

ERODIBILIDADE DO SOLO DE UMA MICROBACIA EXPERIMENTAL

*Ângela Grando¹; Camila Belleza Maciel²; Claudia Weber Corseuil³; Marciano Maccarini⁴;
Masato Kobiyama⁵; Rafael Augusto dos Reis Higashi⁶*

RESUMO --- O termo erodibilidade do solo expressa a suscetibilidade natural do solo a erodir. A erosão é a causa de sérios danos ambientais, como inundações, assoreamento e poluição dos recursos hídricos. A cobertura vegetal existente, o uso e manejo adotado interferem na capacidade de infiltração de água no solo, na resistência ao desprendimento e transporte das partículas sólidas pelo escoamento superficial. O objetivo deste trabalho foi determinar áreas susceptíveis à erosão dentro de uma microbacia experimental de uso predominantemente de floresta plantada. Assim, além da caracterização do solo, foram realizados os ensaios de infiltrabilidade e perda de massa por imersão modificado do Critério de Erodibilidade MCT e a metodologia Inderbitzen. Os resultados foram discutidos com base no critério de erodibilidade proposto por Pejon (1992), Nogami e Villibor (1979) e Freire (2001). Estes mostraram que as áreas na microbacia experimental cobertas por floresta protegem o solo dos processos erosivos para ambos os ensaios.

ABSTRACT --- The term erodibility of the soil expresses the susceptibility natural of the soil to erosion. The erosion is the cause of serious environmental damage, such as flooding, siltation and pollution of water resources. The existing vegetation, the use and management adopted affect in the ability to infiltration of water into the soil, resistance to detachment and transport of solid particles by runoff. The objective of this study was to determine areas susceptible to erosion in an experimental watershed cover predominantly with planted forest. Besides the characterization of soil, were realized the tests of infiltration and loss of mass by modified immersion of the Criterion Erodibility MCT and methodology Inderbitzen. The results were discussed based in the criterion the erodibility proposed by Pejon (1992), Villibor e Nogami (1979) and Freire (2001). It showed that the experimental areas in the watershed covered by forest preserve the soil from erosion processes for both tests.

Palavras-chave: Erodibilidade do solo, ensaios geotécnicos, cobertura vegetal.

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil–UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. E-mail: angela.grando@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil–UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. E-mail: camilabelleza@hotmail.com

³ Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental–UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. cwcorseuil@hotmail.com

⁴ Professor do Departamento de Engenharia Civil–UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. E-mail: ecv1mac@ecv.ufsc.br

⁵ Professor do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental–UFSC, Caixa Postal 476, CEP 88040-900 Florianópolis-SC. kobiyama@ens.ufsc.br

⁶ Professor do Departamento de Engenharia Civil–UNISUL. Ponte do Imaruí, CEP 88130-475 Palhoça-SC. E-mail: rafael.higashi@unisul.br

1 – INTRODUÇÃO

O conhecimento dos impactos oriundos do desenvolvimento econômico e das atividades produtivas é fundamental para a conservação e uso dos recursos naturais água, solo e ar e o equilíbrio dos ecossistemas. Deste modo é vital que estes recursos sejam avaliados e protegidos conciliando-os com as demandas de água para as atividades humanas. A qualidade da água de mananciais que compõem uma bacia hidrográfica está relacionada com o uso do solo na bacia e com o grau de controle sobre as fontes poluidoras. Silva *et al.* (2003) enfatizaram que o sedimento é, possivelmente, o mais significativo de todos os poluentes, devido a sua concentração na água, seus impactos no uso desta e seus efeitos no transporte de outros poluentes.

Os impactos ao meio ambiente são decorrentes do desconhecimento e/ou desconsideração da natureza do meio físico e dos fatores que regulam a sua dinâmica, segundo Dias (2004). Higashi e Dias (2004) afirmam que a preservação ambiental é o ponto chave nas questões abordadas pelos problemas de erodibilidade e que mesmo com a existência de rigorosas legislações ambientais, o que se observa na prática é constantes agressões ao meio, sendo a retirada da mata ciliar uma das principais, o que possibilita a potencialização dos processos erosivos.

As áreas de florestas plantadas, bem como agricultura provocam impactos ao meio ambiente com a remoção da camada vegetal. À medida que o crescimento da vegetação intensifica-se os processos erosivos minimizam-se. As florestas, como exemplo, atuam como barreira para o escoamento superficial, pois oferecem proteção ao solo com a manta orgânica produzida e a interceptação das gotas de água pela copa das árvores. Kobiyama *et al.* (2008).

Entre os fatores contribuintes para os processos erosivos Bertoni e Lombardi Neto (1999) destacam os climáticos, topográficos, vegetação e as propriedades dos solos como os principais. Estes podem ser conhecidos por meio dos estudos de erosão hídrica. A erodibilidade do solo é um dos principais fatores condicionantes da erosão e a identificação das propriedades dos solos condiciona a infiltração e a resistência à erosão.

Freire (2001) descreve que a fase de remoção de partículas ocorre basicamente como um resultado das forças causadas pelo impacto das gotas de chuva no solo.

Bastos *et al.* (2000) relatam que o conhecimento da erodibilidade do solo constitui o fator mais próximo ao enfoque geotécnico, pois está relacionado diretamente às propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas dos solos.

Sendo assim, o presente estudo determina áreas com potencial erosivo em uma microbacia experimental, por meio de ensaios geotécnicos. Este estudo faz parte do Projeto Hidrologia Florestal que busca entender o comportamento do solo e da água em microbacias experimentais. Os resultados gerados têm aplicação imediata à grandes bacias. Com isso, a microbacia torna-se bacia-

escola, auxiliando no conhecimento dos processos atuantes. Kobiyama *et al.* (2007) explicaram que estas microbacias foram instrumentalizadas para entender as influências hidrológicas dos diferentes usos do solo na região caracterizada pelo reflorestamento de pinus e pela Floresta Ombrófila Mista.

O controle dos processos erosivos em cabeceiras de bacias segundo Kobiyama *et al.* (2008) é fundamental para minimizar impactos ambientais à jusante. Para tanto, realizou-se ensaios geotécnicos de análise direta e indireta. Para a análise indireta foi adotado o critério de Erodibilidade MCT (Miniatura Compactada Tropical) Nogami e Villibor (1979). Este critério é essencialmente empírico e baseado na correlação com o comportamento frente à erosão para solos tropicais. A análise direta ocorre pela metodologia de Inderbitzen (1961) com o uso da Modificação de Freire (2001) e Higashi (2006). Esta análise determina o grau de erosão por meio do escoamento superficial e impacto das gotas de água na superfície do solo.

