

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS CANAIS INCISOS DA BR 174  
TRECHO MANAUS - PRESIDENTE FIGUEIREDO (AM)**

**Bolsista: Letícia da Silva Lima, FAPEAM.**

**MANAUS  
2013**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Bolsista: Letícia da Silva Lima, FAPEAM.  
Orientador: Prof. Msc. Deivison Carvalho Molinari.  
RELATÓRIO FINAL  
PIB –H/0070/2012  
CARACTERIZAÇÃO DOS CANAIS INCISOS DA BR-174  
TRECHO MANAUS - PRESIDENTE FIGUEIREDO (AM)**

**MANAUS  
2013**

## **CARACTERIZAÇÃO DOS CANAIS INCISOS DA BR-174 TRECHO MANAUS - PRESIDENTE FIGUEIREDO (AM)**

**Resumo:** Este relatório apresenta o processo dinâmico existente dos canais incisões pertencentes a rodovia BR-174, especificamente no trecho entre as cidades de Manaus e Presidente Figueiredo (AM). De acordo com trabalhos prévios realizados por Vieira e Albuquerque (2004) e Vieira *et al.* (2005) a BR 174 apresentava 31 voçorocas cadastradas. No entanto, em 2010, Tavares (2010), realizaram recadastramento das incisões, acrescentando mais 2 canais incisos, demonstrando o caráter dinâmico destes processos. Acrescente-se a estes um outro elemento importante destacado por Molinari *et al* (no prelo) no qual a totalidade das voçorocas apresentam conexão com os 21 igarapés que entrecortam a rodovia, e que, portanto, realizam o assoreamento gradativo destes canais fluviais, alterando significativamente a paisagem local. Nesses trabalhos o monitoramento teve como embasamento a adoção de uma ficha cadastral onde são anotados aspectos ligados a localização, classificação (tipo, forma e tamanho), danos ambientais, danos materiais, dados métricos ligados às voçorocas (comprimento, largura e profundidade), declividade do terreno, uso e ocupação a montante e a jusante, histórico do surgimento, etc. Na direção deste trabalho o primeiro cadastramento para a coleta de dados para o relatório parcial, foram identificadas 20 voçorocas. Recentemente esse número mudou, totalizando em 23 voçorocas cadastradas, sendo que algumas dessas incisões foram contidas e outras novas surgiram. O interessante nesses cadastramentos é a possibilidade de mensuração de evolução ou não das incisões, enquadrando suas respectivas características a escala de alerta adotados do trabalho de (TAVARES, 2010) que varia de risco imediato a risco a longo prazo. Essa escala é muito importante pois serve como um detector de evolução das voçorocas, pois estas existentes ao longo da rodovia podem crescer em direção a pista e conseqüentemente provocar danos e acidentes. A causa dessas incisões na BR-174, no trecho entre Manaus e Presidente Figueiredo surgem e evoluem em função da drenagem das águas oriundas da pista que por sua vez escorrem em canaletas, estruturas de concreto que dão seu direcionamento, essas por sua vez não apresentam sua forma correta, findando no processo de erosão e assim voçorocas.

**PALAVRAS CHAVES:** voçorocas, contenção, evolução, Manaus, Presidente Figueiredo.

## LISTA DE FIGURAS

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>01</b> | <b>Mapa da Localização da área de estudo.....</b>                        | <b>7</b>  |
| <b>02</b> | <b>Voçoroca tipo conectada, forma dendrítica. BR-174 km 45.....</b>      | <b>9</b>  |
| <b>03</b> | <b>Ravina BR-174 km 19.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>04</b> | <b>Pedestais BR-174 km 42.....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>05</b> | <b>Alcova de regressão BR-174 km 42.....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>06</b> | <b>Filetes subverticais BR-174 km 37.....</b>                            | <b>11</b> |
| <b>07</b> | <b>Escamamentos BR-174 km 06.....</b>                                    | <b>12</b> |
| <b>08</b> | <b>Canelura BR-174 km 52.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>09</b> | <b>Marmita BR-174 km 45.....</b>   | <b>13</b> |
| <b>10</b> | <b>Costelas BR-174 km 56 .....</b>                                       | <b>14</b> |
| <b>11</b> | <b>Movimento de massa BR-174 km 42.....</b>                              | <b>14</b> |
| <b>12</b> | <b>Monitoramento morfométrico BR-174 km 56.....</b>                      | <b>16</b> |
| <b>13</b> | <b>PORÇÕES NORTE E SUL.....</b>  | <b>17</b> |
| <b>14</b> | <b>Seção geológica A; Grupo Javari; Formação Alter-do-Chão.....</b>      | <b>18</b> |
| <b>15</b> | <b>Seção geológica B; Grupo Trombetas.....</b>                           | <b>19</b> |
| <b>16</b> | <b>Seção geológica C; Formação Pitinga e Nhamundá .....</b>              | <b>19</b> |
| <b>17</b> | <b>Seção geológica D; Grupo Purus; Formação Prosperança.....</b>         | <b>20</b> |
| <b>18</b> | <b>Litoestratigrafia.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>19</b> | <b>Processo de voçorocamento.....</b>                                    | <b>21</b> |
| <b>20</b> | <b>Voçorocas ativas e contidas.....</b>                                  | <b>23</b> |
| <b>21</b> | <b>Incisão maior e menor em relação a pista/1º cadastro.....</b>         | <b>25</b> |
| <b>22</b> | <b>Mapa de escala de risco erosivo.....</b>                              | <b>26</b> |
| <b>23</b> | <b>Risco Imediato, a curto prazo, a médio prazo e a longo prazo.....</b> | <b>28</b> |
| <b>24</b> | <b>Mecanismos de evolução das voçorocas .....</b>                        | <b>29</b> |
| <b>25</b> | <b>Mecanismos de evolução das voçorocas .....</b>                        | <b>29</b> |
| <b>26</b> | <b>Incisão maior e menor em relação a pista/2º cadastro .....</b>        | <b>30</b> |
| <b>27</b> | <b>Voçoroca do km11 sendo contida pela DNIT .....</b>                    | <b>31</b> |
| <b>28</b> | <b>Voçoroca do km6,5 pertencente a local privado .....</b>               | <b>32</b> |
| <b>29</b> | <b>Nova incisão do km 56,1 .....</b>                                     | <b>32</b> |
| <b>30</b> | <b>Nova incisão pertencente ao km 56,1 .....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>31</b> | <b>1º ponto de intervenção nas proximidades do km 36 .....</b>           | <b>33</b> |
| <b>32</b> | <b>2º ponto de intervenção próximo do km 42 .....</b>                    | <b>34</b> |
| <b>33</b> | <b>Vale assoreado .....</b>  | <b>35</b> |
| <b>34</b> | <b>Rede cabo óptico enterrado km 52 .....</b>                            | <b>36</b> |
| <b>35</b> | <b>Poste próximo a voçoroca km 52 .....</b>                              | <b>36</b> |

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1.INTRODUÇÃO.....   | 6  |
| 2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 8  |
| 2.1 O QUE É EROSÃO?.....  | 8  |
| 2.2 FEIÇÕES EROSIVAS .....  | 8  |
| 2.2.1 VOÇOROCAS.....  | 8  |
| 2.2.2 SULCOS E RAVINAS.....   | 9  |
| 2.2.3 PEDESTAIS/DEMOISELLES/PINACULO/MICRO-MORRO/MICRO-PIRÂMIDE.....                  | 10 |
| 2.2.4 ALCOVAS DE REGRESSÃO.....   | 11 |
| 2.2.5 FILETES SUBVERTICAIS.....   | 11 |
| 2.2.6 ESCAMAMENTOS.....   | 12 |
| 2.2.7 DUTOS DE CONVERGÊNCIA E CANELURAS.....  | 12 |
| 2.2.8 MARMITAS.....   | 13 |
| 2.2.9 COSTELAS.....   | 13 |
| 2.2.10 MOVIMENTOS DE MASSA.....   | 14 |
| 2.2.11 QUEDAS DE TORRÕES.....   | 15 |
| 3. METODOS UTILIZADOS   | 15 |
| 4. CARACTERIZAÇÃO GEOLOGICA – GEOMORFOLOGICA DA AREA DE ESTUDO.....                   | 16 |
| 4.1 MUNICIPIO DE PRESIDENTE FIGUEIREDO.....   | 16 |
| 4.2 PORÇÃO SUL .....  | 17 |
| 4.2.1 GRUPO JAVARI/FORMAÇÃO ALTER-DO-CHÃO.....  | 17 |
| 4.2.2 GRUPO TROMBETAS/FORMAÇÕES MANACAPURU, PITINGA E NHAMUNDÁ.....                   | 18 |
| 4.2.3 FORMAÇÃO MANACAPURU   | 18 |
| 4.2.4 FORMAÇÃO PITINGA.....   | 19 |
| 4.2.5 FORMAÇÃO NHAMUNDÁ.....  | 19 |
| 4.3 PORÇÃO NORTE.....   | 20 |
| 4.3.1 GRUPO PURUS/FORMAÇÃO PROSPERANÇA.....   | 20 |
| 4.3.2 SUÍTES INTRUSIVAS MAPUERA, ÁGUA BRANCA, GRUPO IRICOUME E COMPLEXO JAUAPERI..... | 20 |
| 4.3.3 ASSOCIAÇÃO IRICOUME-MAPUERA.....  | 20 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....   | 21 |
| 5.1 MAPEAMENTO DO LOCAL DE OCORRENCIA DAS INCISÕES.....                               | 21 |
| 5.2 MECANISMOS DE EVOLUÇÃO DAS VOÇOROCAS.....   | 28 |
| 5.3 MONITORAMENTO DAS TAXAS DE CRESCIMENTO.....                                       | 29 |
| 5.4 QUANTIFICAR DANOS AMBIENTAIS OU IMPACTOS AMBIENTAIS.....                          | 34 |
| 6. CONCLUSÕES .....   | 37 |
| 7. REFERENCAS .....   | 38 |
| 8. CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....  | 40 |
| ANEXO 1.....  | 41 |
| ANEXO 2.....  | 41 |
|   |    |

## Introdução

A partir do século 19 e 20 começa-se a pensar na ocupação da Amazônia e sua integração com o restante do país, em função das descobertas do potencial natural e de sua influência para a manutenção climática global; além disso, olhares e as cobiças internacionais se voltam para a região, daí era preciso integrar [a região ao cenário nacional] para não entregar [aos estrangeiros].

