Santa Maria: UGB/UFMS, 2004. p.50-65.

VITTE, A. C.; Guerra, A. J. T. **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p. 153-192.

A N E X O S

ANEXO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE GEOGRAFIA FÍSICA - LATOSSOLO

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 2.1- Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 110, 12g Becker c/ amostra: 114, 02g
 Peso da areia: 3,9g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro mm	Peso (g)	Frequência %	Observações
2-1	0,69		
1-0,5	0,90		
0,5-0,250	0,80		
0,250-0,125	1,20		
0,250-0,062	0,53		
Total	4,12		

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante A - 0,008 x 250	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			20,1087	20,2934	0,1847	44,17%			

Peso da areia: 3,9g (19,5%)
 Peso do silte: 7,27g (36,33%)
 Peso da argila: 8,83g (44,17%)

Data da Saída: _____

ANEXO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
 INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS E LETRAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 12.1 - Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 110,38g Becker c/ amostra: 124,03g
 Peso da areia: 13,68g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro	Peso	Frequência %		Observações
mm	(g)			
2-1	0,13			
1-0,5	1,02			
0,5-0,250	3,85			
0,250-0,125	6,93			
0,250-0,062	1,72			
Total	13,65			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			16,6720	16,7781	0,1061	A - 0,008 x 250 24,52			

Peso da areia: 13,68g (68,4%)

Data da Saída: _____

Peso do silte: 1,42g (7,08%)

Peso da argila: 4,90g (24,52%)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Peso da areia: 14,24g (71,2%)

Data da Saída: _____

Peso do silte: 2,49g (12,45%)

Peso da argila: 3,27g (16,35%)

ANEXO 3

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 3.2 - Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 86,93g Becker c/ amostra: 101,17g
 Peso da areia: 14,24g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro	Peso	Frequência %		Observações
mm	(g)			
2-1	0,59			
1-0,5	3,02			
0,5-0,250	4,58			
0,250-0,125	4,80			
0,250-0,062	1,17			
Total	14,16			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			15.4068	15,4802	0,0734	A - 0,008 x 250 16.35%			

Peso da areia: 14,24g (71,2%)

Data da Saída: _____

Peso do silte: 2,49g (12,45%)

Peso da argila: 3,27g (16,35%)

ANEXO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
 INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 12 - Itapiranga Peso total da amostra: _____
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 82,29g Becker c/ amostra: 95,99g
 Peso da areia: 13,7g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro mm	Peso (g)	Frequência %	Observações
2-1	0,12		
1-0,5	1,09		
0,5-0,250	3,74		
0,250-0,125	6,76		
0,250-0,062	1,96		
Total	13,58		

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante A - 0,008 x 250	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			16,8976	16,9898	0,0922	21,05%			

Peso da areia: 13,7g (68,5%)
 Peso do silte: 2,09g (10,45%)
 Peso da argila: 4,21g (21,05%)

Data da Saída: _____

ANEXO 5

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 13.1 - Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 87,52g Becker c/ amostra: 98,43g
 Peso da areia: 10,91g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro	Peso	Frequência %		Observações
mm	(g)			
2-1	0,19			
1-0,5	1,37			
0,5-0,250	3,38			
0,250-0,125	4,70			
0,250-0,062	1,24			
Total	10,88			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			21,7185	21,8345	0,1160	A - 0,008 x 250 27%			

Peso da areia: 13,91g (69,55%)

Data da Saída: _____

Peso do silte: 0,69g (3,45%)

Peso da argila: 5,4g (27%)

ANEXO 6

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 12 (cabeceira) - Itapiranga Peso total da amostra:

Programa: _____

Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g

Peso do Becker: 86,63g Becker c/ amostra: 99,41g

Peso da areia: 12,78g

Peso de grânulos: _____

Diâmetro mm	Peso (g)	Frequência %		Observações
2-1	0,29			
1-0,5	1,87			
0,5-0,250	3,44			
0,250-0,125	5,81			
0,250-0,062	1,38			
Total	12,79			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante A - 0,008 x 250	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			19,4147	19,5038	0,0891	20,27%			

Peso da areia: 12,78g (63,9%)

Peso do silte: 3,17g (15,83%)

Peso da argila: 4,05g (20,27%)

Data da Saída: _____

ANEXO 7

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 3.1 - Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 88,70g Becker c/ amostra: 105,04g
 Peso da areia: 16,34g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro	Peso	Frequência %		Observações
mm	(g)			
2-1	0,63			
1-0,5	3,62			
0,5-0,250	6,80			
0,250-0,125	4,60			
0,250-0,062	0,65			
Total	16,3			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante A - 0,008 x 250	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			18,8714	18,8876	0,0162	2,05%			

Peso da areia: 16,34g (81,7%)

Peso do silte: 3,25g (16,25%)

Peso da argila: 0,41g (2,05%)

Data da Saída: _____

ANEXO 8

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS E LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

Data da entrada: 10/06/2013

FICHA GRANULOMÉTRICA DE GROSSEIROS

Amostra: AM 363 1.1 - Itapiranga Peso total da amostra:
 Programa: _____
 Data da coleta: _____ Peso inicial da amostra: 20g
 Peso do Becker: 87,10g Becker c/ amostra: 101,17g
 Peso da areia: 14,07g
 Peso de grânulos: _____

Diâmetro mm	Peso (g)	Frequência %		Observações
2-1	0,69			
1-0,5	2,58			
0,5-0,250	3,95			
0,250-0,125	5,24			
0,250-0,062	1,57			
Total	14,03			

Ficha granulométrica de finos

Temp.	Hora inicial	Hora da coleta	Material (g)			Dispersante A - 0,008 x 250	Umidade (%)	Matéria orgânica (%)	Diferença peso total
			Peso do Becker s/ amostra	Peso do Becker c/ amostra	Diferença (A) BC/A - BSA				
			20,3363	20,4290	0,0927	21,17			

Peso da areia: 14,07g (70,35%)

Data da Saída: 18/07/2013

Peso do silte: 1,7g (8,84%)

Peso da argila: 4,23g (21,17%)