

## MONITORAMENTO EROSIVO ATRAVÉS DE ESTAQUEAMENTO. FAZENDA EXPERIMENTAL DO GLÓRIA.

<sup>1</sup>LEAL, Pedro C. B. – [pedrocarignato@yahoo.com.br](mailto:pedrocarignato@yahoo.com.br); <sup>2</sup>SILVA, Alcione H. da; <sup>1</sup>PINESE  
JÚNIOR, José F.; <sup>1</sup>ANDRADE, Iron F. de;  
<sup>3</sup>BEICHER, Everson J.; <sup>4</sup>RODRIGUES, Silvio C.

<sup>1</sup>Aluno de Graduação do Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. IG/UF.

<sup>2</sup>Aluna de Mestrado do Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. IG/UFU.

<sup>3</sup>Prof. Ms. da Faculdade de Eng<sup>a</sup> Civil – Universidade Federal de Uberlândia. FECIV/UFU.

<sup>4</sup>Prof. Dr.do Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. IG/UFU.

### Resumo

O presente artigo mostra o monitoramento de uma feição erosiva (voçoroca) utilizando-se do método estaqueamento. Para o monitoramento foram escolhidos 16 pontos, onde 10 se localizam na margem direita da voçoroca, três na cabeceira e três na margem esquerda. As feições erosivas foram observadas de agosto/ 2007 a fevereiro/ 2008 através de medições mensais, com o objetivo de criar taxas de evolução da borda da erosão. A peculiar sazonalidade do cerrado influenciou na correlação de dados, visto que no período chuvoso foi o que mais houve erosão totalizando no mês de dezembro um total de precipitação de 341,6 mm e uma taxa média de evolução mensal de 5,125 cm. Comprovou-se, com o coeficiente de Person no valor de  $r = 0,9077$ , ter uma correlação muito forte entre as variáveis (precipitação e erosão) e as mesmas serem diretamente proporcionais. O coeficiente de determinação no valor de  $R^2 = 0,824$  mostrou que a determinação da relação se dá em 82% das vezes. A taxa média total de evolução da borda da voçoroca ficou em 12,5 cm.

Palavra-chave: Monitoramento, Estaqueamento, Erosão, Coeficiente de Pearson.

### Abstract

This research was done to monitoring a gully by means of staking process. It was chosen 16 different points for monitoring, being 10 at the right side of the gully, 3 at its head and 3 at the left side. The measurement was done from August/2007 to February/2008, in each different month, aiming to product indexes of gully edge evolution. The Cerrado seasonality had some influence on the data correlation and the wet season was when occurred more erosion, especially on December/2007, when the rain accumulated was 341,6mm and the index of gully evolution reach 5,125cm/month. It was confirmed that there is a very strong correlation between the variables of precipitation and erosion (Pearson coefficient –  $r = 0,9077$ ), and this correlation is directly proportional. The coefficient of determination  $R^2 = 0,824$ , shows that the relation was possible in 82% of cases. The total average gully advance was 12,5cm.

Key words: Monitoring, staking process, Pearson coefficient, Gully.

## **1.Introdução**

Sabemos que o homem, ao longo da criação e do desenvolvimento dos diversos modos de produção inerente à vida, sempre almejou qualidade de vida, isto é, utilizar meios (técnicas, ferramentas, intelecto...) mais eficazes diminuindo, assim, a penosa e misteriosa tarefa de enfrentar, interagir, se relacionar com a natureza. Nessa empreitada, buscando qualidade de vida, o homem se percebe cada vez mais como um ser social, ou seja, que depende de outrem para satisfazer seus anseios e vontades gerando uma organização na qual se convencionou denominar sociedade. Portanto se num primeiro momento o homem está inserido e subordinado as leis da natureza, já em um segundo momento começa a se organizar seguindo as leis sociais.

Com o surgimento e desenvolvimento da Sociedade industrial, novas idéias e possibilidades se abrem. O braço do homem ganha tentáculos técnicos o que possibilita maior intervenção nas leis naturais (agora subordinada à ordem social), porém mais que o aumento no poder de intervenções surge novas condutas, costumes, crenças e idéias a serem seguidas, isto é, ideologias que vão aos poucos moldando a forma de viver da modernidade. Essa pequena e sucinta introdução da sociedade industrial tecnológica se faz necessário, pois analisaremos os impactos que, ao longo do desenvolvimento das forças produtivas, foram gerados por essa subordinação das leis naturais pelas leis sociais.