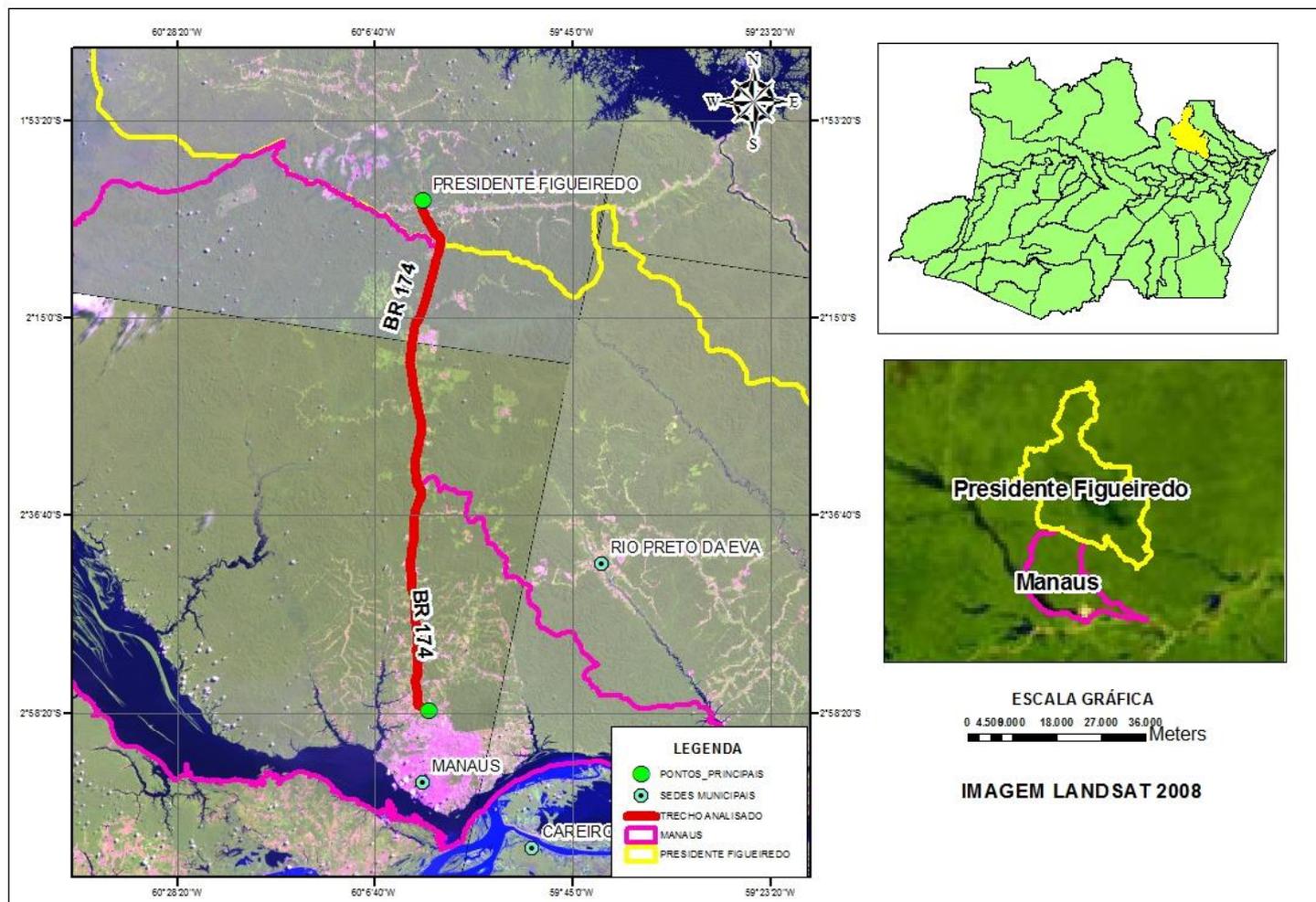
É nessa perspectiva que, em meados da década de 70 do século 20, na vigência dos governos militares, começaram a ser construídas rodovias de integração entre os estados da região e destes com o restante do país e com os outros países da Panamazônia. Neste sentido, surgiram diversas estradas: a Transamazônica, com 5 mil quilômetros ligando a Amazônia de leste a oeste; a rodovia Santarém (PA) – Cuiabá (MT), de norte a sul, atravessando a região Centro-Oeste; a BR-319, ligando Manaus (AM) a Porto Velho (RO), e a BR-174 ligando Manaus a Boa Vista e Boa Vista com a Venezuela (ESCOBAR, 1998).

O objetivo da construção das estradas era, em primeira instância, interconectar toda a Amazônia e, por conseguinte, integrar Brasília, a capital federal, a Caracas, capital da Venezuela. Desse modo, ambas as capitais estariam ligadas pelos seguintes trechos: Brasília – Cuiabá, Porto Velho – Manaus – Boa Vista, e desta até o marco BV-8, fronteira com Santa Elena de Uaiare, desse ponto seguindo o trecho El Dorado – Caracas (ESCOBAR, 1998).

Dentre todas essas estradas, a BR-174, que liga Manaus (AM) a Boa Vista (RR), foi a última a ser inaugurada, devido aos diversos entraves a sua abertura, dentre os quais se destaca o conflito com a comunidade indígena Waimiri-Atroari, residente nos locais de seu traçado, culminando com dezenas de mortes. No entanto, após todos esses contratemplos, a estrada foi inaugurada em 06 de abril de 1977 pelo vice-presidente da República, General Adalberto Pereira dos Santos, reafirmando-se como forma de integração entre os estados e proporcionando mais um meio para os produtos da Zona Franca de Manaus chegar à Venezuela.

É diante deste contexto que se abre a BR-174 (**Fig. 01**), cuja característica marcante é a linealidade quase que absoluta. Em função disso, evidenciam-se diversos processos erosivos, com destaque para voçorocamentos, além de movimentos de massa e assoreamento de canais, em consequência da construção cujo trajeto não obedeceu às curvas de nível, cortando os divisores de água, conforme atestam Vieira e Albuquerque (2004) e Vieira *et al* (2005), o que, portanto, ocasionou diversos impactos ambientais e econômicos.

## Mapa de localização da área de estudo



**Fig.01** - Área de Estudo: Trecho Manaus – Presidente Figueiredo  
**Fonte:** SEMMAS, 2013. **Org.:** Daniela Carvalho (neste trabalho)

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 O que é erosão?

A erosão dos solos é um processo que ocorre em duas fases: uma que constitui a remoção (*detachment*) de partículas, e outra que é o transporte desse material, efetuado pelos agentes erosivos (GUERRA, 2008 *apud* VIEIRA, 2008).

O processo erosivo causado pelas águas das chuvas tem abrangência em quase toda a superfície terrestre, em especial nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras regiões do planeta. Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, o que agrava ainda mais a erosão. O processo tende a se acelerar a medida que mais terras são desmatadas para a exploração de madeira e/ou para a produção agrícola, uma vez que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal e, conseqüentemente as chuvas incidem diretamente sobre a superfície do terreno (GUERRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008).

### 2.2 Feições erosivas

#### 2.2.1 Voçorocas

O surgimento de feições erosivas, e conseqüentemente de voçorocas são dependentes das taxas de variação de erosão, as quais estão ligadas á ação de fatores controladores, como: processos hidrológicos, propriedades físicas dos solos, a erosividade, as características da encosta, a cobertura vegetal (GUERRA, 1994 *apud* VIEIRA 2008) e a intervenção antrópica.

Os processos existentes nas voçorocas, principalmente na cabeceira, variam desde escoamento superficial, escoamento subsuperficial, (por meio de poros ou túneis), erosão em cascata, queda em blocos, movimentos de massa diversos até erosão por salpicamento, a erosão por percolação e erosão em dutos, entre outros (DIETRICH e DUNNE, 1993 *apud* OLIVEIRA, 2005).

A identificação de voçoroca é determinada pela presença de quedas em bloco das camadas do solo, paredes verticais e fundo plano, formando seção transversal em **U** e profundidade superior a 1,5 m (VIEIRA, 2008). (**Fig. 02**) As voçorocas podem ser agrupadas ainda pelo tipo em: conectadas, desconectadas e integradas (OLIVEIRA, 1992 *apud* VIEIRA, 2008) (**Anexo 01**). As conectadas estão ligadas a canal de drenagem; as desconectadas, encontrando-se na parte superior da encosta, não estão conectadas a um canal; as integradas são a junção das duas formas anteriores

(voçorocas conectadas e voçorocas desconectadas), formando uma só incisão erosiva.



**Fig. 02** – Voçoroca tipo conectada, forma dendrítica. BR-174 km 45.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013.

As voçorocas podem ser classificadas pelas diferentes formas que podem ser linear, bifurcada, dendrítica ou ramificada, irregular e retangular (**Anexo 02**). (VIEIRA, 2008).

Em meio rural e meio urbano, as voçorocas estão condicionadas aos mesmos elementos: erosividade, erodibilidade, cobertura vegetal e características da encosta, além das influências antrópicas que podem ser marcantes em ambos os casos. No caso em particular das voçorocas que surgem em estradas o principal elemento diz canalização das águas da chuva (VIEIRA, 2008).

### **2.2.2 Sulcos e Ravinas**

São feições formadas na superfície de encostas com vegetação degradada, ou no interior de voçorocas, tais feições indicam as rotas de organização de escoamento superficial concentrado. Para diferenciar essas incisões foi estabelecido um parâmetro de profundidade de 0,05m a 0,50m para os sulcos e de 0,50m a 1,5m para a ravina (VIEIRA, 2008). Comparando ravina com voçoroca, a primeira não apresenta processos de desmoronamento nas paredes expostas a incisão, como a queda de blocos, a segundo já apresenta está característica. (**Fig. 03**)



**Fig. 03** – Ravina (seta vermelha) BR-174 km 19.  
**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

### 2.2.3 Pedestais/Demoiselles/Pináculo/Micro-Morro/Micro-Pirâmides

São formados pela ocorrência de salpicamento, também conhecido como *splash erosion*, essas feições são esculpidas através de dois mecanismos: o primeiro ocorre pela chuva vertical, o salpicamento desloca partículas por impacto de gotas de chuva, acarretando na compactação da superfície do terreno, através da remobilização de silte e argila nos espaços intergranulares, o segundo é feito de forma horizontal, através de escoamento laminar, que indica intensa atividade erosiva. São comuns no interior de incisões erosivas ou em vertentes desprovidas de vegetação (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008). (**Fig. 04**)



**Fig. 04** – Pedestais (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada, forma bifurcada. BR-174 km 42.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013.

#### 2.2.4 Alcovas de regressão

São feições erosivas que podem ser observadas sob diferentes condições climáticas e litológicas, podendo ser esculpidas tanto por escoamento superficial na forma de filetes subverticais, quanto pela exfiltração do lençol freático, ou ainda pela combinação desses dois mecanismos. A expansão dessa feição resulta em desmoronamento das camadas superiores por perda de sustentação, sendo importantes na identificação dos materiais e mecanismos envolvidos na expansão das voçorocas (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008) (Fig. 05).



**Fig. 05** – Alcova de regressão (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada, forma bifurcada. BR-174 km 42.

**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013.

#### 2.2.5 Filetes subverticais

São encontrados em paredes de voçorocas, formados pelo processo de escoamento superficial na forma de filetes subverticais, esculpidos em materiais pouco coesivos. No entanto sua ação pode ser observada, mesmo em materiais que apresentam maior coesão, como saprolitos derivados de siltitos e argilitos (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008) (Fig. 06)



**Fig. 06** – Filetes subverticais (seta vermelha), voçoroca do tipo desconectada, forma dendrítica. BR-174 km 37.

**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

### 2.2.6 Escamamentos

São feições formadas pelo acúmulo de material fino (areia fina ou muito fina) sobre superfície mais resistente. O transporte dessas partículas ocorre em formas de pequenos fluxos laminares verticais a subverticais (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008) (**Fig. 07**)

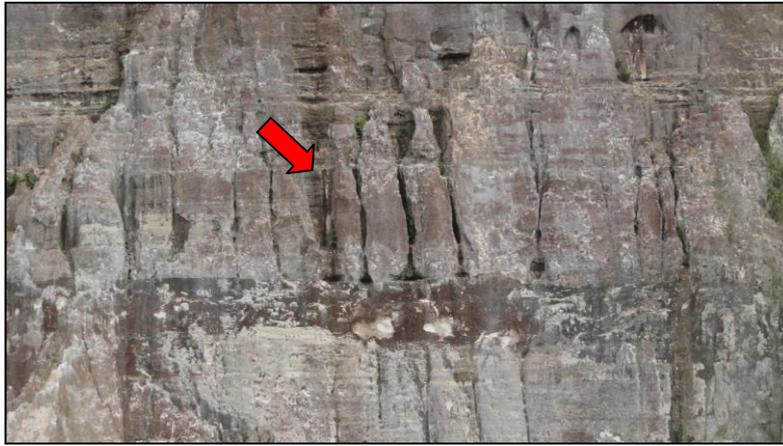


**Fig. 07** – Escamamentos (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada, forma dendrítica. BR-174 km 06.

**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

### 2.2.7 Dutos de convergência e caneluras

Os dutos ocorrem nas paredes das voçorocas e estão relacionados à existência de macroporos, e esses podem originar-se de fraturas de tração, de raízes de plantas e de atividade biótica. (DIETRICH e DUNNE, 1993 *apud* OLIVEIRA, 2005). A expansão de dutos está relacionada à capacidade de transportar grande quantidade de material, o que pode causar colapso do terreno acima, possibilitando o surgimento de voçorocas. Os dutos também podem ser vistos nas paredes laterais e nas cabeceiras de voçorocas, ampliando-as (OLIVEIRA e CAMARGO, 1996 *apud* OLIVEIRA, 2005) (**Fig. 08**)



**Fig. 08** – Canelura (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada, forma bifurcada. BR-174 km 52.

**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

### 2.2.8 Marmitas

Existem dois tipos de marmitas: as *marmitas torrenciais*, que são aquelas que se formam pela ação turbilhonar da água de escoamento concentrado (GUERRA e GUERRA, 1997 *apud* VIEIRA, 2008) e ocorrem geralmente na superfície plana da incisão, em formas cilíndricas a semi-esféricas, o segundo tipo são as *marmitas residuais*, são aquelas encontradas em cabeceiras de voçorocas. Essa feição é um indicativo de erosão por quedas d' água (plunging pool) ou por fluxo turbilhonar (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008) (**Fig. 09**)



**Fig. 09** – Marmiteira Residual (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada, forma dendrítica. BR-174 km 45.

