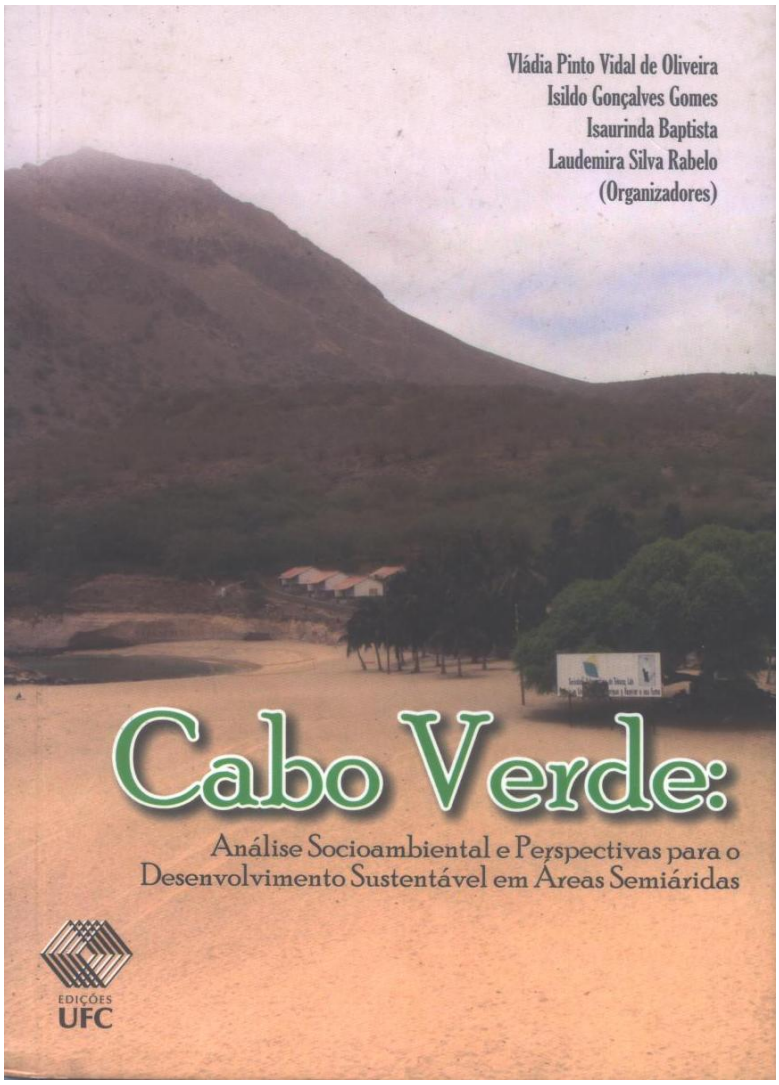
Vládia Pinto Vidal de Oliveira
Isildo Gonçalves Gomes
Isaurinda Baptista
Laudemira Silva Rabelo
(Organizadores)
Cabo Verde:
Análise Socioambiental e Perspectivas para o Desenvolvimento Sustentável em Áreas Semiáridas
EDIÇÕES
UFC

5

EROSÃO HÍDRICA E DEGRADAÇÃO DE TERRAS EM CABO VERDE

Jacques de Pina Tavares
INIDA
Philippe Amiotte-Suchet
Professor (Universidade de Borgonha, França)

O Arquipélago de Cabo Verde está localizado a cerca de 450 km da costa oeste africana, perto do Senegal. O arquipélago, que é composto por dez ilhas e treze ilhotas, está dividido em dois grupos, de acordo com a predominância dos ventos: o grupo Sotavento (mais oriental) composto pelas Ilhas de Santiago, (a maior de todas) Maio, Fogo e Brava e o grupo Barlavento (mais ocidental) composto por Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia (desabitada) São Nicolau, Sal, e Boavista. As ilhas são de origem vulcânica, geograficamente dispersas e localizadas numa zona denominada subsaariana de elevada aridez. Três das ilhas habitadas são planas (Sal, Boavista e Maio), enquanto as outras são montanhosas. Todas juntas, as ilhas ocupam uma área de 4.033 km^2, com um litoral relativamente grande, com cerca de 2.000 km.

Devido à irregularidade das chuvas, a produção alimentar é altamente deficitária, cobrindo apenas 10% a 15% das necessidades da população. Para cobrir esse *deficit* de produção alimentar, o país importa a maior parte dos produtos que necessita, e também recebe ajuda de países estrangeiros, em forma de alimentos e outros bens.

A gravidade da degradação do solo causada pela erosão hídrica e eólica depende do tipo de clima predominante nas zonas onde a degradação do solo ocorre. As áreas mais vulneráveis são aquelas localizadas em zonas áridas, onde o *deficit* hídrico limita a cobertura vegetal do solo no início de cada estação chuvosa.

Em Cabo Verde, particularmente na Ilha de Santiago, a vulnerabilidade do solo face à erosão aumenta com a mobilização do solo na sua preparação para a sementeira das culturas de sequeiro, que geralmente ocorre no início de cada estação de chuva.

O processo de erosão do solo ocorre em três etapas: a primeira etapa é o desgaste do solo, que corresponde à liberação de sedimentos; a segunda etapa é a exportação dos sedimentos erodidos; e a terceira etapa é a sedimentação do solo, ou seja, a acumulação dos sedimentos.

A sedimentação de solo ocorre tanto na periferia dos campos, devido a obstáculos naturais ou artificiais, ou nos leitos das ribeiras. Uma vez iniciado, o processo de erosão do solo diminui o conteúdo e a disponibilidade de água no solo que reduz ainda mais a cobertura de vegetação. Os solos mais suscetíveis à erosão estão os ricos em limo e areia fina (KHEYRABI & MONNIER, 1968; WISCHMEIER *et al.* 1971; AUZET, 1987; ROOSE, 1994). Muitos estudos têm indicado que a erosão do solo e a produção de sedimentos são o principal processo de degradação da terra. No entanto, a maioria desses estudos centrou-se apenas em pequenas unidades espaciais, ao passo que pouca atenção foi dada à quantidade real de sedimentos exportados da captação.

Abordagens sobre a unidade espacial pequena frequentemente negligenciam a transferência de sedimentos através de bacias hidrográficas, bem como a escala de dependência dos processos de erosão. Além disso, estas abordagens não incorporam importantes impactos fora do sítio, como a sedimentação em reservatórios, a exportação de nutrientes, o transporte de contaminantes e o impacto sobre a qualidade da água e ecologia aquática. Portanto, incluindo a exportação de sedimentos e sua escala de dependência em análises sobre a degradação do solo pode

introduzir um grande valor, acrescentado para a compreensão dos processos de degradação em curso e seus impactos.