2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 – Área de estudo

A microbacia experimental em estudo localiza-se no Planalto Norte de Santa Catarina, no município de Rio Negrinho, fazenda Rio Feio (Figura 1). O município está localizado no planalto norte do estado no Alto Vale do Rio Negro e integra a Bacia do Rio Iguaçu. E esta região apresenta uma altitude média de 790 m e um clima temperado com temperaturas amenas e frio intenso no inverno, sendo sua temperatura média anual de 18,3 °C e precipitação média anual de 1572 mm/ano mencionam Kobiyama, *et al.* (2004). O substrato do município de Rio Negrinho é formado por rochas sedimentares pertencentes aos Grupos Itararé e Guatá, do Super Grupo Tubarão, segundo Bortoluzzi e Silva (1987).

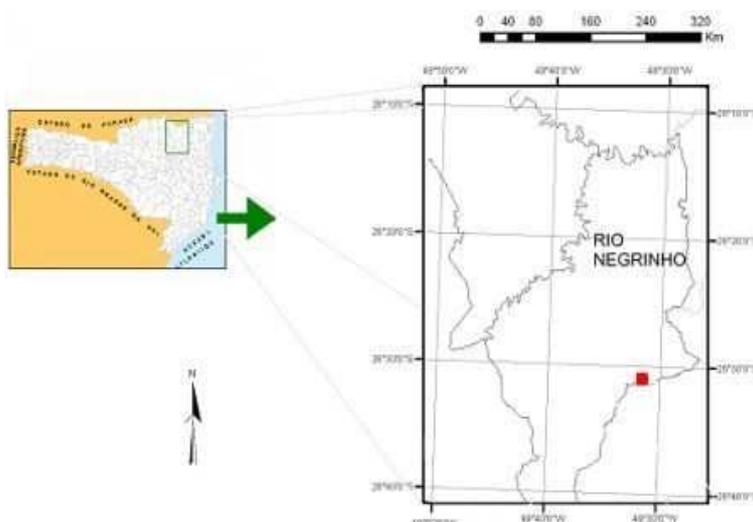


Figura 1 – Localização da área de estudo

A classificação do solo da microbacia em estudo, segundo Embrapa (2004) está descrita na Tabela 1. Predomina o Cambissolo Háplico Tb A moderado com textura argilosa (Ca9), seguido por Associação Nitossolo Bruno Háplico A húmico, textura argilosa, Cambissolo Háplico Tb A húmico, textura argilosa (TBA14) e Cambissolo Háplico Tb A proeminente com textura média (Ca54).

O uso do solo na área de estudo é de mata nativa, agricultura e floresta plantada com *Pinus taeda*. A área total da microbacia experimental é de 242 ha.

Para este estudo foram extraídas trezes amostras de solo em pontos distintos da bacia.

Tabela 1 – Localização dos pontos de coleta e características do solo

Pontos Amostrais	Coordenadas		Uso do Solo	Idade (anos)	Identificação Solo na bacia	Classificação Embrapa (2004)
	Latitude	Longitude				
1	26°30'21"	049°30'58"	Reflorestamento	1.7	Solo 1	TBA14
2	26°30'23"	049°31'00"	Reflorestamento	1.7	Solo 1	TBA14
3	26°30'43"	049°30'15"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
4	26°31'06"	049°31'04"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
5	26°31'06"	049°30'31"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
6	26°30'50"	049°30'52"	Reflorestamento	4.0	Solo 2	Ca9
7	26°30'39"	049°30'55"	Reflorestamento	4.0	Solo 1	TBA14
8	26°30'46"	049°30'37"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
9	26°30'17"	049°30'51"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
10	26°30'30"	049°30'31"	Reflorestamento	1.7	Solo 2	Ca9
11	26°30'41"	049°31'10"	Reflorestamento	1.7	Solo 1	TBA14
12	26°30'41"	049°30'04"	Agricultura	-	Solo 3	Ca54
13	26°30'45"	049°30'02"	Agricultura	-	Solo 3	Ca54
Exutória	26°30'29"	049°31'16"	Mata Nativa	-	Solo 1	TBA14

As coletas e os ensaios foram realizados no período de setembro a novembro de 2008 no laboratório de Engenharia Civil da Unisul (Universidade do Sul de Santa Catarina). Para o período de ensaios laboratoriais a cobertura vegetal apresentou-se para cada ponto como identificado na tabela acima e representam em anos o tempo em que as mudas de *Pinus taeda* foram plantadas.

Os pontos foram selecionados de forma a possibilitar um resultado representativo para o uso e diferentes classificações do solo na microbacia experimental. A Figura 2 está representando a localização dos pontos de coleta distribuídos na microbacia.

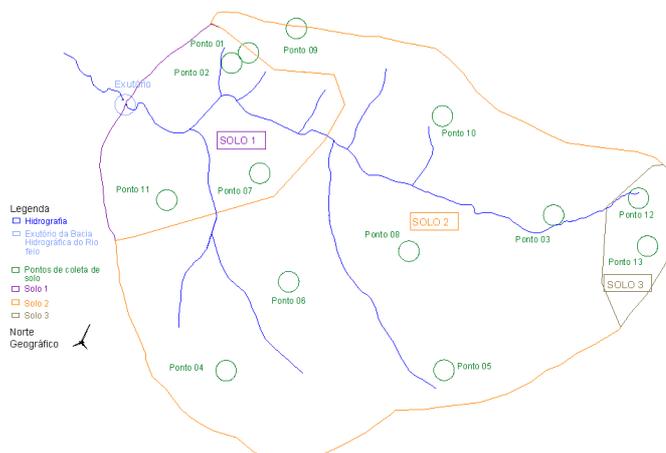


Figura 2 – Distribuição dos pontos de coleta

2.2 – Ensaios geotécnicos

Estes ensaios permitem analisar o efeito das variações do estado do solo, como a sua umidade no momento do evento erosivo, da energia erosiva do impacto da chuva, ou do escoamento da água segundo Chamecki e Silva (2004).

Fortes *et al.* (2002) definem a metodologia MCT baseada em ensaios e procedimentos que refletem as mesmas condições que as camadas de solos tropicais enfrentam em situações reais. Segundo Nogami e Villibor (1979), um método adequado à previsão da erodibilidade deve levar em conta a taxa de infiltração d'água através da superfície do solo, o efeito da secagem sobre o comportamento dos solos sob inundação e a necessidade do uso de amostras indeformadas.

A utilização do critério de erodibilidade MCT pode ser observada em Alcântara (1997), Bastos *et al.* (2002), Higashi e Spricigo (2003), Higashi *et al.* (2004), Higashi (2006), Meirelles e Dias (2004).