**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

### 2.2.9 Costelas

São consideradas feições de detalhes que demonstram algum tipo de resistência ao cisalhamento (NASCIMENTO, 1998 *apud* VIEIRA, 2008) e segundo (OLIVEIRA 1999 *apud* VIEIRA, 2008), são produzidas pela ação de filetes subverticais

ou pela ação de exfiltração do lençol freático. Sobre essas feições pode ocorrer a formação de marmitas e alcovas de regressão (VIEIRA, 2008) (**Fig.10**)



**Fig. 10** – Costelas (seta vermelha).  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013.

#### **2.2.10 Movimentos de massa**

Essa feição constitui uma enorme variedade de feições erosivas. As mais comuns estão associadas á extensão para a montante e alargamento das incisões erosivas. A sua ocorrência pode ser facilmente identificada pelos resíduos deixados imediatamente abaixo das bordas da incisão (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008) (**Fig. 11**)



**Fig. 11** – Movimento de massa, escorregamento translacional. BR-174 km 42.  
**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013

### 2.2.11 Quedas de torrões

Caracterizam movimentos de massa associados, seja ao solapamento da base de taludes, seja ao desprendimento de material ao longo de fendas de tração. Em geral, torrões desprendidos de fendas de tração apresentando menor concentração por metro quadrado do que os originados por solapamento (OLIVEIRA, 1999 *apud* VIEIRA, 2008)

## 3. Métodos Utilizados

A localização e mapeamento das voçorocas foram realizados com base nos trabalhos de campo nos quais foram coletadas as coordenadas por meio de GPS, e em laboratório será realizado a transferência dos pontos via software TRACK MAKER permitindo, por fim, o georreferenciamento dos pontos coletados via ARC GIS (versão 9.3).

O estudo dos mecanismos erosivos e o monitoramento morfométrico (comprimento, largura, profundidade, distância para a pista) (**Fig. 12**) das voçorocas foram realizados por meio de ficha cadastral na qual constaram as seguintes características: localização, classificação (tipo, forma, tamanho), danos ambientais, danos materiais, declividade do terreno, uso e ocupação a montante e a jusante e possível histórico do surgimento.

O monitoramento das taxas de crescimento e a respectiva distância para a pista será realizado através de trena (100m), procedimento realizado em dezembro de (2012) e abril de (2013).

Por fim, a quantificação dos danos ambientais será obtida a partir de relações matemáticas dos parâmetros morfométricos, em outras palavras, a partir dos dados de área (comprimento x largura = área m<sup>2</sup>) multiplicado pelos valores de profundidade média se estabelecera o volume médio erodido (área x profundidade = m<sup>3</sup>). Com os dados relativos à área de cada voçoroca será possível quantificar os danos em valores monetários (R\$) a partir do valor do m<sup>2</sup> para o ano de 2012 (área x valor do m<sup>2</sup> = danos monetários por área). Além disso, os danos de volume erodido serviram para base de análises qualitativas a respeito de assoreamento e modificações das características ambientais próximas da área afetada.



**Fig. 12**– Monitoramento morfométrico da largura da voçoroca. BR-174 km 56.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013.

#### **4. Caracterização geológica – geomorfológica da área de estudo**

##### **4.1 Município de Presidente Figueiredo**

O município de Presidente Figueiredo é também conhecido como a “Terra das Cachoeiras” devido às suas numerosas quedas d’ água, ele está localizado ao extremo norte do Estado do Amazonas, á 107 km ao norte de Manaus. A rodovia BR-174 é uma das rotas mais didáticas para a observação da geologia da Amazônia Ocidental. Esta rodovia é uma “janela” que corta a densa floresta amazônica expondo rochas que abrangem idades desde o Proterozóico ao Cenozóico, possibilitando compreender a história geológica da borda norte da Bacia do Amazonas e sua relação com o embasamento cristalino do sul do Escudo das Guianas (NOGUEIRA e SOUZA, 2009).

Do ponto de vista geológico, Presidente Figueiredo pode ser dividido através de dois grandes domínios distintos: o primeiro domínio é composto por rochas proterozóicas, predominantemente ígneas e metamórficas que integram a porção sul do Escudo das Guianas, correspondendo á porção setentrional do Cráton Amazônico, (**porção norte**) situado a norte da bacia do Amazonas, e o segundo domínio representado por rochas fanerozóicas depositadas na própria bacia sedimentar intracratônica do Amazonas (**porção sul**) (MONTEIRO, NAVAS e CORRÊA, 1998) (**Fig. 13**)

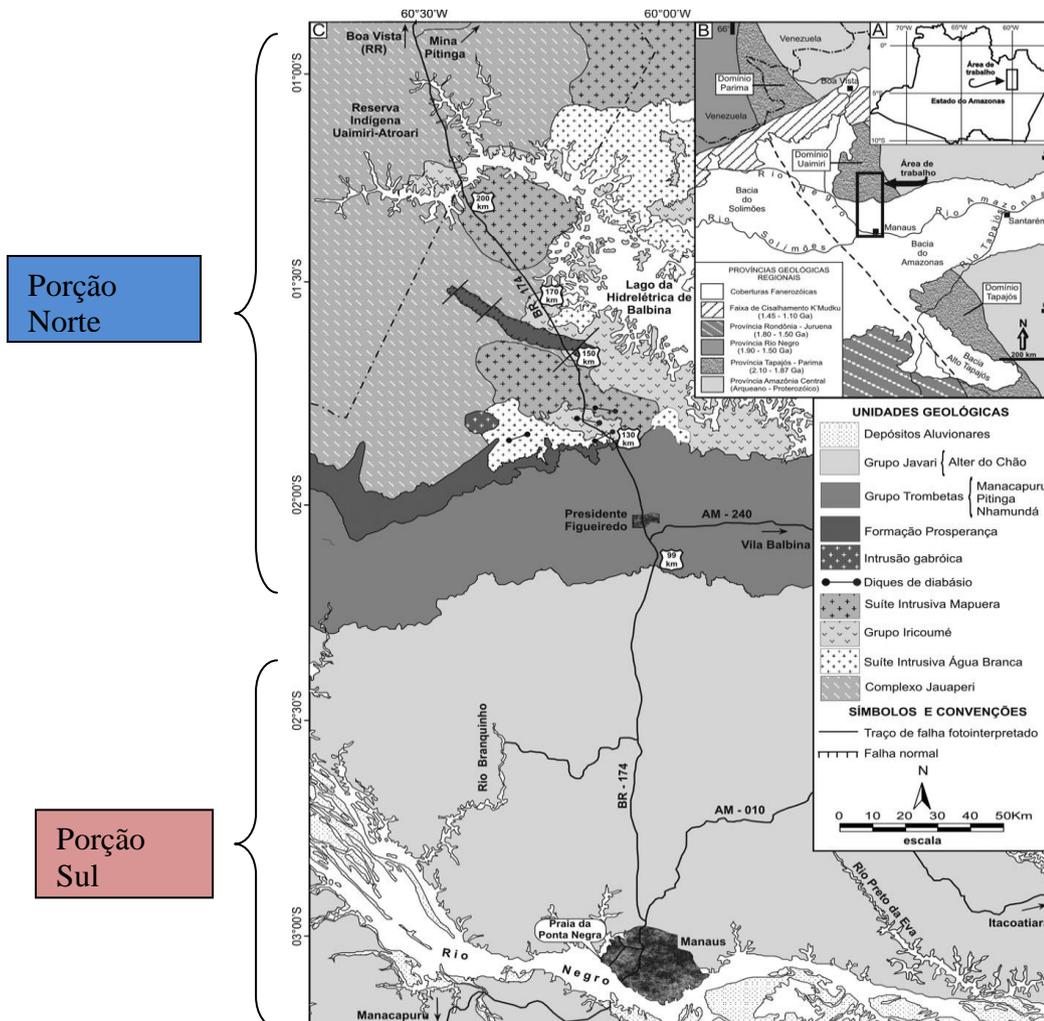


Fig. 13 – Fonte: Modificado de Nogueira e Souza, 2009.

**Legenda:**  Cráton Amazônico, rochas proterozóicas  
 Bacia Sedimentar do Amazonas, rochas fanerozóicas

Em suas características geomorfológicas, são reconhecidos dois grandes conjuntos: na porção sul do município tem-se os terrenos sedimentares paleozóicos de baixa altitude, associados com uma superfície de aplainamento plio-pleistocênica, que sofreram profundos entalhos nas drenagens na sua zona de borda, no contato com o embasamento; e os terrenos mais acidentados topograficamente, que se estendem ao longo dos rios e platôs com níveis altimétricos intermediários, com altitude de até 200m, instalados sobre as rochas graníticas e vulcânicas do embasamento (MULLER e CARVALHO, 2005)

## 4.2 Porção sul

### 4.2.1 Grupo Javari/Formação Alter-do-Chão

Compreende-se do Km 0 ao 99, esta formação de idade cretácea superior a terciária, pertencente ao grupo javari, formam uma extensa faixa ao sul do município, e muitas vezes, ocorre confinada em *grabens* (falhamentos baixos) terciários encaixados nas rochas siluro-devonianas (MONTEIRO, NAVAS e CORRÊA, 1998)

Ainda apresenta unidades sedimentares que formam um relevo residual entalhado pela drenagem, apresentando vales em U amplos e interflúvios tabulares. (NOGUEIRA e SOUZA, 2009)

No seu aspecto geológico os depósitos da formação alter-do-chão são constituídos por arenitos, argilitos caolinizados e conglomerados, denominado informalmente de “Arenito Manaus” (NOGUEIRA e SOUZA, 2009) (Fig. 14).



**Fig. 14** – Seção geológica A; Grupo Javari; Formação Alter-do-Chão  
**Fonte:** Nogueira e Souza, 2009

#### **4.2.2 Grupo Trombetas/Formações Manacapuru, Pitinga e Nhamundá**

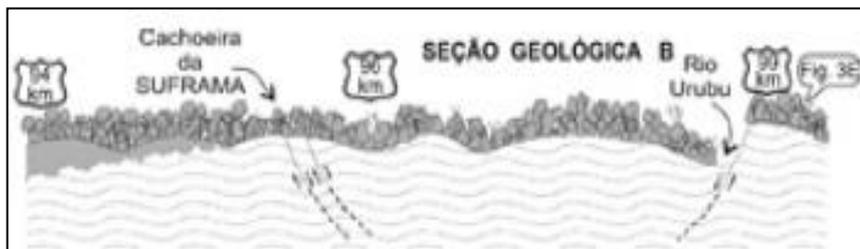
Estende-se do Km 99 ao 130 da BR-174, o grupo trombetas apresenta três formações características: manacapuru, pitinga e nhamundá, o relevo é definido por vales em U entalhado e grande platô com cotas de 200m de altitude (NOGUEIRA e SOUZA, 2009)

Essa unidade é a mais expressiva da parte sul do município de Presidente Figueiredo. Este grupo recobre os sedimentos da formação prosperança ao norte, e ao sul é sobreposto discordantemente pelos depósitos da formação alter-do-chão e coberturas lateríticas, argilosas e colúvio-aluvionares (MONTEIRO, NAVAS e CORRÊA, 1998)

#### **4.2.3 Formação Manacapuru**

As melhores exposições desta unidade que alcança 18m de espessura encontram-se no trecho da BR-174 entre a cachoeira da Suframa (Km 96) até a ponte sobre o Rio Urubu (Km 99). (MONTEIRO, NAVAS e CORRÊA, 1998)

A formação Manacapuru é interpretada como depósito de ambiente marinho litorânea a ambiente marinho nerítico. Sua geologia é constituída de arenitos finos e médios, folhelhos e siltitos laminados com abundantes icnofósseis (NOGUEIRA e SOUZA, 2009) (**Fig. 15**).