Vários estudos sobre a erosão do solo e dos processos de escoamento foram realizados no contexto das regiões áridas e semiáridas, ou seja, na Nigéria (OLIVRY *et al.*, 1995), Chade (GAC, 1980; OLIVRY *et al.*, 1997) e Tunísia (RODIER *et al.*, 1981). Em Cabo Verde, numerosos estudos foram realizados em várias escalas e em diferentes ambientes, ou seja, aqueles realizados por Mannaert (1986, 2000, 2006) sobre a parte sul da Ilha de Santiago, por Costa (2006, 2007) e Costa & Nunes (2007) na bacia hidrográfica da Ribeira Seca, Olivry (1987) na Ilha de São Nicolau em pequena escala da bacia hidrográfica e Haagsma (1990) na Ilha de Santo Antão. Apenas um estudo da erosão do solo foi realizado à escala de parcelas na sub-bacia de Godim em zona semiárida (SMOLIKOWSKI *et al.*, 1998). Outros estudos foram realizados sobre a retenção de carga de fundo nos diques de correção torrencial (LOPES & MEYER, 1993; SABINO, 2005; SABINO *et al.*, 2000). Na Ilha de Santiago, os estudos sobre a quantificação da erosão do solo à escala de bacias hidrográficas são praticamente inexistentes.

Descrição da Zona de Estudo

A Ilha de Santiago, com 991 km^2 e mais de 50% da população, é a maior e a mais populosa de Cabo Verde. Nesta ilha, mais de 90% dos solos estão sob risco de erosão grave (TAVARES & AMIOTTE-SUCHET, 2007). A sub-bacia de Longueira, com uma superfície de drenagem de 4,18 km^2 e 58 km de perímetro é uma das mais úmidas de Santiago, e está localizada a oeste de uma das maiores bacias hidrográficas da Ilha de Santiago. Faz fronteira a norte com a bacia Covada (1.65 km^2) e ao sul com a bacia do Ribeirão Galinha (3,18 km^2). A corrente principal da bacia hidrográfica Longueira a 3,45 km de comprimento (Figura 1) e está localizada no sopé da barreira montanhosa do maciço do Pico da Antônia (1394 m), no coração da Ilha de Santiago. Longueira tem um relevo montanhoso e fortemente irregular. Mais de 400 habitantes vivem

nesta sub-bacia, o que implica uma densidade de mais 95 habitantes por km^2. As famílias têm, em média, 6,4 membros, em comparação com 6 membros em 1987 (BARROS, 1987).

A sub-bacia hidrográfica de Longueira é caracterizada por uma geomorfologia particular e complexa, com uma diferença de altitude de 887 metros. Aproximadamente 61% da sua área de drenagem estão entre 400 e 1.200 metros acima do nível do mar e eles têm cinco classes de altitudes (TAVARES & AMIOTTE-SUCHET, 2007). As encostas têm gradientes médios de 33%, uma parte é arborizada e a outra serve para o cultivo de milho e feijão em associação (Tabela 1).

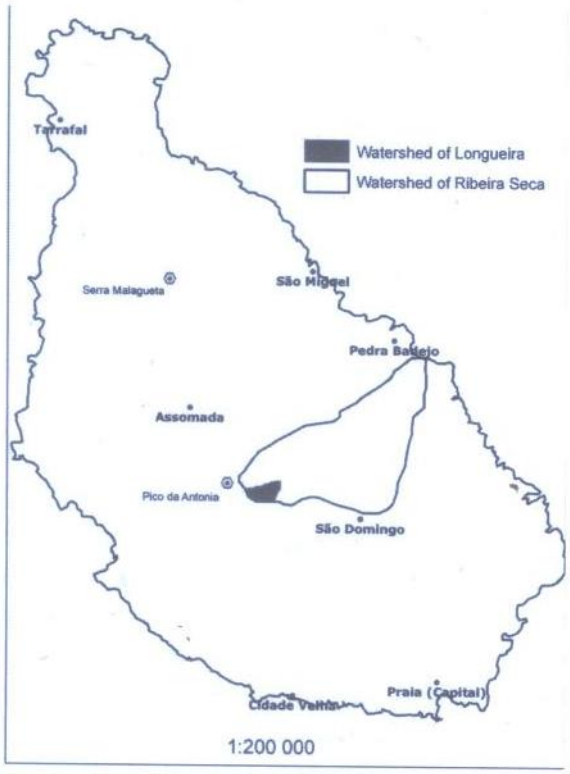

Figura 1 – Localização Geográfica da Sub-Bacia Longueira na Bacia Ribeira Seca, na Ilha de Santiago

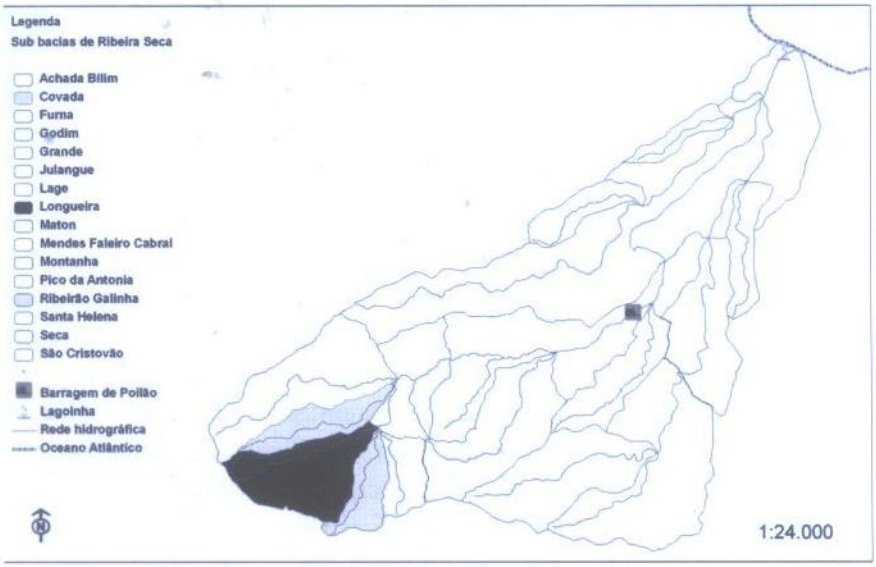

Figura 2 – Localização da Sub-Bacia Longueira na Bacia de Ribeira Seca

Tabela 1 – Características Geométricas da bacia de Longueira

FACTOR	VALOR
Área (km²)	4.18
Perímetro (km)	9.58
Altitude (m)	-
Máxima	1126.0
Mínima	239.0
Média	682.0
Declive médio (%)	-
Bacia	33.0
Ribeira	26.0
Densidade de drenagem	6.0
Comprimento da ribeira principal (km)	3.45
Velocidade de escoamento (m/s)	0.7

Os principais usos do solo são: a floresta com 251 hectares e vários tipos de árvores, tais como: *Eucalyptus sp., Dychrostachis cinerea, Prosopis juliflora, Grevillea robusta, Pinus et Cupressus spp*; a área de

agrossilvicultura, onde a população também está localizada com uma área total de 117 ha e o escarpamento rochoso com 50 ha; representando, respectivamente, 60%, 12% e 28% da bacia total. A principal fonte de energia para a população é da indústria (transformação da cana-de-açúcar em bebida local, grogu na língua crioula), é a lenha.