Bastos *et al.* (2000) mencionam que as duas propriedades que permitem prever o comportamento dos solos tropicais frente à erosão hídrica são a infiltrabilidade e a erodibilidade específica. A infiltrabilidade, propriedade hidráulica de solos não saturados representa a facilidade com que a água infiltra no solo através de sua superfície e é quantificada pelo coeficiente de sorção. A erodibilidade específica é representada pela perda de massa por imersão.

A partir dos resultados destes dois ensaios, Nogami e Villibor (1979) estabelecem que a relação $pi/s = 52$ é o limite do critério de erodibilidade, onde solos que possuem $pi/s > 52$ são considerados erodíveis e os solos com $pi/s < 52$ são considerados de média a baixa erodibilidade. O valor limite do critério de erodibilidade de Nogami e Villibor (1979 e 1995) é modificado por Pejon (1992) assumindo o valor de $pi/s = 40$.

Freire (2001) descreve que a fase de remoção de partículas, conhecida por “erosão por splash”, ocorre quando as gotas batem no solo molhado e removem as partículas que estão envolvidas por uma película de água. Além das partículas serem transportadas pelo impacto das gotas de chuva, algumas são deslocadas pelo choque proporcionado por sedimentos que batem uns contra os outros.

A metodologia de Inderbitzen (1961) modificada por Freire (2001) e Higashi (2006) sugerem a utilização do equipamento de Inderbitzen, porém, com algumas modificações. Por meio deste experimento foi quantificada a erodibilidade dos solos da microbacia, referentes às características de escoamento superficial e pelo fenômeno da desagregação de partículas ocasionado pelo impacto das gotas de chuva.

A importância do impacto das gotas da chuva no processo erosivo pode ser observada nos trabalhos realizados por Laws (1940), Ellison (1947), Musgrave (1947), Freire (2001), Guerra e Cunha (1995) e Chamecki e Silva (2004).

2.2.1 Ensaio de infiltrabilidade

Para início do ensaio foram coletadas cinco amostras para cada um dos treze pontos da microbacia. As amostras foram coletadas em corpos de prova cilíndricos confinados lateralmente por um anel de PVC com diâmetro e altura de 5 cm. Na sequência, embaladas em sacos plásticos evitando a perda da umidade natural, sendo cada uma delas submetidas a um período de secagem ao ar livre: umidade natural, 24, 48, 72 e 96 horas antes do início do ensaio.

Em laboratório foi realizado o arrasamento e utilizado a sobra de solo para determinar a umidade natural. O corpo de prova no início do ensaio foi pesado juntamente com o anel e colocado sobre a pedra porosa saturada, com papel filtro entre eles. O conjunto foi conectado no molde ligado ao tubo capilar transparente contendo água. O objetivo do ensaio foi através do fenômeno da capilaridade, ocorrer a absorção. A transparência tem a função de permitir a visualização do fluxo para realizar as medições, como mostra a Figura 3. Este possui 6 mm de diâmetro, disposto horizontalmente no mesmo nível da base da amostra. A medição foi feita por meio de uma régua milimetrada ao lado do tubo capilar e intervalo de tempo de 30 segundos, até ocorrer estabilização do movimento. Após é realizada uma nova pesagem do corpo de prova juntamente com o anel.

Higashi (2006) descreve o ensaio de infiltrabilidade onde o gradiente do trecho retilíneo inicial da reta representa o coeficiente de sorção s (Figura 4).

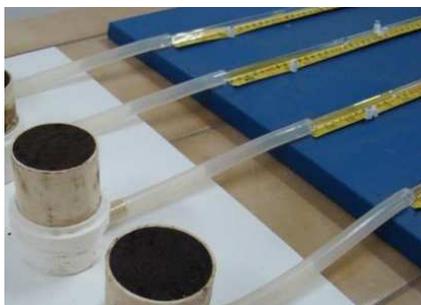


Figura 3 - Ensaio de infiltrabilidade

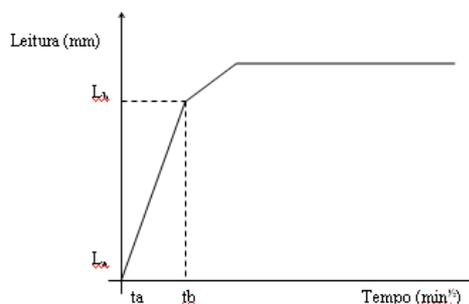


Figura 4 – Comportamento da infiltrabilidade

Assim, o coeficiente de sorção é determinado (Equação 1):

$$s = \frac{(L_b - L_a) \cdot S}{10(tb - ta) \cdot A} \quad (1)$$

onde:

s é o coeficiente de Sorção ($\text{cm}/\text{min}^{1/2}$);

L_a é a leitura inicial no tubo capilar (cm);

L_b é a leitura final no tubo capilar (cm);

ta é o tempo inicial das leituras (min);

tb é o tempo final das leituras (min);

S é a seção do tubo capilar (cm);

A é a área da seção da amostra (cm^2).

A distância capilar percorrida pelo menisco é medida nos intervalos de tempo (1, 2, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64 minutos ou até ocorrer estabilização do movimento. Por fim é gerado um gráfico com os dados das medições de tempo pela distância percorrida pela água no tubo capilar.

2.2.2 Ensaio de perda de massa por imersão modificado

Com o ensaio de perda de massa por imersão determina-se o potencial do solo em desagregar partículas quando imerso em água. O termo modificado é relativo às mudanças que ocorreram na preparação das amostras para o ensaio. Anteriormente, as amostras eram extraídas parcialmente de seus moldes, de maneira que ficassem salientes 10 mm. Este processo é diferente do que ocorre com a perda de massa por imersão modificado, onde a face da amostra coincide com o fim do anel.

Foram coletadas cinco amostras para cada um dos pontos referentes à umidade natural, 24, 48, 72 e 96 horas. O confinamento das amostras de solo no seu estado natural foi realizado em um anel metálico com diâmetro de 5 cm e altura 2,5 cm. Antes do ensaio é feito o arrasamento da superfície da amostra para coincidir com o final do anel. O conjunto é pesado, um dos seus lados é vedado com papel filtro e uma pedra porosa, imerso em água horizontalmente em um suporte metálico durante cerca de 20 horas.

O ensaio de perda de massa por imersão modificado é mostrado na figura 5. Higashi (2006) descreve na figura 6 o ensaio de perda de massa por imersão anterior a modificação. Porém a desagregação das partículas ocorre para ambas às metodologias da mesma maneira.