**Fig. 15** – Seção geológica B; Grupo Trombetas; Formações Manacapuru, Pitinga e Nhamundá.

Fonte: NOGUEIRA e SOUZA, 2009

#### 4.2.4 Formação Pitinga

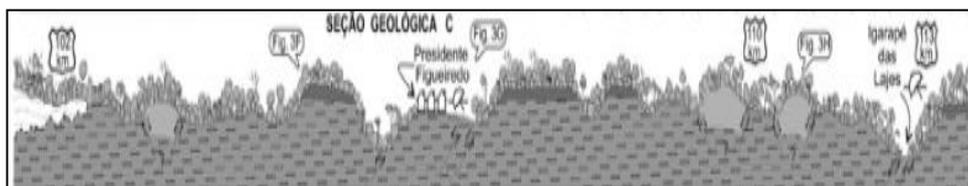
A melhor exposição desta unidade, que alcança 5m de espessura, esta localizada no Km 108 da rodovia BR-174.

É caracterizada pela presença de folhelhos e arenitos expostos diretamente sobre a formação nhamundá tem sido considerados como pertencentes á formação pitinga. Próximo a entrada da cidade no Km 106 é possível encontrar o contato erosivo entre as formações Nhamundá, Pitinga e Manacapuru (NOGUEIRA e SOUZA, 2009)

#### 4.2.5 Formação Nhamundá

Pode ser encontrado no Km 106 da rodovia BR-174, é possível encontrar o contato erosivo entre as formações Manacapuru, Pitinga e Nhamundá (NOGUEIRA e SOUZA, 2009)

Na sua geologia a formação nhamundá é constituída de quartzo arenito fino muito grossa de coloração branca acinzentada que alcançam espessuras aflorantes de até 7m (**Fig. 16**)



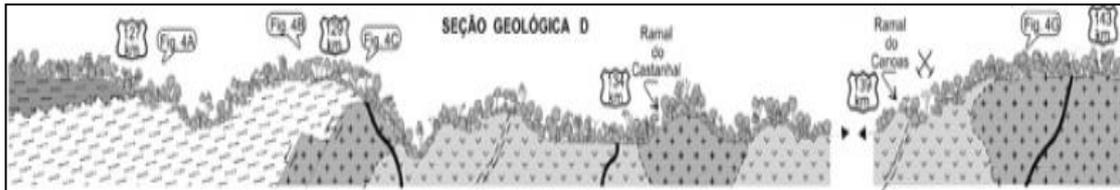
**Fig. 16** – Seção geológica C; Formação Pitinga e Nhamundá

Fonte: Nogueira e Souza, 2009

### 4.3 Porção Norte

#### 4.3.1 Grupo Purus/Formação Prosperança

Esta localizado no Km 130 da BR-174, mais expressivamente no limite da borda norte da Bacia do Amazonas. O grupo purus tem como formação característica a prosperança na qual consiste seu aspecto geológico depósitos sobre rochas do embasamento granítico vulcânico, representado pelo grupo Iricoumé e Suíte Intrusiva Mapuera. Apresentam também *grabens* balizados por deslizamentos (**Fig. 17**)

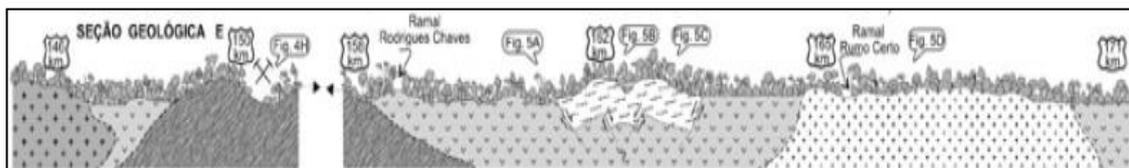


**Fig. 17** – Seção geológica D; Grupo Purus; Formação Prosperança  
**Fonte:** Nogueira e Souza, 2009

#### 4.3.2 Suítes intrusivas Mapuera, Água Branca, Grupo Iricoumé e Complexo Jauaperi

A partir do Km 150 e 153 é possível encontrar a litoestratigrafia: Suíte Intrusiva Mapuera, Grupo Iricoumé, Suíte Intrusiva Água Branca e Complexo Jauaperi.

Em características geológicas as rochas apresentam feições de recristalização granoblástica heterogranular fina e média (**Fig. 18**)



**Fig. 18** – Litoestratigrafia entre; Suíte Intrusiva Mapuera, Grupo Iricoumé, Suíte Intrusiva Água Branca e Complexo Jauaperi  
**Fonte:** Nogueira e Souza, 2009

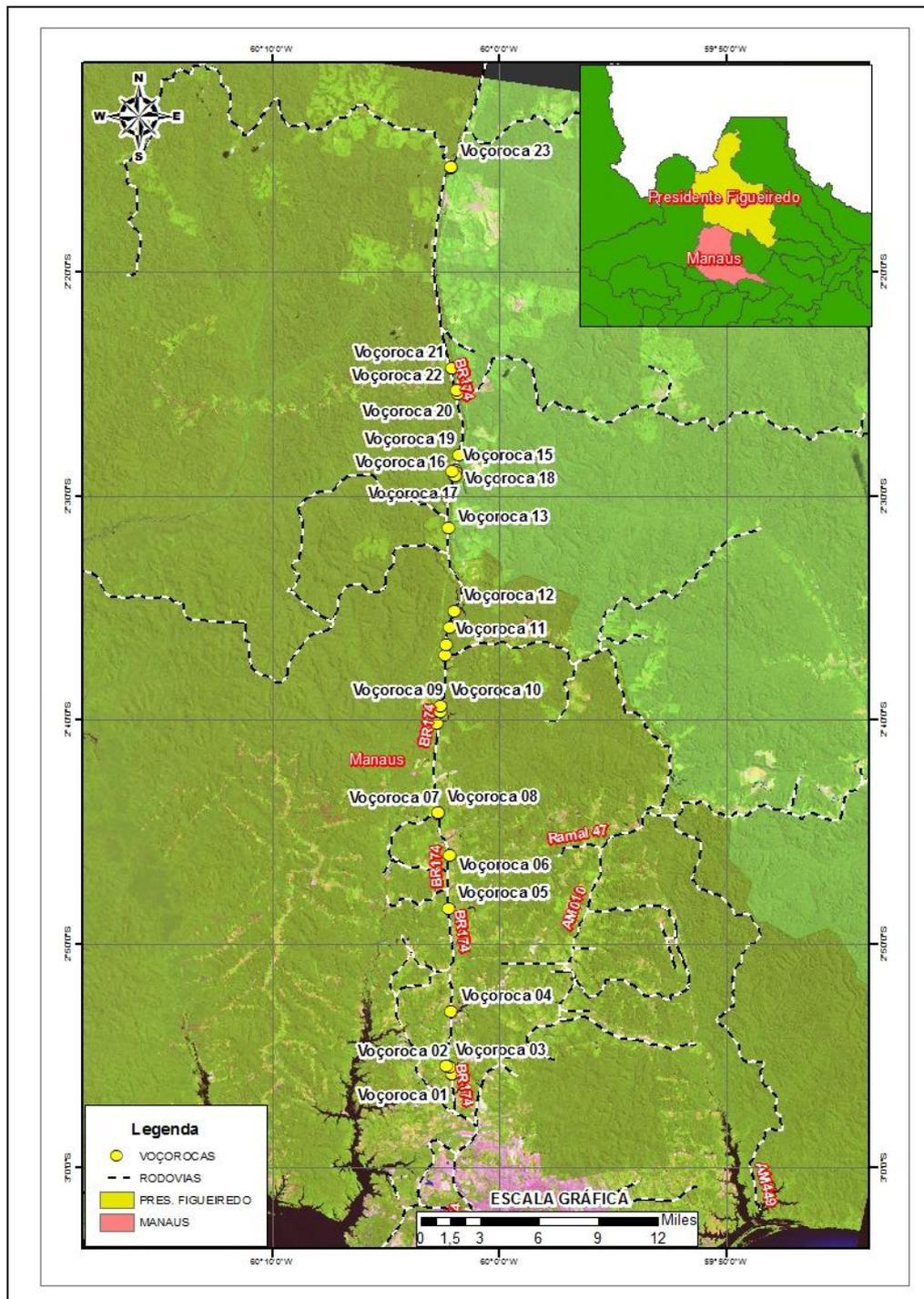
#### 4.3.3 Associação Iricoumé – Mapuera

Representante do magnetismo Uatumã que afetou o sul do Escudo das Guianas. Predomínio de rochas graníticas Mapuera que interpenetram registros de vulcânicas ácidas a intermediárias Iricoumé, com destaque para batólito granítico Abonari (NOGUEIRA e SOUZA, 2009).

## 5. Resultados e discussões

### 5.1. Mapeamento do local de ocorrências das incisões

A área de estudo está localizada nas margens da rodovia BR-174, as indicações dos pontos em amarelo no mapa mostram os processos de voçorocamento (Fig. 19), tendo ao todo 23 voçorocas identificadas, que iniciam do km 6 e vai até o km 82 da rodovia.



**Fig.19** - Área de Estudo: Trecho Manaus – Presidente Figueiredo  
**Fonte:** SEMMAS, 2013. Org.: Daniela Carvalho (neste trabalho)

Como se pode observar a maior parte das incisões estão concentradas ainda na região de Manaus, e as outras se localizam entre a região de Manaus e Rio Preto da Eva, a partir do km 107 até o 200 não houve cadastramento. Findando assim em um redimensionamento da área, a princípio a prática de campo ocorreria a partir do km – 0 ao 200 – projeto inicial, devido a recursos financeiros destinados ao transporte como o (combustível) realizamos a prática de campo do km 0 até a sede de Presidente Figueiredo no km 107.

Grande parte das voçorocas cadastradas pode ser classificada pelo tipo I – Conectadas ao vale, que resultam em um número de 15 incisões, 2 incisões são do tipo II – Desconectadas ao vale e 3 delas são do tipo III Integradas podendo conter os dois tipos, conectadas e desconectadas.

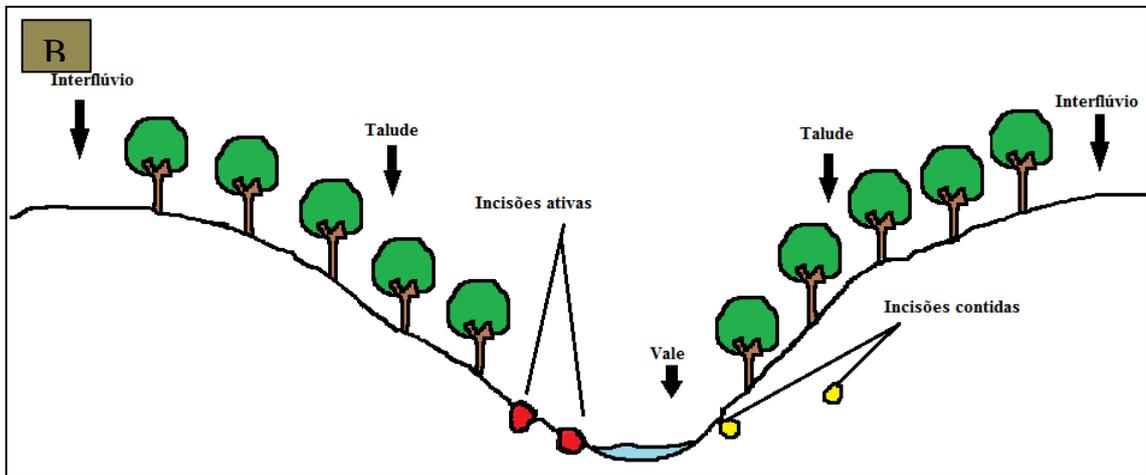
Dentre as formas das voçorocas, linear, bifurcada, dendrítica (ramificada), retangular ou irregular, 11 se classificam como dendrítica ou ramificada, 7 são bifurcadas e 2 são retangulares.