O clima de Cabo Verde é tipicamente saheliano com estação seca longa, de novembro a julho e a estação chuvosa curta com altas temperaturas de agosto a outubro (Gráfico 1). A estação das chuvas pode variar de 1 a 3 meses (FERREIRA, 1986) e o escoamento depende da precipitação (100% caindo como chuva). A rede hidrológica é altamente ramificada e dissecada o que testemunha a forte dinâmica de escoamento. Esta bacia, juntamente com a do Pico da Antónia, a norte, e da Ribeira Grande, ao sul, são os principais contribuintes em água e sedimentos na barragem de Poilão (Gráfico 1).

A alta intensidade de precipitação é comum desde a Convergência Intertropical (CIT) e é reforçada pela barreira montanhosa do Pico da Antónia. A média da pluviometria anual é de cerca de 534 mm (1941-2003), que variam de 300 a 500 mm durante esse período. A temperatura média é de 22,3°C. O vento sopra predominantemente do Nordeste e ele perde o seu teor em água, sobre a barreira montanhosa do Pico da Antónia (1.394 m). No que respeito à geomorfologia, a bacia hidrográfica de Longueira tem uma litologia muito diversificada, chamado «complexo eruptivo do Pico da Antónia» por Serralheiro (1976). Este complexo é dominado por rochas vulcânicas (72%), formado por suberupções que geraram os piroclastos (20%) e conglomerados angulares e fluxos de lava basáltica. Os materiais deste complexo, sobreposto num outro complexo de conglomerados e brechas vulcânicas, predominantemente, são descritos por Serralheiro (1976) como a formação dos Órgãos.

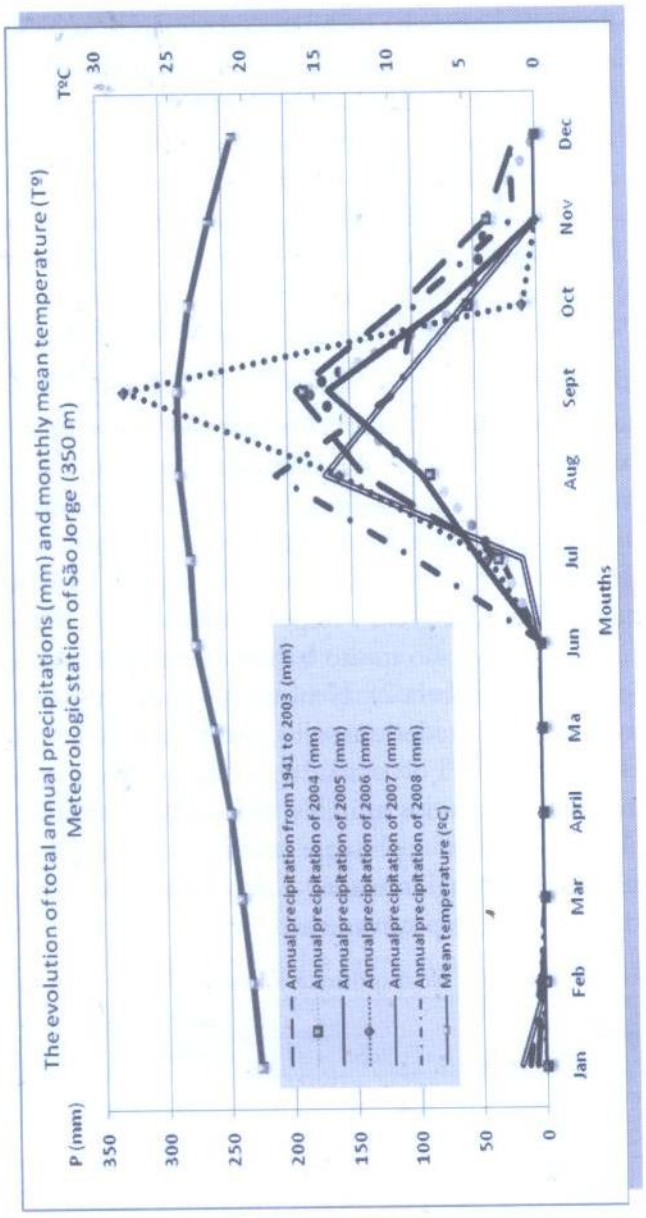

Gráfico 1 – Variação das chuvas (mm) e temperaturas (°C). Estação meteorológica de São Jorge (350 m)

A sub-bacia de Longueira inclui uma das mais ricas biodiversidades em todo o arquipélago de Cabo Verde. Segundo Gomes (2005), em Cabo Verde, 17% das espécies endémicas de plantas estão localizadas em Rui Vaz e áreas Pico da Antónia, Longueira bacia hidrográfica onde está localizado. Entre as espécies de gramíneas dominantes, pode-se encontrar o *Panicum maximum* (Dje-Dje - Cabalo), o *pedicelleatum* (Pennisetum Balanku), *o Chloris virgata* (Barba-di bodi-fêmea), e os *Melinis repens* (Padja-burmedjo). As espécies de árvores são menos diversificadas, incluindo *Dichrostachys cinerea* (Espinho-cachupa), *Acacia nilotica* (Espinho-preto), *Eucalyptus sp.*, (Eucalipto), *Grevilha robusta* (Grevilia), *Pinus sp.*

O solo de Longueira apresenta um teor médio de argila, de acordo com as equações de Saxton *et al* (1986) para calcular a densidade do solo e Textura Triângulo para determinar a textura. A textura do solo é arenosa no topo e na base da encosta e barro no meio. A densidade aparente (bulk density) do solo é maior no topo e na base da bacia hidrográfica, 1,57 e 1,52 g/cm^3, respectivamente, a inclinação média de 1,48 g/cm3. Os solos são muito baixos de matéria orgânica (<3%), sendo maior na base (Tabela 2). Nenhum produto químico ou fertilizantes orgânicos são utilizados nos solos, e toda a cultura é colhida pelos agricultores: os grãos para o autossustento da população e a biomassa (palha) para alimentação dos animais, deixando o solo descoberto. A sobreposição de solos principalmente rochas basálticas (70%) e rochas piroclásticas (20%). Conglomerados e depósitos aluviais representam 7% e 1% da área total, respectivamente.