A relação entre sociedade e natureza na contemporaneidade passa a coexistir com uma exploração antrópica cada vez maior de fontes de energia, matérias primas e/ ou alimentos para as crescentes populações urbanas consumidoras de mercadorias diversas. Uma área quase totalmente alterada pela ocupação humana é a bacia do Córrego do Glória, localizada no município de Uberlândia-MG. O grande desmatamento na área para a construção de estradas, cultivo e formação de pastagens, expôs o solo diretamente aos agentes climáticos, trazendo uma intensificação da erosão natural e causando imensos prejuízos ao meio ambiente.

Devido a esses impactos ocorridos ao longo da bacia do Córrego do Glória, despertou-se um grande interesse em pesquisar tais impactos, mais especificamente uma voçoroca localizada na micro-bacia, afluente do Córrego do Glória, o qual é tributário do rio Uberabinha, principal reserva de abastecimento da cidade de Uberlândia. Tal voçoroca foi escolhida por se tratar de

uma evolução aparentemente desencadeada pelo desmatamento (ações antrópicas) e acelerada pela ação dos fluxos de escoamento superficial e subsuperficial.

Os motivos pelos quais se propõe tal pesquisa giram em torno de uma melhor compreensão da dinâmica de evolução da voçoroca em questão e para tanto o que se pretende é monitorar a mesma. Outro motivo fundamental é a estimativa do projeto *GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation)* do PNUMA (Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente), que avalia perda anual de solos agricultáveis em 6 a 7 milhões de hectares. Para que se tenha essa estimativa pesquisas como esta são de fundamental importância.

## **2.Procedimentos Teóricos- Metodológicos**

### **-Estaqueamento**

Esse artigo trata da mensuração de uma feição erosiva (voçoroca), portanto, trabalhada em grande escala. Guerra (2005) diferencia monitoramento de experimento, o primeiro é a mensuração sistemática de um processo erosivo que em intervalos de tempos fixos ou não se deve colher dados, enquanto que o experimento não necessariamente precisa de trabalhos de campo e nem de coletas de dados. O monitoramento da evolução das bordas de voçoroca, já pressupõe mensurações periódicas em campo, como apontam Sala (1988) e Guerra (2005), buscando detectar os pontos de maior avanço da erosão através do tempo.

De acordo com Sala (1988), o estaqueamento ou “los clavos de erosión” são uma das técnicas mais simples e utilizadas para se medir a evolução da degradação de solos. Basicamente ela se resume em “introducir em el terreno clavos o estacas e ir midiendo em determinados intervalos de tiempo su altura relativa respecto a la superficie del suelo” (SALA, 1988, p. 20). Outra medida que pode ser feita também é a distância da estaca até a borda de uma feição erosiva, acompanhando o crescimento da mesma e criando taxas médias de evolução. “Os pinos de erosão são uma outra técnica barata e simples de se monitorar o processo erosivo, relacionado, nesse caso, ao escoamento superficial difuso, que provoca erosão em lençol (*sheet erosion*)” (GUERRA, 2005, p. 34).

Os pioneiros a utilizar essa técnica foram Schumm (1956) e Leopold (1966). Sala (1988) ainda diz que por mais que se tenha técnicas mais sofisticadas (por exemplo microtopografia

analisadas em SIG), as medições com estacas ainda são pertinentes no caso se obter uma informação geral da evolução e quando as medições são esporádicas.

As estacas devem ser finas, com diâmetro de no máximo 5mm e fincadas em uma profundidade de segurança de modo que as mesmas não sejam arrancadas com perturbações do terreno. É necessário também que se marque o valor da parte que ficou pra fora para futuras comparações. A marcação pode ser feita com uma caneta e sendo assim o sedimento que se estiver acima da marcação mostrará a acumulação de sedimento, enquanto que o sedimento que estiver abaixo mostrará a erosão.