Em trabalhos prévios feitos por Vieira e Albuquerque (2004) foram identificadas 31 incisões, no trabalho realizado por Tavares (2010) foram identificadas 29 incisões, e no trabalho atual houve uma redução no número de voçorocas cadastradas, obtendo um total de 23 incisões.

A redução no número de incisões comparando com o trabalho feito em 2010 se deve pela contenção significativa feitas com aterro e plantação de vegetação por meio da técnica de hidrossemeadura, tudo isso na tentativa de conter incisões que proporcionavam risco imediato para a pista.

A formação geológica no trecho estudado pertence ao Grupo Javari, formação Alter-do-Chão, o tipo de rocha que é encontrada é o arenito, rocha friável, no caso do local de estudo é chamada de “Arenito Manaus”.

Os quilômetros que apresentam mais de uma incisão são os: km 06 e 6,5, duas no km 37, km 56 o mais expressivo, exibe quatro incisões (**Fig. 20**), e duas no km 66 resultando em um total de 10 voçorocas.



**Fig.20 - A)** Voçorocas pertencentes aos km 56 da rodovia BR-174 (setas vermelhas e amarelas). As indicações das setas vermelhas mostram voçorocas em atividade, as indicações das setas amarelas mostram incisões contidas por plantação de hidrosseadura; **B)** Croqui do perfil do trecho do km 56, destaque para as incisões ativas (bolas vermelhas) e incisões contidas (bolas amarelas).

**Fonte:** Daniela P. Carvalho 17/01/2013.

**Croqui:** Letícia da S. Lima 15/03/2013.

Os parâmetros que identificam as incisões são: a) o sentido de crescimento das incisões por meio de mensuração das dimensões como: comprimento, largura e a profundidade das incisões erosivas; b) tipos e formas das feições erosivas; c) identificação das feições de retrabalhamento que agem como condicionantes de instabilidade da incisão ou estabilidade e) presença de tubulação, canaleta que direcionam o sentido da água para a voçoroca.

## Características morfométricas das voçorocas

| VOÇOROCAS   |      |      |            |     |   |                         |                        |                         |                          |  |  |
|---|------|------|------------|-----|---|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|--|--|
| Ord.  | Km   | Tipo | Forma      | D.  | Comp. (m <sup>2</sup> )                                   | Larg. (m <sup>2</sup> ) | Área (m <sup>2</sup> ) | Prof. (m <sup>2</sup> ) | Volume (m <sup>3</sup> ) | Dist. p/a pista (m <sup>2</sup> )<br>17.01 | Dist. p/a pista (m <sup>2</sup> )<br>13.06 |
| 01  | 6    | I    | Dendrítica | 6°  | 150   | 11                      | 1.650,0                | 12,9                    | 21.285                   | 7  | 2,5  |
| 02  | 6,5  | I    | Retangular | 9°  | 90  | 5,8                     | 522                    | 4,6                     | 2.401,2                  | 8,8  | 8,8  |
| 03  | 6,5  | I    | Bifurcada  | 9°  | 86,0  | 5,7                     | 490,2                  | 1,9                     | 931,38                   | 9,4  | 15   |
| 04  | 11   | I    | Dendrítica | 6°  | 107,64  | 40,0                    | 4.605,6                | 2,40                    | 11.053,4                 | 1,10                                       | 2,10                                       |
| 05  | 19   | III  | Bifurcada  | 8°  | 55,0  | 32,5                    | 1.787,5                | 17,0                    | 30.387,5                 | 3,7  | 3,7  |
| 06  | 24   | III  | Dendrítica | 8°  | 71,4  | 20,4                    | 1.456,5                | 4,6                     | 6.699,9                  | 4,9  | 3,20                                       |
| 07  | 34   | I    | Bifurcada  | 4°  | 115   | 24,0                    | 2.760                  | 9,2                     | 25.392                   | 5,6  | 17,20                                      |
| 08  | 34   | I    | Retangular | 4°  | 2,70  | 8,3                     | 22,41                  | 6,45                    | 144,54                   | 20,75                                      | 20,75                                      |
| 09  | 37   | II   | Dendrítica | 5°  | 55,0  | 5,2                     | 286                    | 11,5                    | 3.289                    | 2,7  | 4,7  |
| 10  | 37   | II   | Retangular | 14° | 56,0  | 17,6                    | 985,6                  | 7,8                     | 7.687,68                 | 28,4                                       | 28,43                                      |
| 11  | 42   | I    | Bifurcada  | 13° | 20,20   | 45,0                    | 909                    | 1,9                     | 1.727,1                  | 10,10                                      | 10,30                                      |
| 12  | 45   | I    | Dendrítica | 8°  | 93,20   | 73,7                    | 6.868,8                | 4,9                     | 33.657,1                 | 10,8                                       | 13,60                                      |
| 13  | 52   | I    | Bifurcada  | 3°  | 60,0  | 9,4                     | 564                    | 5,5                     | 3.102                    | 10,10                                      | 3,15                                       |
| 14  | 56   | I    | Dendrítica | 6°  | 82,5  | 13,4                    | 1.105,5                | 11,4                    | 12.602,7                 | 91,0                                       | 91,0                                       |
| 15  | 56,1 | I    | Retangular | 6°  | 47,85   | 8                       | 382,8                  | 4,60                    | 1760,88                  | 18,50                                      | 18,50                                      |
| 16  | 56,2 | I    | Bifurcada  | 6°  | 140,0   | 50,0                    | 7.000                  | 22,0                    | 154.000                  | 17,6                                       | 17,80                                      |
| 17  | 56,4 | I    | Dendrítica | 8°  | 90,0  | 11,0                    | 990                    | 6,2                     | 6.138                    | 7,4  | 7,55                                       |
| 18  | 56,6 | III  | Dendrítica | 6°  | 90,8  | 20,0                    | 1.816                  | 6,0                     | 10.896                   | 8,7  | 8,7  |
| 19  | 58   | I    | Dendrítica | 7°  | 95,0  | 17,5                    | 1.662,5                | 10,0                    | 16.625                   | 8,5  | 8,5  |
| 20  | 63   | I    | Retangular | 12° | 46,6  | 18,0                    | 838,8                  | 7,30                    | 6.123,24                 | 8,80                                       | 7,50                                       |
| 21  | 66,0 | I    | Dendrítica | 4°  | 75,5  | 15,0                    | 1.132,5                | 5,6                     | 6.342                    | 5,64                                       | 54   |
| 22  | 66,4 | I    | Bifurcada  | 4°  | 62,0  | 15,0                    | 930                    | 4,90                    | 4.557                    | 17,40                                      | 17,40                                      |
| 23  | 82   | I    | Dendrítica | 5°  | 67,0  | 3,40                    | 227,8                  | 40,20                   | 9.157,56                 | 22,0                                       | 50<br>/23,25                               |
| 1º Cadastramento: Área = 38.066,3 m <sup>2</sup>      |      |      |            |     | 1º Cadastramento: Volume = 371.653,56 m <sup>3</sup>      |                         |                        |                         |                          |  |  |
| 1º Cadastramento: Área média: 1.903,3 m <sup>2</sup>  |      |      |            |     | 1º Cadastramento: Volume médio: 18.582,678 m <sup>3</sup> |                         |                        |                         |                          |  |  |
| 2º Cadastramento: Área = 38.576,91 m <sup>2</sup>     |      |      |            |     | 2º Cadastramento: Volume = 380.197,76 m <sup>3</sup>      |                         |                        |                         |                          |  |  |
| 2º Cadastramento: Área média: 1.677,25 m <sup>2</sup> |      |      |            |     | 2º Cadastramento: Volume médio: 16.530,33 m <sup>3</sup>  |                         |                        |                         |                          |  |  |

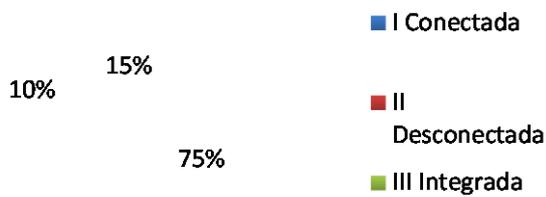
**Tabela 01:** Tabela demonstrativa das características morfométricas das voçorocas, referente ao primeiro cadastro em 17/01/2013 e ao segundo cadastro 13/06/2013.

Tipo: I – Conectada; II – Desconectada; III – Integrada

A característica de mensuração de cada incisão mostra que no primeiro cadastramento das 20 voçorocas tem-se um total de 15 incisões do tipo I – conectadas ao vale, esse número equivale a 75% de voçorocas do tipo I; do tipo II – desconectadas ao vale obteve-se somente 2 incisões que equivalem a 10%; e o tipo III – integradas encontra-se 3 incisões que equivalem a 15% (**Gráfico 01**)

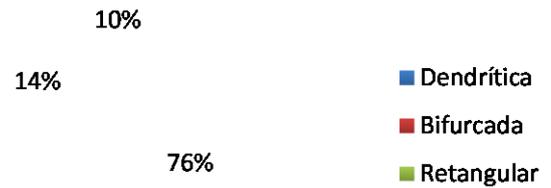
Quanto á forma das voçorocas, 11 são dendríticas, que equivalem a 76%, 7 são bifurcadas resultando em 14% e 2 são retangulares que equivalem a 10% (**Gráfico 02**)

## Classificação quanto ao tipo de voçoroca



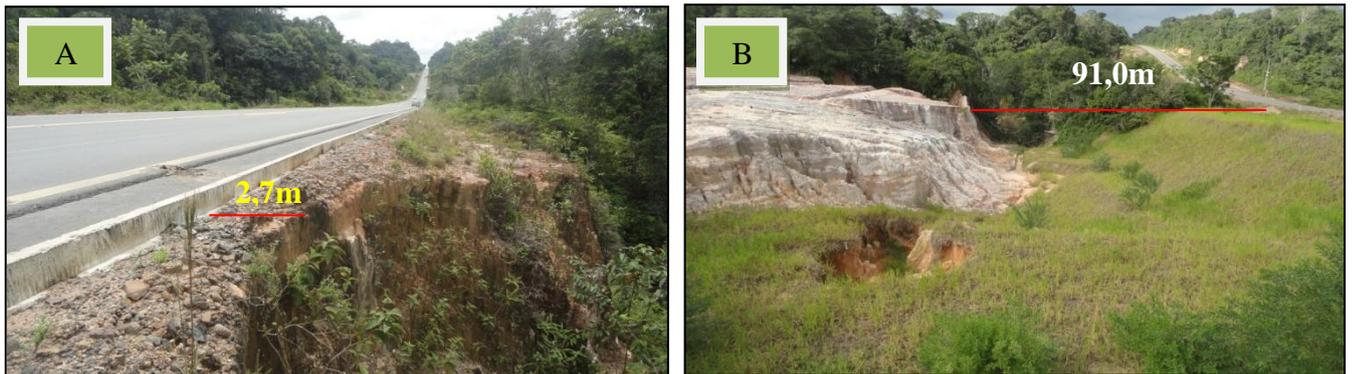
**Gráfico 01-** Quanto ao tipo de voçoroca

## Classificação quanto a forma das voçorocas



**Gráfico 02-** Quanto à forma da voçoroca.

Quanto à declividade: a média encontrada foi  $8,5^\circ$ . Ao passo que a área, tem termos totais foi de  $38.066,3 \text{ m}^2$ , e a área média de  $1.903,3 \text{ m}^2$ , contendo valor mínimo pertencente ao km 37 de  $286 \text{ m}^2$ , e valor máximo de área pertencente ao km 56,2 de  $7000 \text{ m}^2$ . O volume total encontrado foi de  $371.653,56 \text{ m}^3$  e o volume médio de  $18.582,678 \text{ m}^3$ . A distância para a pista ( $\text{m}^2$ ): Valor total de  $280,84 \text{ m}^2$ , valor médio de  $14,042 \text{ m}^2$ , obtendo um valor mínimo de distância para a pista no km 37 de  $2,7 \text{ m}^2$ ; e valor máximo de distância para a pista no km 56 de  $91,0 \text{ m}^2$  (**Fig. 21**).