Tabela 2 – Análise Físico-química e Resultados em Longueira

Parâmetro	Declive		
	Topo	Meio	Base
Argila (< 2 µm)	9.2	13.4	12.0
Limo fino (2-20 µm)	13.0	19.9	14.6
Limo grosso (20-50 µm)	12.7	20.0	11.1
Areia fina (50-200 µm)	24.5	26.8	23.5
Areia grossa (200-2000 µm)	40.6	19.9	38.8
Classe de Textura	Franco limoso	Franco	Franco limoso

Densidade aparente (g/cm^3)	1.57	1.48	1.52
pH	7.4	7.5	7.6
CEC (cmol$^+$/kg)	43.8	44.3	45.1
C (%)	1.84	1.06	2.01
N (%)	0.18	0.16	0.20
C/N	10.22	6.62	10.05

Amostragem de Sedimentos

As quantidades de sedimentos em suspensão, exportados a partir da bacia de Longueira, foram monitoradas durante os períodos de chuvas fortes, que produzem uma série de eventos de escoamento. Foram coletadas amostras de cheias na foz da bacia, mais precisamente na estação hidrológica de São Jorge. A estação é equipada de uma régua limnimétrica de 2 metros de altura. A amostragem é realizada de acordo com a variação das cheias em cada 2, 3, 5, 15 minutos duma forma manual. A amostragem de água na foz é efetuada ao mesmo tempo que a leitura do nível de água na régua limnimétrica. Cada amostra é etiquetada (número, hora e data de amostragem, altura da água na régua) depois de ser colocada num frasco branco em PVC com uma capacidade de 1000 ml. As amostras são tomadas após cada evento de precipitação elevada suscetível de induzir em segundo turno com PVC garrafa ml (1000). Uma vez no laboratório, as amostras coletadas são filtradas com filtro de 0,2 µm, e secas por 24 horas a uma temperatura de 105°C. Em seguida, as amostras foram resfriadas num ambiente controlado antes de serem pesados para determinar a quantidade de matéria em suspensão total. Para determinar o peso da matéria em suspensão orgânica, as amostras são incineradas a 380 ° C durante duas horas. Os caudais são calculados a partir dos dados limnimétricos e da equação da curva de vazão (Gráfico 2).

$$Q = 68{,}67\ H^4 - 112{,}89\ H^3 + 60{,}82\ H^2 - 0{,}39\ H \qquad (1)$$

Q (m^3 / s) vazão e H (m) altura do escoamento indicado na régua limnimétrica.

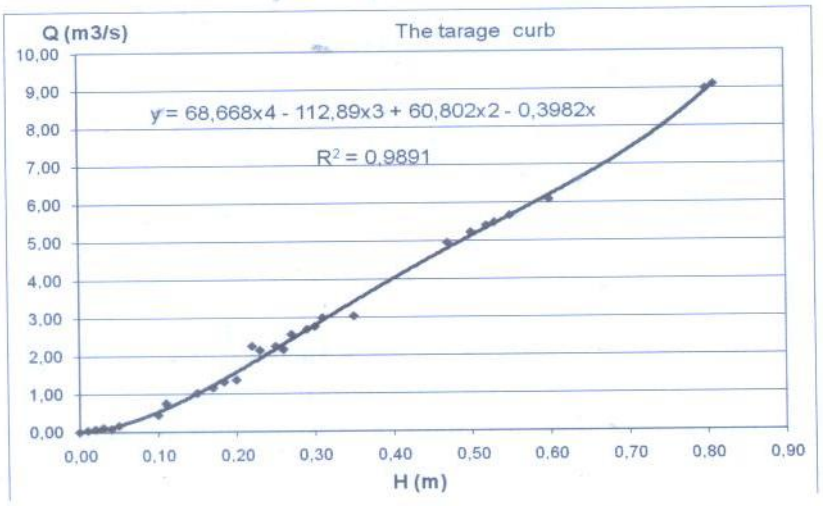

Gráfico 2 – A Curva de Vazão da Estação Limnimétrica de São Jorge (Sub-bacia de Longueira)

Processos Exodinâmicos

As chuvas são os principais fatores que influenciam a degradação do solo pela água. A precipitação anual durante os cinco anos de monitoramento (2004-2008) foi extremamente variável e mais de 96% da precipitação ocorreram durante os meses de agosto e setembro. Em 2004 e 2007, a estação chuvosa concentrou-se em apenas dois meses, agosto e setembro. No entanto, em 2005, 2006 e 2008, a estação chuvosa abrangeu três meses, agosto, setembro e outubro, com 90% das chuvas nos meses de agosto e setembro. A concentração dos sedimentos em suspensão durante os eventos de escoamento variou de 0,01 a 392 $g.l^{-1}$. Os eventos do ano 2006 proporcionaram a maior concentração, com particular ênfase para os dias 1 de agosto e 3 de setembro.

A maior concentração de sedimentos foi medida no membro subida da hidrograma. Os dois eventos de chuvas de 105 e 152,2

milímetros em menos de 3 horas foram responsáveis por esses fluxos de pico em agosto e setembro, respectivamente. A alta concentração de sedimentos em 1 de agosto pode ser atribuída à secura do solo nu após 7 meses de seca, e à mobilização do solo durante a preparação da terra para a sementeira das culturas de sequeiro (milho e feijão). Os eventos registrados a partir da segunda semana de setembro em diante apresentaram menos concentração de sedimentos em suspensão. Isso pode ser creditado à cobertura vegetal, porque a partir do mês de setembro as culturas de milho e feijão já atingiram um desenvolvimento foliar bastante pronunciado capaz de proporcionar um cobertura vegetal que cobre relativamente bem o solo e dando assim a terra uma melhor proteção contra a bátega da chuva. Além, deste aspecto, existe um outro efeito das culturas no solo, ou seja, o papel do sistema radicular das duas culturas, que vai também ajudar o solo, facilitando a infiltração da água e limitando, desta forma, a dinâmica do escoamento superficial, que é o principal responsável pelo arrastamento dos sedimentos nas encostas cultivadas.