A técnica de estaqueamento, como já dito anteriormente, é uma das mais simples e baratas para se monitorar áreas erodidas, porém, exige grandes cuidados do pesquisador, devendo existir uma lógica nas formas como se alocam as estacas para na coleta de dados e tratamento do mesmo haja o mínimo de erro possível.

Portanto, é necessário estar atento às duas instâncias do processo: campo e laboratório. A primeira se refere à escolha do material e metodologia de como serão coletados os dados e, a segunda, requer tratamento e análise desses dados em laboratório para fazer correlações.

Para utilizar a técnica do estaqueamento no monitoramento das bordas da voçoroca buscou-se pedaços de vergalhões de obra civil. Vergalhões de 12m foram cortados com a serra de corte mecânico em pedaços de 20cm. Em seguida, os pedaços foram pintados com tinta esmalte branco também foram marcados, com uma caneta Pilot, cinco centímetros cada um deles. Conforme observações de campo marcou-se 16 pontos na área (figura 2), e a maioria dos pontos foram escolhidos na margem direita da voçoroca, pois é ali a ocorrência de maior fluxo de escoamento superficial e conseqüentemente, maior erosão. Para alocação das estacas eram medidos dois metros em relação à borda da voçoroca, sendo fincada duas estacas na perpendicular, a um metro da borda e a outra a dois metros (Foto 1). O mesmo procedimento foi adotado nos dezesseis pontos.



Foto 1 – alinhamento das estacas e distância entre elas. (LEAL, 2008)

A periodicidade na qual é feita a medição é mensalmente, tendo em vista que se trata de uma coleta de dados de fenômenos geomorfológicos, portanto, a medição em tempo menor que o referido resultaria em uma coleta de dados próxima a zero, enquanto que uma medição mais longa se perderia a ocorrência do fenômeno de deslizamento da borda. A alocação dos pontos é mostrada na figura 1 e em detalhe a forma como evolui a borda.

Feita a estruturação do banco de dados partiu-se para a construção dos gráficos onde seriam feitas às correlações pertinentes com os dados obtidos. Fez-se um gráfico de coluna da Evolução Longitudinal dos Canais de Voçorocas tendo como base a coleta da distância inicial e a final de todos os pontos. Outro gráfico de dispersão elaborado da relação entre média de chuva e da evolução erosiva (mensal) feitos com a média mensal de todos os pontos, relacionando-os com a média mensal de chuva.

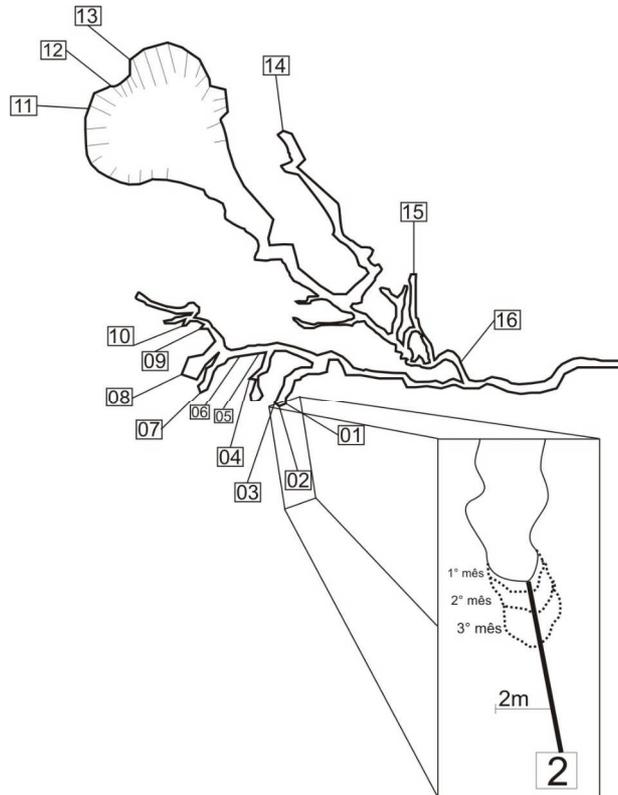


Figura 1 – localização dos pontos. Em detalhe (ponto 2) : forma de evolução da voçoroca ( modelo de GUERRA, 2005 adaptado por LEAL, 2008)

- Correlação

O coeficiente de correlação é responsável por indicar a força e a direção do relacionamento linear entre duas variáveis aleatórias. Se pegar como exemplo a relação entre a média de chuva de um mês versus a média de erosão de uma voçoroca, pode-se chegar a um coeficiente que indica o quanto essas duas variáveis se correlacionam.