**Fig. 21** – Figura (A), incisão com menor distância p/ a pista de  $2,7\text{m}^2$ ; Figura (B), incisão com maior distância p/ a pista de  $91,0\text{m}^2$ .

**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013

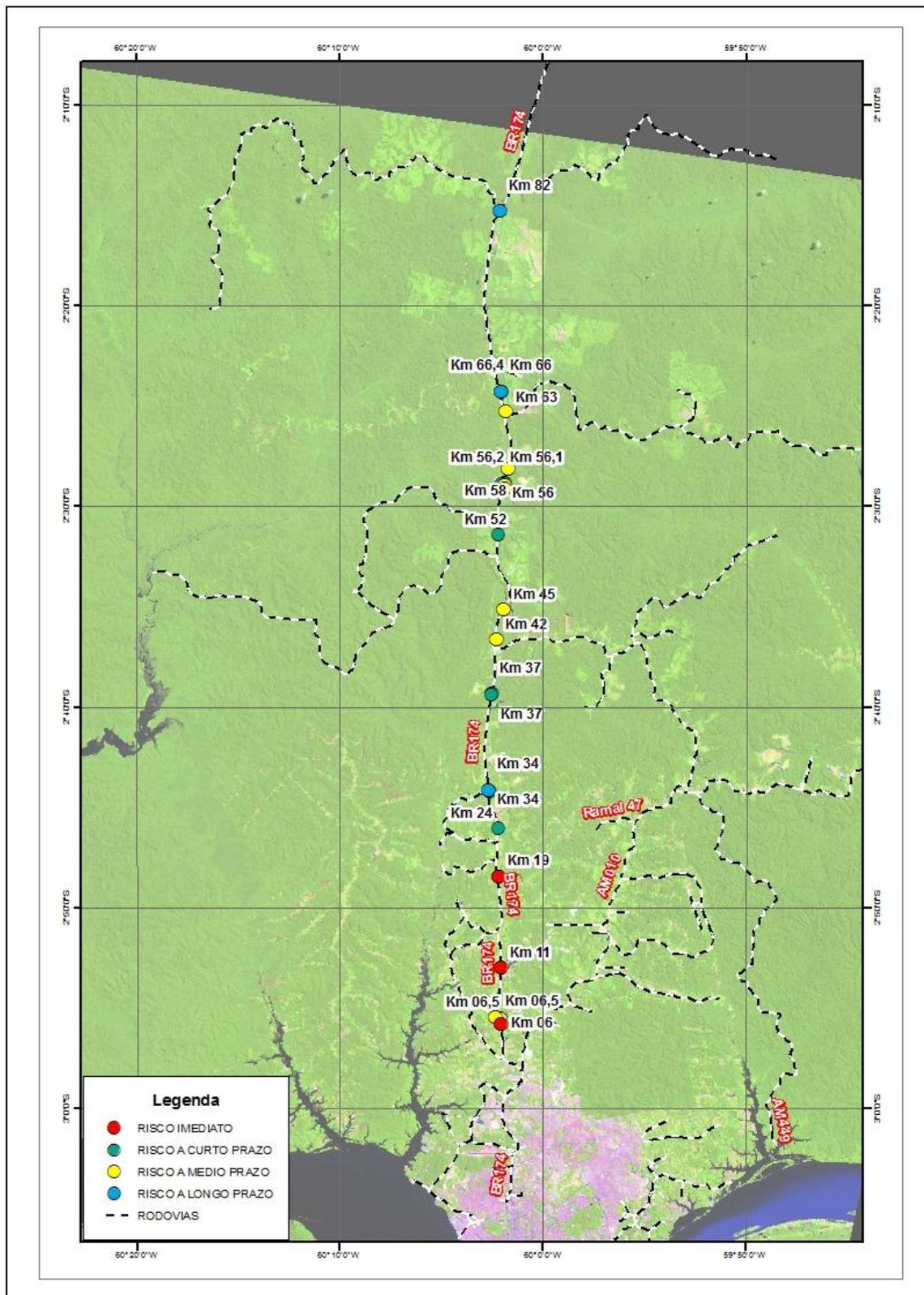
A tabela 02 sintetiza em intervalos de 0 á  $15\text{m}^2$  e de 0 á 36 meses o processo de evolução das voçorocas em relação á pista, o mapa (**Fig.22**) ilustra esse processo.

### ESCALA DE RISCO EROSIVO

| Nível | Intervalo* | 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    |

**Tabela 02:** Distância em relação à pista.

**Fonte:** (Tavares, 2010)



**Fig. 22 - Área de Estudo: Trecho Manaus – Presidente Figueiredo**  
**Fonte:** SEMMAS, 2013. **Org.:** Daniela Carvalho (neste trabalho)

Das 20 primeiras incisões cadastradas obteve-se um total de 3 caracterizadas como **risco imediato**, uma delas é pertencente ao **km 11** na qual esta já alcançava a pista e estava sendo contida pelo DNIT (Departamento Nacional de Infra - Estrutura e Transporte), essa voçoroca apresentava como característica de evolução uma alcova de regressão que condicionava um crescimento para a borda próxima a pista, assoreamento do canal de drenagem e desmatamento (**Fig. 23 A**); a do **km 19** também classificada como risco imediato, apresenta canaleta (estrutura onde a água escorre para fora da pista) que se encontrava em sua estrutura errada sem os dissipadores de energia que inibem a queda forte da água, por isso a formação da voçoroca, **km 37** também classificada como risco imediato, essa incisão não apresentava canaleta, mas pode-se encontrar desmatamento, fator degradante do solo.

Como **risco a curto prazo** foram identificadas 3 incisões, a primeira no **km 24**, tendo como característica de evolução filetes subverticais, alcova de regressão, movimento de massa, assoreamento do canal e desmatamento (**Fig. 23 B**), a próxima incisão pode-se encontrar no **km 34** tendo como característica de evolução alcova de regressão, pedestais formados por escoamento superficial, costelas, painéis e como consequência desses mecanismos presentes se pode ver assoreamento do canal, a última identificada como risco a curto prazo é a do **km 66** na qual também foi recuperada, através de aterro e vegetação por meio antrópico.

Como **risco a médio prazo**, foram caracterizadas 9 incisões, a primeira do **km 6** onde apresentava canaleta e tubulação que fez com que gerasse a voçoroca, como consequência ambiental se tem o assoreamento do canal e risco para a pista (**Fig. 23 C**), **km 6.5** podemos identificar extração de areia por conta de uma propriedade particular na região, **km 42** podemos identificar como feições de retrabalhamento pedestais, escamas, alcova de regressão presentes nessa incisão, **km 45** também muito presentes as feições de retrabalhamento já citadas acima, **km 52, km 56.4, km 56.6, km 58, km 63**.

Como **risco a longo prazo**, pode-se encontrar 5 incisões, uma no **km 37**, outra do **km 56**, nessa pode-se ver uma feição de retrabalhamento diferente a presença de macro-pedestais, esta incisão também está inserida no processo de contenção, **km 56.2, (Fig. 23 D) km 66.4** presença significativa das feições de retrabalhamento citadas acima e a última do **km 82** a presença significativa voçoroca de caulim.



**Fig. 23** - (A) Nível 1 Risco Imediato, voçoroca km 11; (B) Nível 2 Risco a curto prazo, voçoroca km 24; (C) Nível 3 Risco a médio prazo, voçoroca km 06; (D) Nível 4 Risco a longo prazo, voçoroca km 56,2.

**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013

## 5.2. Mecanismos de evolução das voçorocas

Os mecanismos de evolução das voçorocas são condicionantes que permitem classificar a voçoroca como instável (inconstante, em desenvolvimento) ou estável (constante) através de suas feições de retrabalhamento.

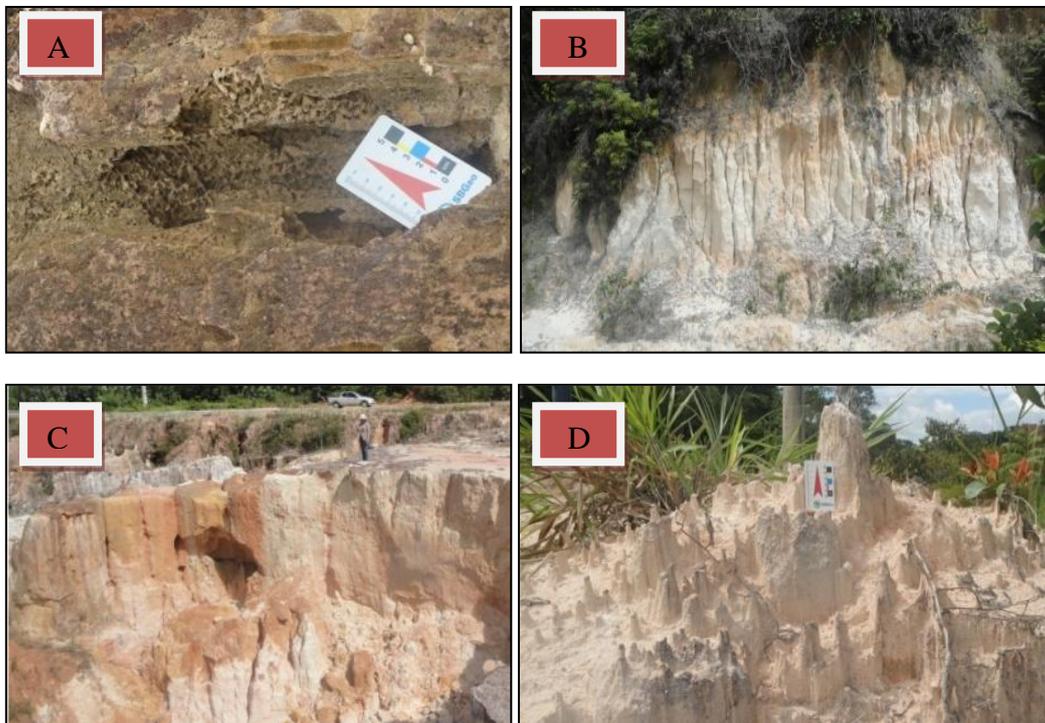
Feições que caracterizam instabilidade (atividade) são: alcovas de regressão (**Fig.24**), caneluras, movimentos de massa (escorregamento translacional), sulcos e ravinas.



**Fig. 24** – (A) alcova de regressão (indicação da seta vermelha), (B) canelura (indicação da seta amarela) e (C) movimento de massa.

**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013

As feições que indicam estabilidade (não atividade) predominantemente são: escamamentos (**Fig.25**), filetes subverticais, marmitas e pedestais.



**Fig. 25** – Figura (A) escamamentos; Figura (B) filetes subverticais; Figura (C) marmita e Figura (D) pedestais.

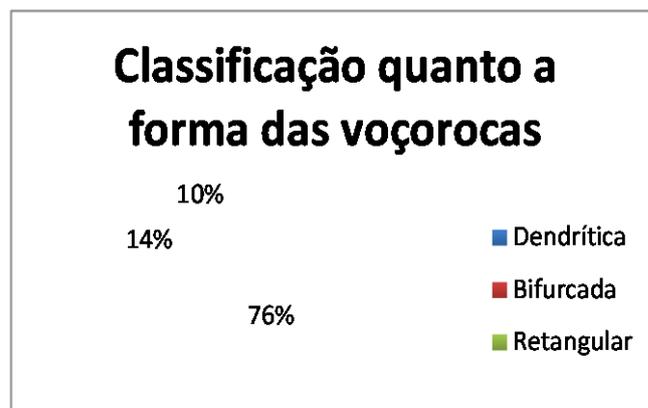
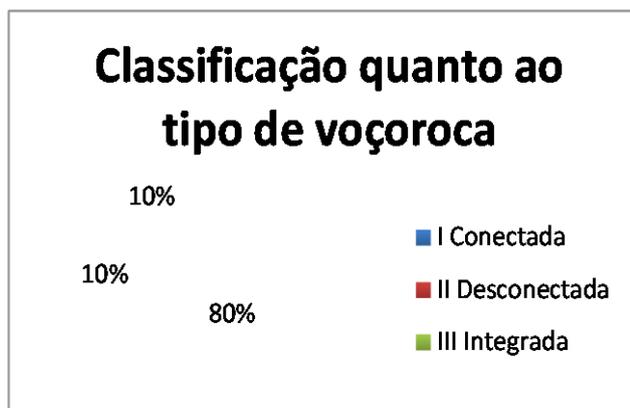
**Fonte:** Daniela P. Carvalho e Letícia da S. Lima 17/01/2013.