Figura 5 – Perda de massa por imersão modificado

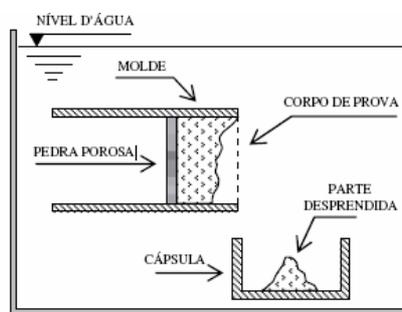


Figura 6 – Ensaio de perda de massa por imersão

Após 20 horas o conjunto solo-anel é novamente pesado, bem como o material erodido e levados a estufa a 110°C para determinação da massa seca. A erodibilidade específica é calculada através do percentual de perda de solo seco relacionado ao peso seco total da amostra (Equação 2).

$$pi = \frac{(P_{ss})}{(P_{ie})} \cdot 100 \quad (2)$$

onde:

pi é a perda de massa por imersão (%);

P_{ss} é o peso do solo seco (gramas);

P_{ie} é o peso do solo na umidade do ensaio (gramas).

2.2.3 Ensaio de Inderbitzen modificado

A metodologia de Inderbitzen (1961) modificada por Freire (2001) e Higashi (2006) sugerem a utilização do equipamento de Inderbitzen, porém, com algumas modificações. O procedimento que emprega o equipamento original avalia a erodibilidade dos solos através da análise dos sedimentos carreados de uma amostra de solo inserida no fundo de uma rampa, sujeita à erosão superficial causada por um fluxo d'água que cria uma lâmina de água de vazão constante. A grande diferença entre os dois equipamentos é que no aparelho modificado, a erosão causada pelo impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo é considerada na avaliação da susceptibilidade à erosão de cada tipo de solo.

A figura 7 identifica o aparelho utilizado nos ensaios realizados por Higashi 2006. O aparelho para realização do ensaio constitui-se de uma estrutura tubular de PVC, o qual possui uma rampa com inclinação de 20° utilizada para a colocação do corpo de prova. A nova modificação realizada neste estudo consiste em instalar um chuveiro a uma distância de 20 cm da amostra, o qual suas dimensões coincidem com as dimensões do corpo de prova. Sob a rampa foi disposto um recipiente para a coleta da água juntamente com o solo desagregado (Figura 8).

Inicialmente foi realizada a coleta dos corpos de prova, com a utilização de um anel metálico quadrado com dimensões de 10 cm e altura de 2 cm, embaladas em sacos plásticos para minimizar a perda da umidade natural. Foram retiradas cinco amostras para cada ponto da bacia referentes às umidades: natural, 24, 48, 72 e 96 horas.

Inicialmente foi realizado o arrasamento do corpo de prova, e a determinação do teor de umidade. Então o corpo de prova com anel foi pesado e posicionado na rampa para dar início a chuva simulada através do chuveiro. Este solo ficou submetido a uma vazão média de água de 4 litros/hora durante o período de duas horas.

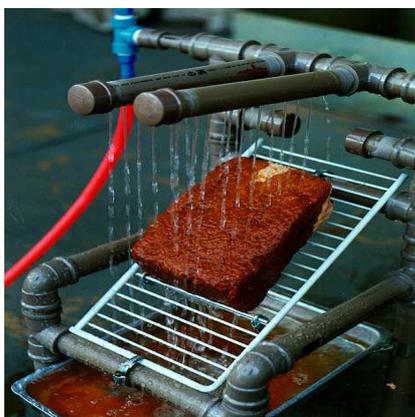


Figura 7 - Ensaio de Inderbitzen modificado



Figura 8 - Ensaio de Inderbitzen modificado de Higashi 2006

Após período de duas horas de ensaio, retirou-se a amostra do equipamento, pesou-se e então foi para estufa a 110°C até constância de massa. O solo desagregado juntamente com a água, foi

passado pela peneira 0,075 mm, o material retido foi colocado em uma cápsula e levada a estufa juntamente com o corpo de prova. Posteriormente, retirou-se o corpo de prova e o material erodido para pesagem. Estes dois separadamente foram destorroados e passados nas peneiras.

Higashi (2006) descreve o ensaio de Inderbitzen modificado onde a erodibilidade do solo é expressa em porcentagem e calculada por meio da razão entre o peso do material retido em cada peneira depois de seco e o peso total seco da amostra.

$$e = \frac{(P_{rss})}{(P_{tss})} \cdot 100 \quad (3)$$

onde:

e é a erodibilidade do solo (%);

P_{rss} é o peso do solo seco retido nas peneiras após ensaio (gramas);

P_{tss} é o peso total do solo seco após ensaio (gramas).

2.2.4. Ensaios de caracterização física dos solos

Segundo Fortes (2002) o solo pode ser classificado por meio de duas classificações: Highway Research Board (HRB) pelos limites de Atterberg e Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS) com método de Arthur Casagrande. Para determinar as características do solo foram realizados alguns ensaios, como:

a) Análise granulométrica com a norma NBR 7181/1984 (Solo–Análise granulométrica) onde realizou-se peneiramento e sedimentação com e sem defloculante.

b) Limites de Atterberg com a NBR 6459/1984 (limite de liquidez) e NBR 7180/1984 (limite de plasticidade). O limite de liquidez é obtido através de uma amostra de solo de 30 gramas e molhada até a formação de uma pasta e colocada no aparelho Casagrande para o ensaio. Ele refere-se ao conteúdo de umidade do solo no qual coincide com o mínimo de plasticidade e início da pegajosidade. O limite de plasticidade é obtido através de amostras de 15 gramas que umedecidos formam um bastonete de 3 mm de diâmetro. O limite de plasticidade será o teor de umidade obtido.

c) Determinação da massa específica por meio da NBR 6508/1984. O ensaio iniciou preparando uma amostra com cerca de 120 g para cada um dos pontos, segundo NBR 6457. A massa específica do solo foi determinada pelo picnômetro.

d) Ensaio das Pastilhas para identificação expedita MCT. O método expedito MCT é fundamentado em índices empíricos de fácil utilização e aparelhagem simples, sendo que são moldadas pastilhas de solo em anéis. Depois de secadas é verificada a contração do diâmetro e submetida à reabsorção de água. Posteriormente observa-se a expansão, o surgimento de trincas e a resistência à penetração de uma agulha padrão. Contudo é realizada a identificação dos grupos

MCT segundo Nogami e Villibor, 1994 e 1996. A metodologia para a execução dos ensaios expeditos MCT (ensaio das pastilhas) tem como base Fortes (2002).

Outras normas auxiliaram a caracterização: NBR 5734 (Peneiramento para Ensaio-Especificação) e NBR 6457 (Preparação de Amostras de Solo para Ensaio Normal de Compactação e Ensaio de Caracterização-Método de Ensaio).