Dentre os coeficientes de correlação mais conhecidos está o coeficiente de Pearson. A **correlação** ocorre quando há **associação linear**. Segundo Shimakura (2006), para medir o **grau de associação** entre as variáveis é preciso utilizar o **coeficiente de correlação**, definido como:

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y}$$

Onde,

$$s_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n - 1} = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{n - 1}$$

O resultado do coeficiente de correlação dará o grau de associação, isto é, o valor de  $r$  varia entre 1 e -1. Quanto mais próximo o valor das extremidades, ou seja, de 1 ou -1 maior a correlação. Por fim, quando  $r = 0$  não há correlação.

Ao fazer a interpretação do coeficiente de correlação é preciso compreender que quanto mais próximo das extremidades (-1 e 1), maior é a associação. Portanto, Shimakura (2006) nos mostra uma tabela dando o grau de associação conforme o valor do coeficiente de correlação (Figura 2).

| Valor de $\rho$ (+ ou -) | Interpretação              |
|--------------------------|----------------------------|
| 0.00 a 0.19              | Uma correlação bem fraca   |
| 0.20 a 0.39              | Uma correlação fraca       |
| 0.40 a 0.69              | Uma correlação moderada    |
| 0.70 a 0.89              | Uma correlação forte       |
| 0.90 a 1.00              | Uma correlação muito forte |

Figura 2 – Quadro para interpretação de um coeficiente de correlação (SHIMAKURA, 2006)

Além do coeficiente de correlação ainda temos o coeficiente de determinação, definido por  $R^2$ , onde os valores variam de 0 a 1. A variação desses valores determinará a relação das variáveis entre si.

### 3.Resultados

O gráfico 1 mostra a Evolução Longitudinal de Canais de Voçorocas dando a porcentagem de evolução de cada ponto. O que é interessante destacar no gráfico é que a evolução erosiva se deu basicamente nos canais da margem direita da voçoroca. Um outro aspecto é a evolução destoante do ponto 6. Esse fenômeno pode ser explicado por um aterro que ali foi feito na década de 1980 e por conta do material não ter coesão torna-se mais suscetível a erosão. O que nos leva a essa conclusão é que a montante do caminho que a evolução toma, tem-se uma feição aparecendo evidenciando a ponta de uma alcova de regressão. Porém é importante salientar que o aterro não se deu apenas no canal 6, mas é o que apresenta maiores evidências físicas.

O gráfico de dispersão (2) foi feito para verificar a associação linear das variáveis chuva e erosão. Comprovou-se, com o coeficiente de Person no valor de  $r = 0,9077$ , ter uma correlação muito forte entre as variáveis e as mesmas serem diretamente proporcionais. O coeficiente de

determinação no valor de  $R^2 = 0,824$  mostrou que a determinação da relação se dá em 82% das vezes cabendo aos outros 18% outras relações. Portanto, verificou-se que fator climático é um dos principais na evolução erosiva na voçoroca da Fazenda Experimental do Glória.

No gráfico de Taxa de Evolução Média e Precipitação (média mensal) (3) pode-se acompanhar temporalmente a relação entre precipitação e taxa de evolução. Verificou-se que os 18% restantes para se avaliar as relações entre a taxa de evolução mensal e outras variáveis ocorre nitidamente no mês de agosto, onde não houve precipitação e a taxa média mensal de evolução erosiva foi de quase 1 centímetro. Pouco, porém prova que outros fatores, além dos climáticos, agem. Além disso, o gráfico mostra nitidamente a relação diretamente proporcional, mas vê-se, por outro lado, que a proporção varia dependendo da média de precipitação do mês. A explicação para tal fato talvez se evidencie em gráficos mais detalhados dando o volume de precipitação por dia e, sendo assim, poderíamos até chegar a um resultado se o que predominou foram erosões superficiais (intensidade da chuva) ou erosões subsuperficiais (chuva acumulada). A diferenciação dos tipos de erosões talvez esteja ligada as proporções.