### 5.3. Monitoramento das taxas de crescimento

A taxa de crescimento das 20 primeiras voçorocas e depois 23 voçorocas cadastradas, só pode ser analisada com dois monitoramentos, e depois levados ao gabinete onde é possível fazer comparações de possíveis avanços das incisões ou não, obtendo os resultados de comprimento, largura, profundidade, área de todas as voçorocas, profundidade, volume e distância para a pista, esta última a mais relevante, logo obteve-se um aumento de três incisões comparadas com o primeiro cadastro.

Das 23 voçorocas localizadas no segundo cadastro tem-se um total de 17 incisões do tipo I – conectadas ao vale, obteve um aumento de 2 incisões comparadas com o primeiro cadastro esse número equivale a 80%; do tipo II – desconectadas ao vale obteve-se 3 incisões, aumento de 1 incisão comparada com o primeiro cadastro que equivalem a 10%; e o tipo III – integradas encontra-se 3 incisões que equivalem a 10% (**Gráfico 03**)

Quanto á forma das voçorocas, 11 permanecem como dendríticas, que equivalem a 76%, 7 são bifurcadas resultando em 14% e 5 são retangulares, obtendo um aumento de 3 incisões, que equivalem a 10% (**Gráfico 04**)

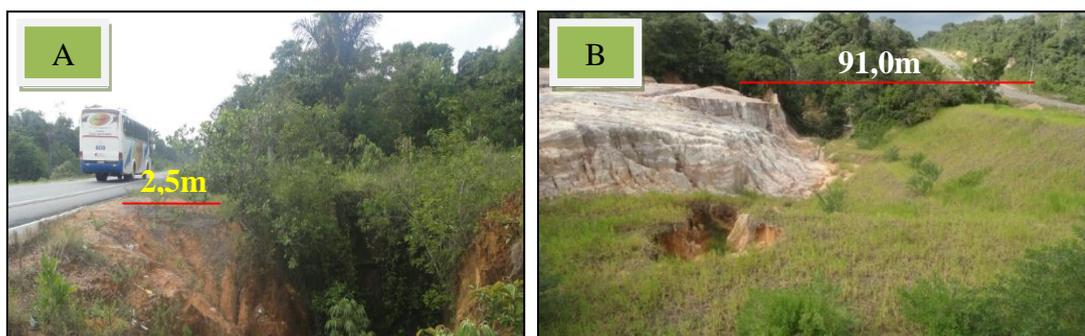


**Gráfico 03-** Quanto ao tipo de voçoroca

**Gráfico 04-** Quanto à forma da voçoroca

A média de declividade encontrada foi 7°. A área tem termos totais foi de 38.576,91 m<sup>2</sup>, e a área média de 1.677,25 m<sup>2</sup>, contendo valor mínimo pertencente ao km 34 de 22,41m<sup>2</sup>, e valor máximo de área pertencente ao km 56,2 de 7000 m<sup>2</sup>.

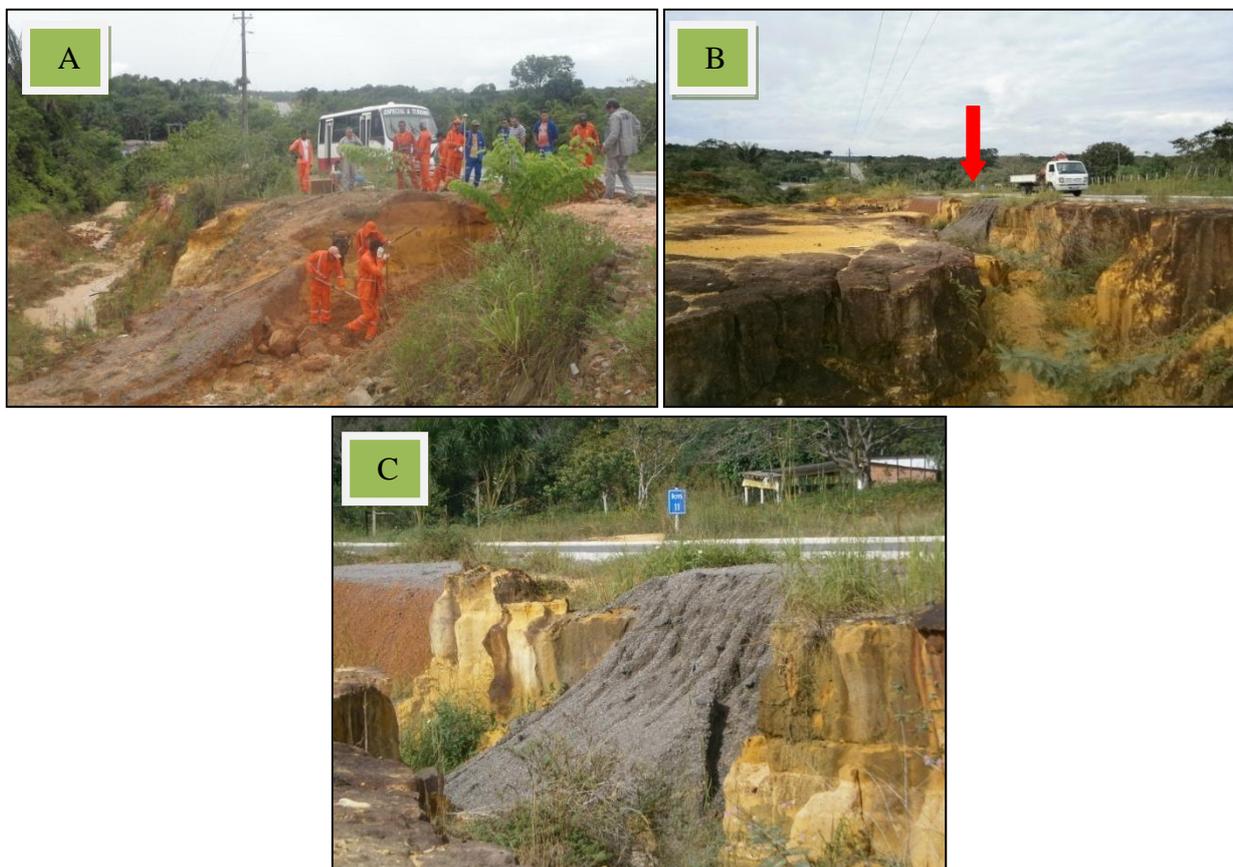
O volume total calculado foi de 380.197,76 m<sup>3</sup> e o volume médio de 16.530,33 m<sup>3</sup>. A distância para a pista (m<sup>2</sup>): temos um valor total de 437,63 m<sup>2</sup>, valor médio de 19,027 m<sup>2</sup>, obtendo um valor mínimo de distância para a pista no km 06 de 2,5 m<sup>2</sup>; e valor máximo de distância para a pista no km 56 de 91,0 m<sup>2</sup> (**Fig. 26**).



**Fig. 26** – Figura (A), incisão com menor distância p/ a pista de 2,5m<sup>2</sup>, km 06; Figura (B), incisão com maior distância p/ a pista de 91,0m<sup>2</sup>, km 56.

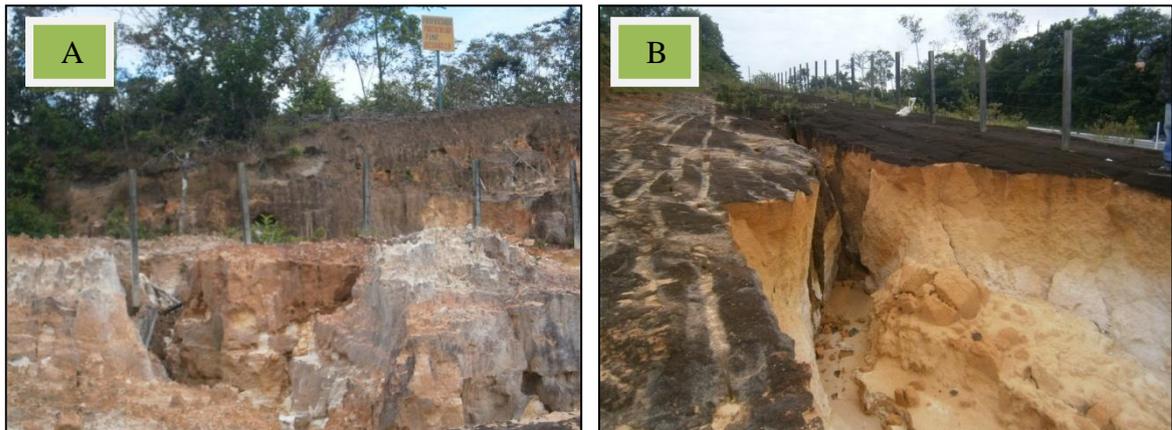
**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013

No novo cadastramento obteve-se um total de 3 incisões caracterizadas como **risco imediato**, pertencentes aos km 6, 11 e 19, em destaque para a do Km 11 que no primeiro cadastramento alcançava a pista e estava sendo contida pelo DNIT (**Fig. 27 A**) no segundo cadastramento a incisão já se encontrava recuperada através de aterro, com argila, areia, seixo e piche (**Fig. 27 B e 27 C**).



**Fig. 27** – Figura (A), voçoroca do km 11 sendo contida pelo DNIT; Figura (B), km 11 incisão contida pelo DNIT (seta vermelha); Figura (C) material de aterro para a contenção da incisão.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 17/01/2013 e 13/06/2013.

Como **risco a curto prazo** foram cadastradas 3 incisões, dos km 24, 37 e 52. Como **risco a médio prazo**, foram cadastradas 8 incisões, duas do km 6,5, 42, 45, 56,4, 56,6, 58 e 63. No km 6,5 podia-se encontrar apenas uma incisão, agora no segundo cadastramento pode-se encontrar mais uma que se originou devido ao aterro que dá acesso a uma propriedade particular (**Fig.28 A**) a previsão de sua evolução é a junção com a outra ao lado, a montante dela pode-se perceber a falta de vegetação e formação de crosta laterítica (**Fig.28 B**), a jusante se tem o material transportado em direção a pista.



**Fig. 28** – Figura (A), voçoroca do km 6,5 pertencente à local privado; Figura (B), formação de crosta laterítica.

**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013.

Como **risco a longo prazo**, foram cadastradas 9 incisões, duas do km 34, uma no 37; 56; 56,1; 56,2; 66,0; 66,4; 82, em destaque tem-se uma nova incisão, que surgiu dentro de uma área recuperada, sua ocorrência se origina de uma grande canaleta construída (**Fig.29**).



**Fig. 29** – Nova incisão do km 56,1, originada pela canaleta (seta vermelha).

**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013.

Com os dados obtidos do segundo monitoramento em campo é possível verificar o dinamismo e a ação das incisões em relação a sua direção para a pista, algumas avançando e outros retraindo seu desenvolvimento, uma pequena parte das incisões obteve seus valores um pouco reduzidos no item distância para a pista, se aproximando mais da estrada (5 voçorocas) comparando o primeiro cadastro em 17/01/2013 (**Tabela 01**) e o segundo cadastro em 13/06/2013, apresentando também o aumento de três incisões, resultando em um total de vinte e três voçorocas.