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Caracterização do solo da microbacia experimental

A caracterização física encontra-se na tabela 2 com dados obtidos por meio da determinação da massa específica (δ), limite de liquidez (WL) e plasticidade (WP), índice de plasticidade (IP), umidade natural e classificação expedita MCT, HRB e SUCS.

Tabela 2 – Caracterização física dos solos da microbacia experimental

Amostras	Limites de Consistência			Massa específica δ (g/cm ³)	Granulometria (%)				Umidade natural w(%)	Classificação		
	WL(%)	WP(%)	IP(%)		Argila	Silte	A.F	A.M		HRB	SUCS	MCT
1	44,6	36,4	8,2	2,563	25,33	25,26	45,23	4,18	40,71	A-5	ML	LA'-LG'
2	48,8	36,4	12,4	2,591	33,32	39,39	22,94	4,35	39,62	A-7-5	ML	NG'
3	51,6	31,7	19,9	2,626	24,57	71,95	2,24	1,24	37,38	A-7-5	ML	LG'
4	49,9	29,1	20,8	2,526	12,39	50,26	21,30	16,05	78,32	A-7-5	MH	LG'
5	61,8	40,1	21,7	2,731	48,00	41,41	9,47	1,12	68,11	A-7-5	MH	LG'
6	59,4	44,2	15,2	2,634	19,57	51,77	27,77	0,89	59,50	A-7-6	MH	LG'
7	47,1	28,3	18,8	2,607	22,18	54,22	21,92	1,68	72,86	A-7-6	ML	LA'-LS'
8	66,2	44,8	21,4	2,514	30,10	48,73	17,48	3,69	97,38	A-7-5	MH	LG'
9	42,1	27,8	14,3	2,671	34,14	46,84	17,37	1,65	41,96	A-7-6	ML	LG'
10	71,3	49,3	22,0	2,632	9,01	67,35	20,48	3,16	46,90	A-7-5	MH	LG'
11	98,4	71,8	26,6	2,524	39,64	37,96	14,76	7,64	70,61	A-7-5	MH	LG'
12	74,1	38,0	36,1	2,791	46,55	25,19	25,78	2,48	42,95	A-7-5	MH	LG'
13	76,2	48,8	27,4	2,764	41,20	36,80	19,86	2,14	74,74	A-7-6	MH	LG'

Os solos em estudo não possuem fração grossa, pois não apresentaram material retido nas peneiras 2 mm e superiores. As porcentagens de areia média foram pequenas, sendo a amostra 4 a que apresentou maior valor e a amostra 6 menor. As maiores porcentagens foram apresentadas nas frações mais finas (argila, silte e areia fina).

O solo no ponto 1 teve maior índice de areia fina, já o solo no ponto 3, maior índice de silte e o ponto 5, maior índice de argila. Por outro lado o solo 3 teve menor valor de areia fina, o solo no ponto 12, menor valor de silte e o solo no ponto 10 menor valor de argila.

Os valores de sedimentação mais aceitos são aqueles com defloculante por apresentarem sedimentação mais lenta, caracterizando melhor as porcentagens de materiais finos. A massa específica dos grãos apresentou valores com pouca variação. As amostras retiradas na área de agricultura apresentaram maiores valores (ponto 12 e 13).

Pela classificação de Jenkins – Caputo (1987) os solos apresentaram em média, plasticidade entre medianamente plásticos e altamente plásticos. Segundo a classificação SUCS todos os pontos apresentam propriedades plásticas. O solo é classificado como silte, sendo, segundo o critério SUCS, os solos números: 1, 2, 3, 7 e 9 classificados com silte de baixa plasticidade (ML) e 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12 e 13 silte de alta plasticidade (MH).

Tendo como base classificação HRB, os solos em sua maioria foram classificados como solos argilosos. Somente o solo no ponto 1 enquadrou-se como solo siltoso. Conforme a classificação expedita MCT, a maioria dos pontos está dentro da classificação LG' (argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas). Ocorreu variação nesta classificação somente para os pontos 2 (argilas, argilas siltosas e argilas arenosas não-lateríticas) e 7 (areias siltosas e areias argilosas não-lateríticas ou siltes arenosos e siltes argilosos não-lateríticos).

A umidade natural refere-se à umidade em que o solo encontrava-se no momento da realização das coletas.

3.2 – Critério de erodibilidade MCT

A partir dos resultados obtidos através dos ensaios, para os pontos de coletas de amostras, foi estipulado um critério para a avaliação do potencial de erodibilidade do solo. Foram considerados solos com alto potencial de erodibilidade por esta pesquisa aqueles que apresentam valores de pi/s acima do critério estipulado por Pejon (1992) e por Nogami e Villibor (1979).

A Tabela 3 apresenta os valores de coeficiente de sorção e perda de massa por imersão, em diferentes condições de umidade para os solos.

Tabela 3 – Critério de erodibilidade MCT – infiltrabilidade e perda de massa por imersão

Pontos de Estudo	pi/s						Média	Nogami e Villibor(1979)	Pejon (1992)
	wnat	w24hs	w48hs	w72hs	w96hs	pi/s			
1	1224,69	472,37	456,30	318,29	363,13	567,0	Erodível	Erodível	
2	520,20	423,71	417,03	295,24	304,40	392,1	Erodível	Erodível	
3	951,68	1842,73	1910,98	1456,81	492,93	1331,0	Erodível	Erodível	
4	487,36	437,88	379,31	439,09	376,17	424,0	Erodível	Erodível	
5	1251,71	1097,79	491,13	627,25	570,12	807,6	Erodível	Erodível	
6	36,20	42,48	39,95	40,61	39,94	39,8	Não erodível	Não erodível	
7	45,15	37,38	27,51	39,53	50,25	40,0	Não erodível	Não erodível	
8	796,19	777,56	743,69	802,25	767,70	777,5	Erodível	Erodível	
9	412,09	387,81	452,98	395,64	345,51	398,8	Erodível	Erodível	
10	145,27	113,65	97,53	148,77	236,29	148,3	Erodível	Erodível	
11	877,30	987,51	686,15	680,25	800,56	806,4	Erodível	Erodível	
12	122,66	1414,14	435,17	544,64	539,30	611,2	Erodível	Erodível	
13	667,19	304,14	407,65	441,33	473,33	458,7	Erodível	Erodível	

Os solos dos pontos 6 e 7 não apresentam comportamento erosivo perante os ensaios de perda de massa por imersão modificado e infiltrabilidade. Na análise dos pontos que mais se afastam dos

limites propostos pelos dois autores, comportamento erosivo, encontram-se os solos dos pontos 3, 5, 11 e 8 em ordem decrescente da relação pi/s .