Por fim, a taxa de evolução média do mês de agosto ficou em 0,75 cm, a do mês de setembro em 0,62 cm, a do mês de outubro em 1,37 cm, a do mês de novembro registrou-se 2,34 cm, em dezembro a taxa de evolução deu seu pico máximo ficando em 5,12 cm e em janeiro marcou-se a redução resultando em uma taxa de 2,28 cm. No total a taxa média de evolução entre os meses de agosto a fevereiro ficou em 12,5 cm.

#### **4.Discussão**

As campanhas em campo ocorrem semanalmente, com preferência nas quintas-feiras. É de fundamental importância que se faça essas campanhas já que elas auxiliam nos procedimentos operacionais. Durante os seis meses de pesquisa poucas foram as vezes que pode-se acompanhar os mecanismos dos processos erosivos, por outro lado, o testemunho deixados por eles, isto é, feições erosivas ficou clara a distinção entre elas e também a qual mecanismo cada uma está associada.

Para o estaqueamento, a visita periódica à área de estudo é no mínimo obrigatória para se compreender a evolução de um processo erosivo e assim tendo instrumentos e *know-how* para eventual recuperação de uma área degradada.

Já é sabido que o regime e a intensidade da precipitação condicionam a erosão superficial e também subsuperficial a medida que abastece o lençol freático. A contribuição do atual artigo é quantificar esse condicionamento com base nos monitoramentos. Seja através da erosão por queda d'água que desencadeiam alcovas de regreções, pelo efeito *splash* que compacta o solo, por fluxos concentrados que fazem surgir sulcos, ravinas e voçorocas, por solapamentos na base dos taludes ou movimento de massas localizados, o que se verificou foi a eficiência da utilização do coeficiente de Pearson e o de determinação para correlacionar as variáveis ao longo do tempo .

Outro fator importante a ser ressaltado é a mudança de direção do canal. Os canais podem seguir rumos diferentes daqueles que foram traçados perpendicularmente com as estacas. Portanto, é fundamental que a alocação das estacas seja feita atentamente a fim de que acompanhe realmente o provável caminho de evolução.

É necessário estar atento também à reposição de estacas caso a evolução chegue a carregar a primeira estaca, pois se isso ocorrer não haverá referência para a colocação da terceira estaca.

Dentro do universo do estaqueamento, pode-se separar ainda em três tipos de erosão: 1-Erosão nula: pontos 11, 12, 13, 15 e 16, onde não houve erosão das bordas. Os pontos em questão se localizam na cabeceira e na margem esquerda. 2-Erosão intermediária: pontos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 14. Aqui houve erosão entre 1 cm e 35cm, todos os pontos se localizam na margem esquerda, exceto o ponto 14 que está na cabeceira. 3-Erosão acentuada: ponto 4. Neste ponto houve recuo da borda em 110 cm desde a primeira medição. O recuo acentuado desse ponto suscitou interesse e levantamos a hipótese de ser um antigo canal soterrado, visto que o canal está recuando em direção ao que parece ser uma antiga alcova de regressão também soterrada. Além disso, a erosão laminar é intensa no local.

Ao se analisar os pontos de erosão da borda da voçoroca mostrou-se que para uma intervenção e recuperação da área degradada é necessário que se estabilize a margem direita, já que esta é a mais ativa. Não obstante, a criação de curvas de nível na margem esquerda e cabeceira também influenciaram para frear a erosão.

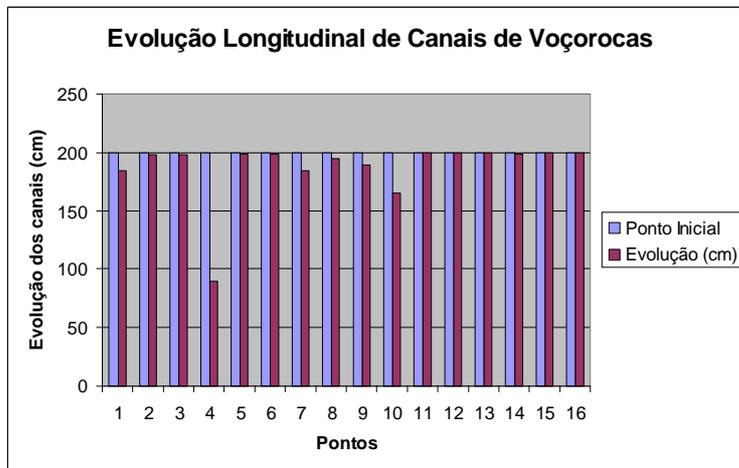


Gráfico 1 – Gráfico de evolução longitudinal de canais de voçorocas (ALVES & LEAL, 2008)