Destacam-se em campo as tentativas e medidas de contenção, nas quais não estão sendo suficientes para o controle do crescimento de uma parcela das voçorocas, por que ao mesmo tempo em que interfere no crescimento através de aterro e plantação de hidrossemeaduras, a água que escorre pela canaleta faz com que a incisão continue seu processo de desenvolvimento (**fig. 30**).



**Fig. 30** – Nova incisão pertencente ao km 56.1.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013.

Ao longo do desenvolvimento do trabalho foram encontrados pontos de intervenção na pista, o primeiro causado por problemas na drenagem, km 36 (**Fig. 31**)



**Fig.31** – Primeiro ponto de intervenção nas proximidades do km 36.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013.

O segundo ponto de intervenção foi encontrado próximo ao km 42 (**Fig. 32**)



**Fig.32** – Segundo ponto de intervenção próximo ao km 42.  
**Fonte:** Letícia da S. Lima 13/06/2013.

#### **5.4. Quantificar os danos ambientais ou impactos ambientais causados a rodovia.**

De acordo com a legislação brasileira, impacto ambiental é “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biótica; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais” (Resolução CONAMA 001/1986). Desta maneira, juridicamente, o conceito de impacto ambiental refere-se exclusivamente as atividades impostas do homem sobre o meio ambiente. Logo os fenômenos como: tempestades, enchentes, incêndios florestais de forma natural, terremotos e outros, além de provocarem alterações no ambiente, não são considerados como impacto ambiental, mas como efeitos ambientais ou efeitos naturais (CARDOSO, 2008).

Assim os impactos ambientais identificados em campo foram os de: assoreamento na maioria dos canais (mais da metade das voçorocas são ligadas á algum vale, logo grande parte é obstruído) (**Fig. 33**), risco para a pista com o crescimento considerável de algumas incisões, desmatamento de significativa parcela da vegetação, solo muito exposto podendo provocar desmoronamentos (danos causados com a abertura da pista).



**Fig. 33** – Vale assoreado (seta vermelha), voçoroca do tipo conectada ao vale (seta amarela), forma dendrítica. BR-174 km 45.

**Fonte:** Letícia da Silva Lima 17/01/2013.

Uma das atividades que causam impactos socioeconômicos na região de Presidente Figueiredo é a exploração de minérios, devido à sua contribuição na indústria da construção civil, além das ocorrências já conhecidas, como o registro de abundantes depósitos de areia e dispersos núcleos isolados de arenitos silicificados (arenito Manaus).

A atividade de mineração, principalmente a céu aberto, pode ocasionar desmatamento e escavação do solo e subsolo, trazendo consigo, como decorrência, a degradação do terreno, porém dependendo da sua significância podem constituir impactos ambientais, negativos ou positivos. Os impactos positivos referem-se aos diversos benefícios socioeconômicos proporcionados pela mineração (CARDOSO, 2008).

A degradação pela mineração traz como efeitos danosos, a destruição da paisagem ou impacto visual, bem como os que afetam diretamente o equilíbrio ecológico existente, tais como, a produção de ruídos e vibrações, poeira, poluição das águas, assoreamento de vales e cursos d' água, rebaixamento e/ou exposição de lenço freático, erosão e prejuízos à fauna, à flora e à trafegabilidade nos acessos de comunidades estabelecidas no local (CARDOSO, 2008).

Outros danos socioeconômicos são observados no segundo trabalho em campo, alguns até se repetem comparadas à primeira ida a campo, como por exemplo: 1 – A recuperação da pista/ 2 – Áreas de contenção que não estão servindo de maneira eficaz para o controle de crescimento da incisão/ 3 – Grande volume de material perdido por escorregamentos/ 4 – Cabo de rede óptico enterrado (**Fig. 34**)/ 5 - Poste com risco de cair (**Fig.35**).



**Fig. 34** – Rede cabo óptico enterrado (seta vermelha) km 52.  
Fonte: Letícia da Silva Lima 13/06/2013



**Fig. 35** – Poste (seta amarela) próximo a voçoroca (seta vermelha) com risco de queda km 52.  
**Fonte:** Letícia da Silva Lima 13/06/2013

## **6. Conclusões**

Comparando os objetivos realizados de monitoramento das incisões no primeiro cadastro e no segundo, pode-se analisar a grande importância do dinamismo que existe no desenvolvimento das voçorocas.

A ocorrência dessas incisões está no processo natural de escoamento das águas das chuvas e também de igarapés que acabam passando por estruturas construídas como canaletas e tubos, essas estruturas em sua maioria não obedecem à forma certa, como por exemplo, as canaletas que não apresentam os dissipadores de energia que inibem a queda forte das águas, acarretando no crescimento da voçoroca, algumas até chegam a alcançar consideravelmente a pista.

Dessa maneira as formas e medidas de conter o desenvolvimento das incisões ocorrem por meio de aterro de materiais como, areia, argila, seixo, outras através de plantação de vegetação hidrossemeaduras que agem como recuperação ambiental.

Essas tentativas de contenção ainda são insuficientes pelo simples fato de que as voçorocas continuam a crescer em maioria paralela e em direção a pista.

## 7. Referências

CARDOSO, M. J. S. **Cartografia das Atividades de Extração de Minerais Utilizados na Construção Civil e Qualificação do Grau de Degradação Ambiental na Região de Manaus-AM**, (UnB-IH-GEA, Mestrado, Geografia, 2008)

ESCOBAR, M. C. S. B. Populações Tradicionais e as Políticas Públicas para a Amazônia: os Waimiri-Atroari e a BR-174. In: ALVES, C. L. E. (Org.) **Formação do Espaço Amazônico e Relações Fronteiriças**. CCSG: UFRR, 1998.

MONTEIRO, E. A; NAVAS, D. B; CORRÊA, M. C. **Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia – PRIMAZ de Presidente Figueiredo**. CPRM: Superintendência Regional de Manaus, 1998.

MULLER, A. J; CARVALHO, A. S. Uso de produtos CERBS para o zoneamento Geoambiental de Presidente Figueiredo – Amazonas. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: INPE, 2005.

NOGUEIRA, A. C. R; TRUCKEN – BRODT, W; SOARES, E. A. A. s.d. **O Icnogênero Arthropycus de depósitos sublitorâneos da Formação Nhamundá (Siluriano Inferior) da Bacia do Amazonas, Região de Presidente Figueiredo** (Submetido á RBG), 1999.

NOGUEIRA, A. C. R; SOUZA, V. S. **Seção geológica Manaus – Presidente Figueiredo (AM), borda norte da Bacia do Amazonas: um guia para excursão de campo**. Revista Brasileira de Geociências. 2009.

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos Erosivos e Preservação de Áreas de risco de Erosão por Voçorocas**. – 2º Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

SOUZA, M. M. de- **Perfil Geológico BR - 174: (Manaus – Boa Vista), no trecho: Manaus Serra do Abonari**. Manaus – AM, CPRM, 1974. 29 p. (Trabalho Apresentado no 28º Congresso Brasileiro de Geologia – Porto Alegre – RG. 1974).

TAVARES, J. S. **Análise da ocorrência de voçorocas na BR – 174: trecho Manaus – Presidente Figueiredo**. Manaus – AM, 2010 (Programa Institucional de Iniciação Científica - Relatório Final – 2010)

VIEIRA, A. F. G. **Desenvolvimento e Distribuição de Voçorocas em Manaus (AM): Principais Fatores Controladores e Impactos Urbanos – ambientais**. Tese de Doutorado em Geografia. Programa de Pós – graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina (PPGG/UFSC), Florianópolis, 2008

VIEIRA, A. F. G; ALBUQUERQUE, A. R. C; MOLINARI. **Dinâmica Erosiva em Estradas: BR-174 e URUCU (AMAZONAS)**. In: II Simpósio de solos tropicais do Centro-Oeste – Goiânia, 2005

## 8. Cronograma de atividades

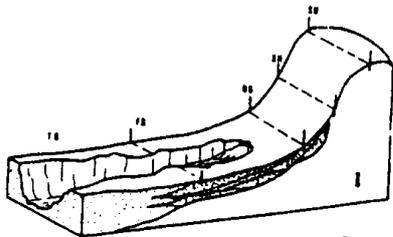
### ATIVIDADES

R → REALIZADAS

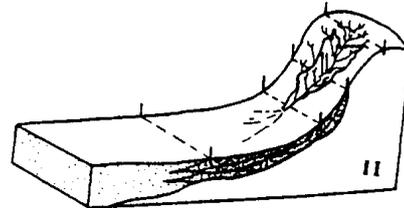
P → PREVISTAS

| N <sup>o</sup> | Descrição   | Ago<br>201<br>2 | Set | Ou<br>t | No<br>v | De<br>z | Jan<br>201<br>3 | Fe<br>v | Ma<br>r | Ab<br>r | Ma<br>i | Ju<br>n | Jul |
|----------------|---|-----------------|-----|---------|---------|---------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 1              | Revisão e fundamentação teórica   | R               | R   | R       | R       | R       | R               |         |         |         |         |         |     |
| 2              | Cadastramento e caracterização das voçorocas  |                 |     |         |         |         | R               |         |         |         |         |         |     |
| 3              | Elaboração do resumo e relatório parcial (atividade obrigatória)  |                 |     |         |         | R       | R               |         |         |         |         |         |     |
| 4              | Elaboração do capítulo teórico  |                 | R   | R       | R       | R       |                 |         |         |         |         |         |     |
| 5              | Elaboração do mapa de localização das incisões  |                 |     |         |         |         | R               |         |         |         |         |         |     |
| 6              | Caracterização dos mecanismos erosivos das incisões   |                 |     |         | R       | R       | R               |         |         |         |         |         |     |
| 7              | Identificação das taxas de crescimento dos canais incisos   |                 |     |         |         |         | R               |         |         |         |         |         |     |
| 8              | Análise dos resultados e elaboração do capítulo de resultados   |                 |     |         |         |         | R               |         |         | R       | R       | R       | R   |
| 9              | Quantificação dos danos econômicos das incisões   |                 |     |         |         |         |                 |         |         | R       | R       | R       | R   |
| 10             | Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória)<br>Preparação da apresentação final para o congresso (atividade obrigatória) |                 |     |         |         |         |                 |         | R       | R       | R       | R       | R   |

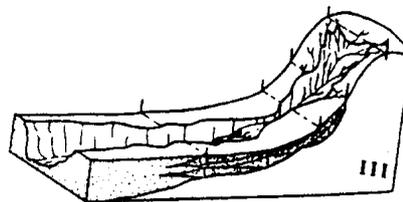
## ANEXO 1



I – Voçoroca conectada



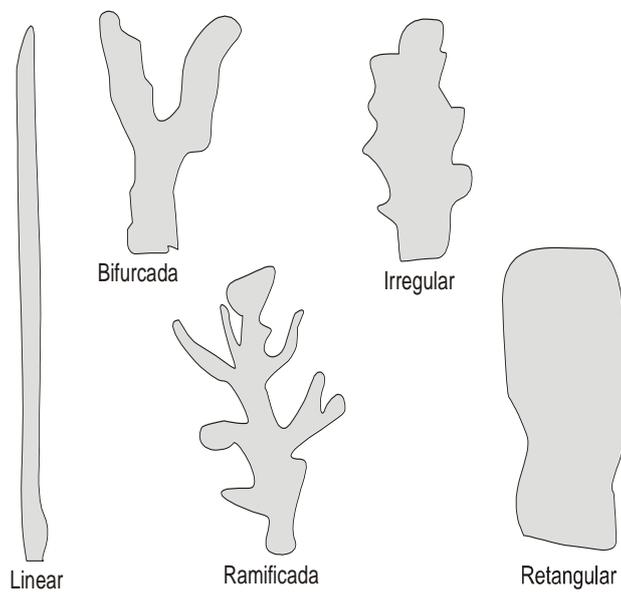
II – Voçoroca desconectada



III – Integração dos dois tipos de voçoroca

Tipos de voçorocas (OLIVEIRA, 1992).

## ANEXO 2



Formas das voçorocas (VIEIRA, 2008).