As figuras 9 e 10 apresentam como exemplo, o comportamento dos solos nos pontos 7 e 11, respectivamente no ensaio de infiltrabilidade. O grau de sorção determinado pela linearidade da reta.

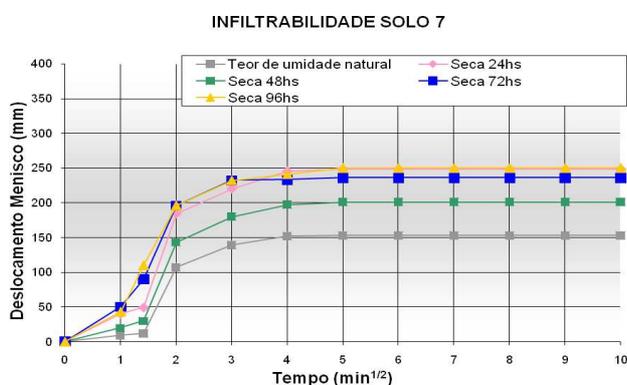


Figura 9 - Comportamento do solo no ponto 7 pelo ensaio de infiltrabilidade

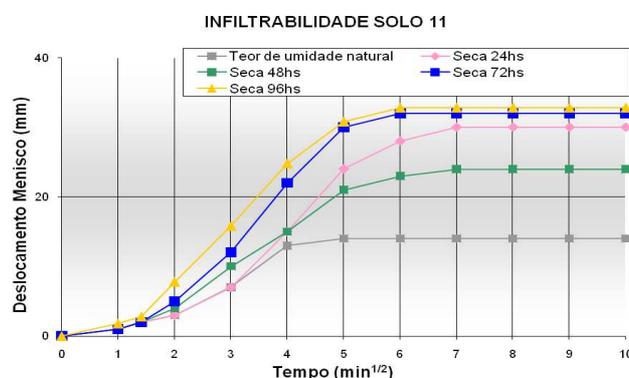


Figura 10 - Comportamento do solo no ponto 11 pelo ensaio de infiltrabilidade

Nota-se a partir das figuras 9 e 10 que há grande diferença no grau de sorção dos solos. Como já foram identificados, os pontos 6 e 7 encontram-se em área de reflorestamento com idade superior aos demais. Isto influencia o grau de sorção. Foi identificado em campo que a cobertura vegetal do solo nesses pontos é abundante e não há sequer indícios de solo exposto, diferentemente dos demais.

Ao analisarmos as características físicas dos pontos 6 e 7 com relação aos demais, é possível notar que a faixa granulométrica de areia é inferior. Analisando somente a granulometria tem-se que a areia torna o solo mais permeável. Assim com maior predominância de argila e silte ocorre menor taxa de infiltração de água no solo, desencadeando o escoamento superficial e o carreamento de partículas de solo. Este procedimento não ocorreu nestes pontos, pois a combinação de cobertura vegetal com a granulometria do solo foi o fator determinante no comportamento não erosivo. A Floresta, neste caso, tem papel fundamental para minimizar os efeitos erosivos.

O comportamento dos demais solos é aproximadamente como representado na figura 10 para solo do ponto 11. Nota-se baixa permeabilidade quando comparado com os solos dos pontos 6 e 7. Com isso, justifica-se o comportamento dos demais solos, bem como suas demais características frente aos processos erosivos.

A análise referente aos resultados de infiltrabilidade ocorre da mesma forma para os resultados de perda de massa por imersão modificado onde indica que a plasticidade da maioria dos solos é relativamente alta, tornando o solo nas condições de saturado pela água, resistente à desagregação. No entanto, o coeficiente de sorção apresentado para a maioria dos solos no ensaio de infiltrabilidade é relativamente baixo. Isto indica que os solos não possuem características de alta permeabilidade para a situação que se encontram com exceção dos pontos 6 e 7.

A Figura 11 identifica a variação da erodibilidade nos pontos em estudo pelo critério adotado e respectivas umidades de ensaio.

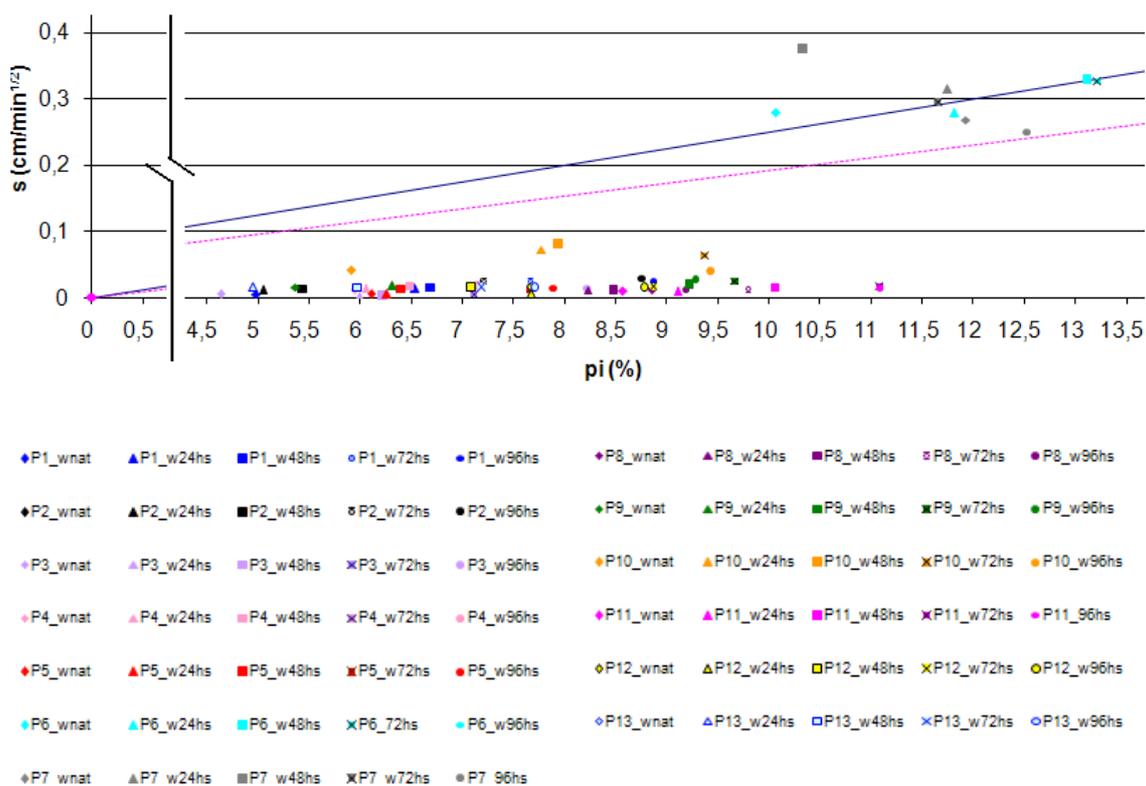


Figura 11 – Critério de erodibilidade MCT para os pontos de estudo

A figura 11 indica a localização dos pontos de estudo nas linhas de classificação de erosão. Observou-se que poucos solos encontram-se na faixa entre os critérios de Nogami e Villibor (1979) e Pejon (1992) de $40 < pi/s < 52$ como já discutido anteriormente. As metodologias propostas, indicam que a relação de pi/s para a maioria dos solos é inferior ao estabelecido, indicando comportamento erosivo.