Segundo Roose *et al* (1999), a quantidade de erosão tolerável é de 1200 $t.km^{-2}.yr^{-1}$. Durante os cinco anos de monitoramento, a degradação hídrica do solo na bacia de Longueira foi altamente variável. Os anos de 2006 e 2007 foram os mais agressivos em termos de erosão e perda de sedimentos com 70 e 12% respectivamente. Enquanto os anos de 2004, 2005 e 2008 representaram 3%, 8% e 6%, respectivamente (Tabela 4 e Foto 1). Em 2006, 90% de perda de solo ocorreu em dois eventos de chuva: 19 de agosto e 3 de setembro.

Vários estudos mostram a eficácia das medidas de armadilha de sedimentos pela vegetação (OLIVIER, 2000; VENTO, 1999, 2000; REY *et al.*, 2002). Segundo as observações de campo e entrevista de usuários da terra do local de captação, Longueira, a principal fonte de sedimento é a área destinada à agricultura de sequeiro. As elevadas taxas de erosão são reforçadas, podem também ser atribuídas pela baixa cobertura vegetal do solo e as práticas de capina para assegurar um bom desenvolvimento das culturas de milho e feijão. Além disso, todo o

material vegetal restante das culturas é aproveitado pelos agricultores como forragem para os animais. Por conseguinte, o solo fica mais pobre duas vezes: um, porque as culturas exportam uma quantidade importante dos nutrientes do solo para o seu crescimento, desenvolvimento e produção de grãos e segundo, o solo não recebe nenhuma forma de compensação de fertilizante nem de restituição de material vegetativo por parte dos usuários da terra. Portanto, a conjugação desses fatos faz com que o solo fique arável, apresente um grau de fertilidade muito limitado e é sujeito à agressividade das chuvas e à erosão que leva cada ano uma parte muito significativa do material mineral do solo e em particular o material mais leve e fino, tornando, desta forma, o teor em matéria orgânica e argila fraca (Tabela 2).

Outro aspecto responsável pela fragilização do solo da bacia de Longueira tem a ver com a eliminação manual e sistematicamente das ervas daninhas que se desenvolvem à volta das culturas de milho e feijão e que podem competir com essas culturas. As práticas de capina local com a enxada podem mobilizar o solo até 7,0 cm de profundidade (a camada mais rica em matéria orgânica) de cima para baixo das encostas reduzindo a estabilidade do solo. Durante o ciclo vegetativo das culturas, a capina é realizada duas até três vezes. Depois da primeira capina, que é mais degradante para solo, cerca de 70 t.ha-1 (ou seja, 7 kg.m-2) do solo é removido e transportado para baixo nas encostas. Essa porção de solo é reconhecida como a parte que tem a melhor estrutura e maior quantidade de matéria orgânica e nutrientes conteúdo (KIRBY, 2001). Uma vez que inicia o escoamento superficial, diversas formas de erosão são prováveis de ocorrer, mostrando muitas combinações no espaço e no tempo: erosão linear paralela (sulcos) e voçorocas (LE BISSONNAIS *et al.*, 2001).

As observações realizadas durante este estudo no terreno, após cada evento de precipitação, indicam que os sedimentos são provenientes de várias fontes, ou seja, das encostas, das margens do canal e até mesmo da carga de fundo pré-existente no canal principal da ribeira. No entanto, a maioria dos sedimentos são provenientes das encostas aráveis.

A parte mais importante dos sedimentos é transportada pelas cheias, enquanto a outra, transportada pelos fluxos de fraca intensidade, proveniente do escoamento profundo e subsuperficial, é captada para além, logo atrás da estação de medição, através de pequenas barragens construídas pelas populações rurais (Tabela 3). Esta prática é uma atividade que gera renda para a população rural, uma vez que a população vende os pequenos montes de areia de materiais por cinco mil escudos (45 €) e as pilhas maiores por oito mil escudos (73 €). Estes sedimentos, de uma maneira geral, apresentam uma alta percentagem de areia utilizada para a construção civil.

Tabela 3 – Exportação Anual de Sedimentos na Bacia Hidrográfica Longueira

Ano	P annual (mm)	Sedimento exportado			Denudação ($mm.yr^{-1}$)	Rate of stock ($t.yr^{-1}$)
		Total ($t.yr^{-1}$)	EE* ($t.km^{-2}.yr^{-1}$)	%		
2004	178.50	342.92	82.04	3	0.06	27.37
2005	257.20	867.31	207.49	8	0.08	50.55
2006	534.20	7,179.11	1,717.53	70	0.67	401.33
2007	376.20	1, 883.29	302.77	12	0.12	72.43
2008	576.15	590.22	141.20	6	0.06	33.78
Média	**384.45**	**2,172.57**	**490.21**	-	**0.20**	**117.10**
Total	-	-	-	**100**	-	-

Nota: *erosão especifica.

A perda de matéria orgânica é menor quando comparada com aquela mineral, devido à sua pequena concentração nos solos, uma vez que a agricultura de sequeiro é praticada sem qualquer adição de fertilizante orgânico nem mineral. Os sedimentos orgânicos dispersos em suspensão não apresentam diferenças significativas ao longo dos eventos de precipitação excepcional ocorrida em 2006.

Foto 1 – Vista dos sedimentos carreados na sub-bacia de Longueira, em 2005, (à esquerda - a estação seca) e 2006 (direita - estação chuvosa) pela população de Ribeirão Galinha, Maton, João Guela, Chã de Vaca e Covada

A combinação entre a cobertura vegetal escassa, as práticas de mobilização do solo, a geomorfologia muito íngreme e as características da ocorrência de chuvas torrenciais, todos juntos, produzem alta percentagem de fluxos hídricos superficiais e não só. Portanto, os resultados de modelagem de erosão e transporte de sedimentos mostram que 97,8% da degradação do solo é devido aos processos hidrológicos superficiais (Gráfico 3).

O estudo realizado sobre a cartografia de risco de erosão na Ilha de Santiago (TAVARES & AMIOTTE-SUCHET, 2007) aponta que o risco da erosão, na mancha que abrange a bacia hidrográfica Longueira, é muito elevado, apesar da cobertura de vegetação densa que abrange uma parte significativa da bacia. A erosão do solo afeta com severidade a área onde se pratica a agricultura (Foto 2). Porque, segundo a classificação de Herweg (1996), foram encontrados e medidos vários sintomas de degradação do solo, como: sulcos superficiais, sulcos grandes e superficiais, sulcos profundos, sulcos amplos e profundos e também ravinas (Tabela 4). De todos esses sintomas, os sulcos são maioritários.