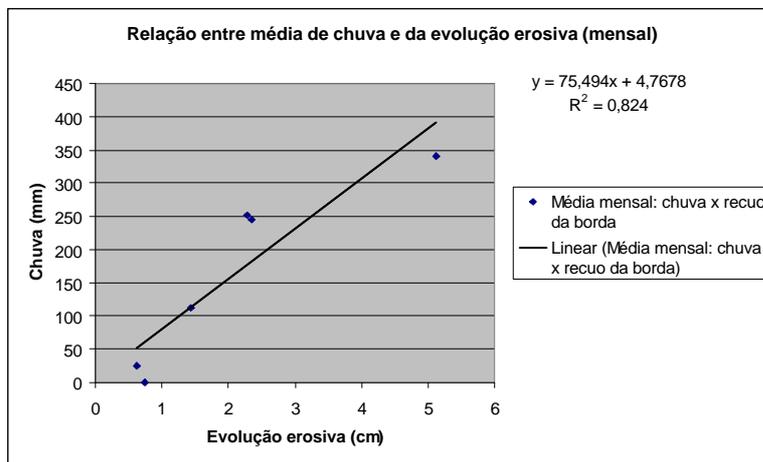


Gráfico 2 – Gráfico de relação média de chuva e da evolução erosiva (mensal). (ALVES & LEAL, 2008)

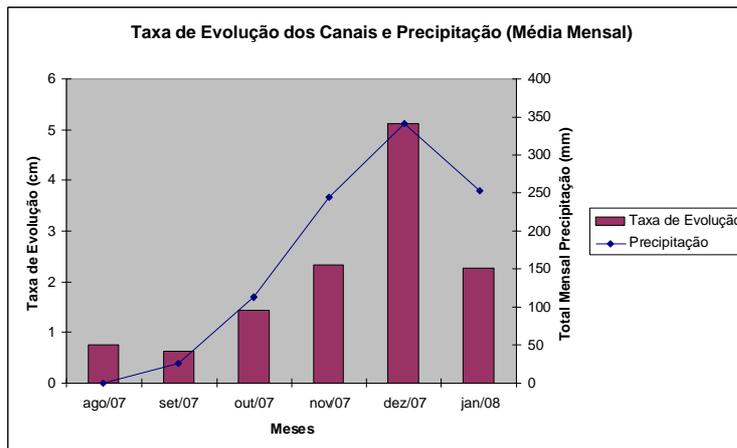


Gráfico 3 – Gráfico da taxa de evolução dos canais e precipitação (média mensal) (ALVES & LEAL, 2004)

## **5. Agradecimento**

Agradeço a FAPEMIG pelo fomento a pesquisa. Fundações como esta ajudam estudantes e pesquisadores como nós a realizar pesquisas com apoio, fazendo com que a realização do trabalho seja feita com exclusividade e qualidade. Agradeço também aos meus familiares, colegas de laboratório e ao meu orientador Silvio C. Rodrigues.

## **6. Bibliografia**

-Guerra, A. T. e Guerra, A. J. T. (2006) Novo Dicionário Geológico – Geomorfológico – Editora Bertrand Brasil. 652p.

- Guerra, A. J. T. (2005) Experimentos e Monitoramentos em Erosão dos Solos. Revista do Departamento de Geografia. São Paulo, 16 (2): 32-37.

- Sala, M. (1988) Los clavos de erosión. In SALA, M. e GALLART, F. (editores) Metodos y Tecnicas para la Medicion en el Campo de Procesos Geomorfologicos. Sociedade Española de Geomorfologia, Barcelona: 20-24.

- Shimakura, S. E. (2006) Correlação. In CE003 - Estatística II. Paraná: Dep. de Estatística – UFPR: 71-78.

-Sobre Correlação. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Correla%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 21/02/2008.