Bastos (1999) relata que os critérios de Nogami e Villibor (1979) e Pejon (1992) são próximos, sendo que a diferença entre eles pouco influencia na avaliação dos solos estudados para a Região Metropolitana de Porto Alegre. Mesmo utilizando um grande número de amostras. Os resultados apresentados por Araújo (1994) e Higashi (2006) também evidenciam a dificuldade de estabelecer parâmetros que dividam classes erosivas.

3.3 – Ensaio de Inderbitzen modificado

Segundo Higashi (2006) o critério para a avaliação do potencial de erodibilidade do solo no ensaio de Inderbitzen modificado é classificar os solos como erodíveis aqueles que apresentarem mais de 5% de solo erodido.

Os resultados obtidos através das simulações de chuva pelo ensaio de Inderbitzen modificado estão apresentados na tabela 4, bem como a granulometria do solo erodido para cada ponto de amostragem na condição de menor umidade 96 horas.

Tabela 4 – Ensaio de Inderbitzen modificado

Pontos de Estudo	Erodibilidade do Solo (%)					Média (%)	Granulometria Solo Erodido		
	wnat	w24hs	w48hs	w72hs	w96hs		Areia Média w96hs (%)	Areia Fina w96hs (%)	Silte/Argila w96hs (%)
1	5,65	6,79	7,59	7,40	8,45	35,87	14,20	45,18	40,62
2	3,37	3,28	3,21	4,68	5,17	19,71	15,03	42,35	42,61
3	2,93	2,75	3,14	3,23	4,19	16,23	7,74	40,77	51,49
4	2,77	1,77	2,37	3,27	3,28	13,47	10,11	46,38	43,51
5	1,41	1,79	4,32	3,58	2,51	13,61	3,10	15,50	81,40
6	1,52	1,81	1,30	2,27	2,00	8,90	6,22	56,85	36,92
7	2,00	2,44	2,14	2,17	2,16	10,91	3,97	41,66	54,38
8	2,06	2,45	2,83	2,63	3,63	13,59	15,21	40,28	44,51
9	1,37	1,77	2,07	2,39	2,69	10,29	5,29	37,63	57,08
10	1,20	1,43	1,55	1,90	3,03	9,11	6,26	39,15	54,59
11	1,65	1,69	3,30	3,46	2,72	12,82	8,01	61,74	30,25
12	2,28	3,76	3,78	3,59	4,34	17,75	6,60	50,67	42,73
13	2,19	3,40	3,84	3,61	3,79	16,83	11,13	40,10	48,77

Observou-se com os resultados da tabela 4 que quanto menor for a umidade do solo, mais erodível este será. Além disso, percebeu-se que os solos cuja erosão foi maior, apresentaram um teor de silte/argila menor e conseqüentemente, um teor de areia fina maior.

Assim, com os resultados da tabela 4, classificaram-se os solos, do menos para o mais erosivo: 6, 10, 9, 7, 11, 4, 8, 5, 3, 13, 12, 2 e 1.

Na tabela 5 seguem os resultados do ensaio de erodibilidade para cada ponto de amostragem do solo seco e porcentagem deste, em relação a amostra total de solo seco, bem como a classificação segundo critério adotado por Higashi (2006).

Tabela 5 – Massa do solo erodida através do ensaio de Inderbitzen modificado

Pontos de Estudo	Média Ensaio Inderbitzen		Erodibilidade	
	<i>Prss</i> (gr)	<i>Ptss</i> (gr)	<i>e</i> Média (%)	<i>e</i>
1	92,08	1281,46	7,2	Muito Erodível
2	52,58	1313,52	4,0	Erodível
3	31,55	972,29	3,2	Erodível
4	21,96	837,61	2,6	Erodível
5	27,92	1050,45	2,7	Erodível
6	15,95	898,95	1,8	Não Erodível
7	21,53	985,75	2,2	Não Erodível
8	23,23	862,93	2,7	Erodível
9	24,16	1167,88	2,1	Erodível
10	19,54	1072,04	1,8	Erodível
11	21,67	870,05	2,5	Erodível
12	32,81	926,13	3,5	Erodível
13	32,54	962,11	3,4	Erodível

Usando o critério de Higashi (2006) para os solos estudados, somente o solo no ponto 1 enquadra-se como erodível com 7,2% de solo erodido. Apenas este ponto apresenta mais de 5% de solo erodido no ensaio de Inderbitzen modificado.

A tabela 2 apresentou a granulometria dos solos na umidade natural. A partir desta, foi possível fazer uma análise do solo em relação a erodibilidade, onde observou-se que as características do solo 1 diferem dos demais pontos. O ponto 1 apresentou menor porcentagem de silte e argila (50,59%) e a maior porcentagem de areia fina (45,23%). Ao contrário deste solo, está o ponto 3, que apresentou maior porcentagem de silte/argila (98,52%) e menor teor de areia fina (2,24%) em relação aos pontos restantes. A erodibilidade do ponto 3 é considerada relativamente baixa (3,25%) comparada ao solo 1.

Os pontos 11 e 12 que encontram-se em área de agricultura e possuem comportamento erosivo. Os pontos 6 e 7 em ambos os ensaios de erodibilidade MCT e ensaio de erodibilidade pelo critério de Inderbitzen, apresentaram-se não erosivos. Esses dois pontos encontram-se em área de reflorestamento com idade superior aos demais, isto é, oferecem maior proteção ao solo contra os efeitos erosivos.

A partir do ensaio de Inderbitzen modificado (Freire, 2001) observou-se que quando é considerada a parcela de desagregação dos solos pelo impacto de gotas de chuva sobre a superfície do mesmo, os valores de perda de massa aumentam consideravelmente, fato este que reflete diretamente no momento da definição das classes de potencial erosivo dos solos.