Tabela 4 – Classificação dos Tipos de Erosão (HERWEG, 1996)

Tipo	Largura (cm)	Profundidade (cm)
Sulco superficial	< 25	< 15
Sulco largo e superficial	25 – 200	< 15
Sulco profundo	< 50	15 – 100
Sulco largo e profundo	50 – 200	15 – 100
Sulco largo	> 200	< 100
Ravina	Tudo	> 100

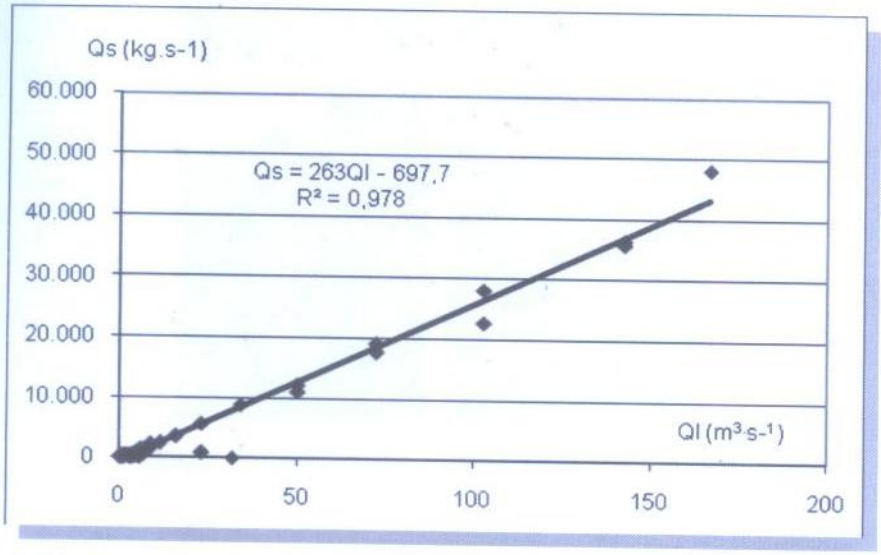

Gráfico 3 – Modelelo de Conexão entre o Escoamento Sólido (Qs em $kg.s^{-1}$) e o Escoamento Líquido (Ql em m^3s^{-1})

Foto 2 – Paisagem da Bacia de Longueira

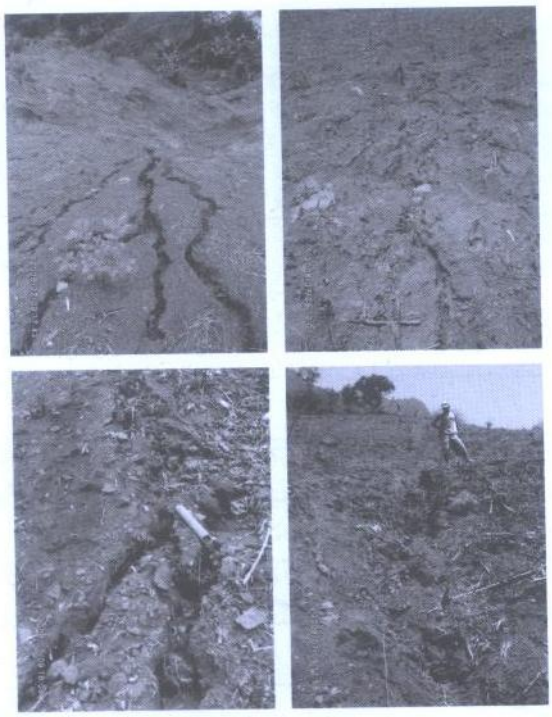

Foto 3 – Evidências da Degradação Hídrica do Solo (Sulcos)

O comportamento hidrológico da bacia de Longueira apresenta resposta intermediária em comparação com aqueles medidos e estimados nas bacias da Ribeira Brava e da Ribeira Grande na Ilha de São Nicolau, bem como para a bacia de Ribeira Seca na Ilha de Santiago. Os sedimentos em suspensão exportados (erosão específica) na bacia de Longueira são muito próximos aos resultados obtidos por Probst e Amiotte-Suchet (1992) em Magrheb, bem como os resultados obtidos por Nyssen *et al* (2007) na Etiópia (Tabela 5). No entanto, Olivry (1987) na Ilha de São Nicolau, em especial na bacia hidrográfica da Ribeira da Brava, obteve uma erosão específica seis vezes mais importante do que Longueira.

Tabela 5 – Comparação do Balanço da Erosão nas Zonas Áridas e Semiáridas em Bacias

Reference	Watershed/Region	Area	Suspended sediments exported	
		(km^2)	($t.yr^{-1}$)	($t.km^{-2}.yr^{-1}$)
This study	Ribeira de Longueira	4,18	10.10^3	496
Lopes and Meyer (1993)	Ribeira Seca	71.5	33.10^3	466
Olivry (1987)	Ribeira da Brava *	6,7	29.10^3	4,300
	Ribeira Grande*	11	6.10^2	55
Gellis (2003)	Volcano Hill Wash**	9,3	38.10^3	405
	Arroyo Chávez **	2,3	23.10^3	981
Nyssen et al. (2007)	May Zegzeg***	2	12.10^2	590
Probst & Amiotte-Suchet (1992)	Magrheb	N.A.	251.10^6	504
	Atlantic ocean	N.A.	151.10^5	613
	Mediterranean sea	N.A.	100.10^6	397
Fournier (1960)	Magrheb	N.A.	N.A.	60 a 600
Strakhov (1967)		N.A.	N.A.	10 a 50
Heusch&Lilliès-Lacroix (1970)		N.A.	N.A.	265 a 2,569
Walling & Webb (1987)		N.A.	N.A.	> 500
Walling et al. (2001)	Kaleya, Zambia	63	26.10^2	42

Notas: N.A. = data não disponível.

* São Nicolau Island in Cape Verde archipelgo at the windward group (North of the archipelago).

** New Mexico, USA.

*** Tigray, Ethiopia.

Reflexões Finais

Este estudo sobre a problemática da erosão do solo, baseado numa abordagem hidrodinâmica à escala da bacia, mostra que a origem dos escoamentos na bacia de Longueira é maioritariamente superficial. Este estudo vem reforçar os outros de grande mérito já realizados na bacia de Ribeira Seca onde a sub-bacia de Longueira desempenha papel

relevante em termos de resposta hidrológica e de produção de cereal para a população.

Os resultados obtidos constituem uma primeira etapa no estudo hidrológico desta bacia. Uma monitorização a longo prazo permitirá uma precisão mais fina da importância do escoamento na variabilidade interanual dos caudais e da exportação de sedimentos. Numa perspectiva mais alargada, este estudo representa igualmente um contributo para um melhor conhecimento da variabilidade espaciotemporal dos fluxos entre os acontecimentos chuvosos responsáveis pela degradação da terra.

A quantidade de sedimentos erodida na bacia hidrográfica Longueira durante os cinco anos (2004-2008) chegou a 10.363 t.yr-1, incluindo uma erosão mecânica de 2.479 t.km2.yr-1. Os sintomas de erosão inventariados e medidos no terreno atestam os valores obtidos e a necessidade de proteger e conservar as terras agrícolas de Longueira. Mannaerts (1986) chegou à conclusão que: é a combinação da topografia do solo e as condições climáticas que geram escoamentos pesados e, consequentemente, a erosão considerável em Cabo Verde. As terras cultivadas em Longueira são muito frágeis, porque:

i. As encostas aráveis são muito íngremes, com gradientes de inclinação média de 33%; a estrutura do solo é frágil, com baixo teor de matéria orgânica, é cultivada intensamente em solo quase nus e muito sensível às primeiras fortes chuvas do ano.

ii. A operação de preparo tradicional ou capina (monda em língua local) é praticada nas encostas íngremes de cima para baixo, esta operação que sistematicamente elimina as ervas daninhas em torno do milho e feijão e deixa uma boa parte do solo sem cobertura vegetal.

iii. As medidas de conservação do solo e da água (cinturões verdes, terraços, represas) são muito limitadas e necessitam de manutenção.

iv. As terras são usadas principalmente para a agricultura de sequeiro e são pouco protegidas pela cobertura vegetal ou de qualquer estrutura contra os efeitos da enxurrada.

v. A presença de escarpas aumentando os fluxos e o escoamento superficial.

vi. A concorrência entre as atividades dos agricultores, as necessidades e a capacidade do solo é muito intensa.

Em suma, para assegurar o futuro das próximas gerações, é urgente reforçar a proteção da terra arável no intuito de garantir a sustentabilidade do solo da bacia. No processo de envolvimento e participação, de abordagens sistemáticas, devem centrar-se na conservação e proteção dos solos para prevenir e reduzir as perdas de fertilidade do solo e degradação, tanto causados pelo plantio manual e erosão do solo pela água. Os solos cultivados das encostas devem ser bem-fixados e estabilizados com plantas, tais como: cinturões verdes de *Aloe vera, Leucaena leucocephala, Jatropha curca, Cajanus cajan*, etc. de acordo com a realidade biofísica e socioeconômica de cada zona ou bacia. Essas medidas devem ser orientadas na redução das perdas de fertilidade e de matéria mineral das encostas, no aumento da cobertura vegetal do solo arável das encostas e também no aumento da infiltração da água de escoamento superficial. O denominador comum dessas medidas deve ser o melhoramento socioeconômico das populações rurais. Sem uma conservação eficaz das encostas, a durabilidade e os efeitos das obras de correção torrencial serão extremamente limitadas.

Agradecimentos

A pesquisa descrita neste trabalho foi conduzida no âmbito de:

1. O projeto de cooperação e entendimento entre INIDA e Universidade da Borgonha, em França "Projeto FSP 2002/130 _ Appui à la Gestion Durable des Ressources Naturelles au Cap Vert". O projecto foi financiado pelo "Service de Coopération et d'Action Culturelle de França" na cidade da Praia, Cabo Verde (2004-2006).
2. Projecto DESIRE "Desertificação e atenuação de terreno: uma abordagem global para soluções locais", financiado pela UE (2006-2011).

Referências Bibliográficas

AUZET, V. L'érosion des sols cultivés en France sous l'action du ruissellement. *Annales de Géographie*, n. 537, p. 529-555, 1987.

BARROS, E. A. S. *Proposta de ordenamento florestal nos povoamentos de Longueira Mato* – Moniz – Perimetro florestal de São Jorge. INIA, 1987. p. 38.

BULL, L. J.; KIRKBY, M. J. Gully processes and modelling. *Prog. Phys. Geogr.*, v. 21, n. 3, p. 354–374, 1997.

COSTA, F.E.L. Impactes do uso do solo nos processos erosivos e nas formas de vertente em Cabo Verde. In: CONFERÊNCIA LUSÓFONA SOBRE O SISTEMA TERRA, 1 – CluSTer, Lisboa nos dias 22-24 de março de 2006, FC-UL, p.4, 2006.

_____. *Os travertinos de cascata do vale da Ribeira de Sta. Helena (Santiago Oriental, Cabo Verde).* Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos. Lisboa: APGeom, v. 5, p. 201-209, 2007.

_____; NUNES, M. C. *A precipitação como factor de erosão hídrica na bacia da Ribeira Seca.* Santiago-Cabo Verde, 2007. p.11

FERREIRA, D. B. *Etude de la sécheresse dans l'île de Santiago (Cap Vert).* Lisboa: Centro de Estudos Geográficos. Relatório da Linha de Acção de Geografia Física, 23, p.112. 1986.

FOURNIER F. *Climat et erosion.* France: Presses Universitaires de France, 1960.

GAC, J.Y. *Geochimie du bassin du Lac Tchad. Bilan de l'alteration de l'erosion et de la sedimentation.* Coll. ORSTOM TRAV. Et Doc., n. 123, 1980. 250 P.

GELLIS, A. *Sediment budgets for two semi-arid watersheds.* Rio Puerco basin, New Mexico. Poster presented at XVI INQUA Congress, Reno, USA, 2003.

GOMES, I. Importância das Áreas protegidas na Conservação de recursos biológicos do Arquipélago de Cabo Verde. In: SYMPOSIUM OF FAUNA AND FLORA OF THE ATLANTIC ISLANDS, 4. Praia-Cape Verde 9-13 setember, 2005, p. 57-83.

HAAGSMA, B. *Erosion and Conservation on Santo Antão.* WD nº 2. Ministério de Desenvolvimento Rural. Santo Antão Rural Development Project. Rep. Of Cape Verde. 1990, 54 P.

HERWEG, K. *Field manual for assessment of current erosion damage.* Soil conservation. Research Programme (Ethiopia) and Centre for Development and Environment, University of Berne (Switzerland) (Ed.), 1996. 69 P.

l'érosion dans un bassin. Application au Magrheb. *Mines et Géologie (Rabat)*, n.33, p. 21-39, 1991.

KATTAN Z., GAC J.Y., PROBST J.L. Suspended sediment load and mechanical erosion in the Senegal basin, estimation of the surface runoff concentration and relative contributions of channel and slope erosion. *Hydrology*, v. 92, 1987. p. 59-76.

KHEYRABI, D. & MONNIER, G. Etude expérimentale de l'influence de la composition granulométrique des terres sur leur stabilité structurale. *Annales agronomiques*, v. 19, n. 2, p. 129-152, 1968.

KIRBY, M. *Physical aspects of soil erosion control.* MEDRAP, Athens, 2001. p. 22.

LE BISSONNAIS, Y. *et al.* Mapping erosion risk for cultivate soil in France. *Catena*, 46, p. 207-220, 2001.

LOPES, V. & MEYER, J. Watershed management program in Santiago Island – Cape Verde. *Environment management*, v. 17, n. 1, p. 51-57, 1993.

MANNAERTS, C. *Contribution à l'évaluation de l'érosion des sols au Cap Vert.* FO: GCP/CVI/002/BEL, 1986. 43 P.

MANNAERTS, C. & GABRIELS, D. Rainfall erosivity in Cape Verde. *Soil & Tillage Research*, v. 55, 2000, p. 207-212.

MARTINS, O.; PROBST, J.L. Biogeochemistry of major african rivers. Carbon and mineral transport. In: DEGENS, E.T.; KEMPE, S.; RICHEY, J.E. (Eds). *Biogeochemistry of major world rivers*, SCOPE, 42, 1991, p.129-157.

NYSSEN, J. *et al. Dynamics of soil erosion rates and controlling factors in the Northern Ethiopian Highlands* – towards a sediment budget. Earth surface processes and landforms. InterScience, 2007. p 17.

OLIVIER, J. E. *Mesures des volumes de sédiments déposés derrière des barrages sur de petits bassins marneux*: comparaison avec les résultats obtenus sur BVRE de Draix. Cemagref, RTM. Grenoble: 2000. 8 P.

OLIVRY, J.C. *Hydrologie de l'Archipel du Cap Vert. Etude de l'île de São Nicolau.* Rép. du Cap Vert – Ministério de Desenvolvimento Rural/ Rép. Française – Ministère de la Coopération ORSTOM, 1987. 361 p.

_____; Gourcy L.; TOURÉ, M. Premiers résultats sur la mesure des flux de matières dissoutes et particulaires dans les apports du Niger au Sahel. *In*: Grands bassins fluviaux péri atlantiques: Congo, Niger, Amazone. Édité par J.C. Olivry et J. Boulègue. Actes du colloque PEGI, INSU-CNRS-ORSTOM, Paris 22-24 novembre 1993. p. 281-292. (Coll. Colloques et séminaires, 1995).

ORANGE, D. Hydroclimatologie du Fouta Djalon et dynamique actuelle d'un vieux paysage latéritique (Afrique de l'Ouest). *Sci. Géologiques*, Mémoires, Strasbourg, v. 93, p. 206, 1992.

PROBST, J.L. Géochimie et hydrologie de l'érosion continentale, mécanismes, bilan global actuel et fluctuations au cours des 500 derniers millions d'années. *Sci. Géologiques*, Mémoires, Strasbourg, v. 94, 1992, 190 P.

_____.; AMIOTTE-SUCHET; P. Fluvial suspended sediment transport and mechanical erosion in Magrheb (North Africa). *Hydrological Sciences*, v. 37, n. 6, p. 661-637, dez. 1992.

REY, F.; ROBERT, Y.; VENTO, O. Influence de la végétation forestière sur la formation des dpôts sédimentaires en terrains marneux. *Géomorphologie*, v. 8, n. 1, p. 85-92, 2002.

RODIER, J.A.; COLOMBANI, J.; CLAUDE, J.; *et al.* Le bassin de la Mejerdah. Chap. 2-5: La qualité des eaux. Coll. *Monographies hydrologiques ORSTOM*, n. 6, p. 383-434, 1981.

ROOSE, E. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). *Bulletin Pédologique de la FAO*, 1994, 420 P.

_____.; DE NONI, G.; LAMACHERE, J. M. *L'érosion à l'ORSTOM:* 40 ans de recherches multidisciplinaires. Réseau Erosion du Centre ORSTOM. 1999, p. 54-66.

SABINO, A.A. Os sistemas de conservação em Cabo Verde. Caso de estudo da bacia hidrográfica da Ribeira Brava. *Revista de Estudos Cabo Verdianas-Uni de Cabo Verde*. Pul. Trimestrial, n. 0, 45-55 p., 2005.

_____; QUERIDO, A.; SOUSA, M. I. *Flood management in Cape Verde.* The case study of Praia, Urban Water. 2000. p. 161-166.

SAXTON, K.E.; RAWLS, W.J.; ROMBERGER, S.; *et al.* Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v. 50, n. 4, p. 1031-1036, 1986.

SEPA. *Communication Nationale sur les changements climatiques.* Ministère de l'Agriculture, Alimentation et Environnement. Projet CVI/97/G 33/GEF – PNUD. 1999. p. 84.

STRAKHOV, N.M.N. *Principles of lithogenesis.* v. 1. Oliver & Boyd, Edinburgh, UK., 1967.

TAVARES, J. de P.; AMIOTTE-SUCHET, P. Rainfall Erosion Risk Mapping in Volcanic Soils of Santiago Island – Cape Verde. *Africa Geosciences Review.*, v. 14, n. 4, p. 399-414, 2007.

VENTO, N.O. *L'érosion dans les Terres* Noires: aspects morphologiques et lithologiques (dans les Alpes-de-Haute-Provence). Mémoire de Maîtrise de Géographie Physique, Université d'Aix-Marseille 1. 1999. 118 P.

WALLING, D.E. & WEBB, B.W. Material transport by the world's rivers: evolving perspectives. In: Water for the future: Hydrology in Perspective (Proc. Rome Symp., Apryl 1997). *IAHS Publ.*, n. 164, p. 313-329, 1987.

_____. *et al.* Integrated assessment of catchment suspended sediment budgets: a Zambian example. *Land Degradation and Development*, v. 12, p.387-415, 2001.

WISCHMEIER, W.H.; JOHNSON, C.B.; CROSS, B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil and Water Cons.*, v. 26, n. 5, p. 189-192, 1971.

YAIR, A. Sharon D. & LAVEE, H. Trends run off and erosion processes over arid limestone hillside, Northern Negev, Israel. *Hydrol. Sci. Bull.*, 25, p. 243-255, 1980.