4 – CONCLUSÕES

Por meio desta pesquisa, conclui-se a validade dos ensaios geotécnicos utilizados para a estimativa do potencial erosivo dos solos analisados na microbacia experimental.

- Por meio dos ensaios laboratoriais observou-se que o conjunto de características dos solos tem forte influencia na erodibilidade.
- A utilização de diversos tipos de metodologias, que corresponde a diferentes condições de ensaios, possibilitou o uso de um critério de estimativa de potencial de erodibilidade dos solos.
- Observou-se que, apesar das amostras de solos terem sido coletadas nos diferentes solos, há uma significativa homogeneidade no comportamento frente à erosão enquanto condição de solo exposto ou com pouca vegetação.
- Os solos que encontravam-se com maior manta vegetal de proteção foram os que apresentaram menor erodibilidade, pontos 6 e 7.

- O solo do ponto 1 apresentou granulometria diferenciada dos demais comportando-se como muito erosivo para o ensaio de Inderbitzen.
- Os pontos 11 e 12 que encontram-se em área de agricultura, possuem comportamento erosivo.
- O controle do uso e manejo do solo em cabeceiras de bacias é fundamental para minimizar os processos erosivos e impactos ambientais.

Assim, foi verificado que a maioria das amostras de solos classificou-se como erosivas para as condições de estudo. Entretanto, apenas dois pontos se enquadraram como não erosivos. Fato este, devido à grande quantidade de cobertura vegetal, matéria orgânica e elevados índices de infiltrabilidade. Futuros trabalhos serão realizados, através do monitoramento das perdas de solo em diferentes períodos do ciclo de crescimento da vegetação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos membros do Laboratório de Hidrologia da Universidade Federal de Santa Catarina pelo apoio técnico em campo e aos membros do Laboratório de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina pelo espaço físico e equipamentos, bem como pelo apoio técnico nos ensaios laboratoriais. O presente trabalho foi financiado parcialmente pelo projeto “Monitoramento e Modelagem Hidrossedimentológica de Bacias Hidrográficas Rurais na Região Serrana Catarinense” (MCT/CNPq/CT-Hidro 13/2005).

BIBLIOGRAFIA

a) Livros

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. (1999). “*Conservação do solo*”. 4ª edição. Ícone São Paulo-SP, 355 p.

CAPUTO, H.P. (1987). “*Mecânica dos Solos e suas Aplicações*”. 6ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 219 p.

EMBRAPA (2004). “*Solos do Estado de Santa Catarina*”. Apoio: Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 46. Rio de Janeiro.

GUERRA, A.T. e CUNHA, S.B. (1995). “*Geomorfologia, Uma Atualização de Bases e Conceitos*”. Ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro-RJ, 443 p.

SILVA, A.M.; SCHULZ, H.E.; CAMARGO, P.B. (2003) “*Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas*”. São Carlos: RiMa, 140p.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1995). “*Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*”. São Paulo: Editora Villibor, 213p.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A.A.; CORSEUIL, C.W. (2008). *“Recursos hídricos e saneamento”*. Curitiba: Ed. Organic Trading, 160p.

b) Artigos em revistas

ELLISON, W.D. (1947). *“Soil erosion Studie”*. Agricultural Engineering, p. 145-146, 197-201.

INDERBITZEN, A.P.L. (1961). *“An erosion test for soils”*. Materials Research; Standards, Philadelphia, 1 v., p.553-554.

LAWS, J.O. (1940). *“Recent Studies in Raindrops and Erosion”*. Agricultural Engineering, v.21, p.431-433.

MUSGRAVE, G.W. (1947). *“The Quantitative Evaluation of Factors in Water erosion – A First approximation”*. Journal of Soil and Water Conservation, v.2, p. 133-138.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1979). *“Soil Characterization of Mapping Units for Highway Purposes in Tropical Areas”*. - Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Krefeld, n.19, p.196-199.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1994). *“Identificação expedita dos grupos da classificação MCT para solos tropicais”*. São Paulo, ABMS, p.1293-1300.

NOGAMI, J.S.; VILLIBOR, D.F. (1996). *“Importância e determinação do grau de laterização em geologia de engenharia”*. Rio de Janeiro, ABGE, p.345-358.

c) Artigos em anais de congressos ou simpósios

BASTOS, C.A.B.; GEHLING, W.Y.Y.; MILITITSKI, J. (2000). *“Avaliação Geotécnica da Erodibilidade dos Solos”*. In: GEOSUL – II Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Porto Alegre/RS, p.203-211.

BASTOS, C.A.B.; GEHLING, W.Y.Y.; MILITITSKI, J. (2002) *“Avaliação Geotécnica da Erodibilidade de Solos Residuais – Uma Proposta Metodológica”*. In: XII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Anais..., São Paulo/SP, v.2, p.1193-1203.

CHAMECKI, P.R.; SILVA, E.T. (2004). *“Erosão hídrica em argilas da formação Guabirotuba: Comportamento e parâmetros em ensaios e simulações em laboratório”*. Curitiba-PR, p.131-138.

DIAS, R.D. (2004). *“Diagnóstico Preliminar da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Brasil”*. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, São Carlos.

FORTES, R.M.; NETO, A.Z.; MERIGHI, J. V. (2002). *“Método das Pastilhas para Identificação Expedita de Solos Tropicais”*. In: 2º Congresso Rodoviário Português. Lisboa, Portugal.

FREIRE, E.P. (2001). *“Ensaio Inderbitzen modificado: um novo modelo para avaliação do grau de erodibilidade do solo”*. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia-GO. Meio Digital.

HIGASHI, R.A.R.; SPRICCIGO, T. (2003). “*Análise Radial dos Solos da Zona Urbana do Município de Ipumirim: Previsão de Expansão da Malha Viária Urbana*”. In: Reunião Anual de Pavimentação Urbana, Aracajú-SE.

HIGASHI, R.A.R.; LIMA, T. L.; SPRÍCIGO, T. (2004). “*Análise de Viabilidade da Utilização de Misturas de Solo-cinza Pesada para Pavimentação*”. In: 35ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação, Rio de Janeiro-RJ, Anais em meio digital.

HIGASHI, R.A.R.; DIAS, R.D. (2004). “*Erodibilidade dos Solos Residuais de Granito do Município de Tubarão*”. In: 1º Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, Florianópolis-SC:GEDN/UFSC. p. 144-158. (CD-ROM)

KOBIYAMA, M.; FRUET, D.; LIMA, R.T.; MARSCHNER, S.; GUIMARÃES, L.M.R.; CHAFFE, P.L.B. (2004). “*Estudo hidrológico comparativo entre três pequenas bacias experimentais no município de Rio Negrinho - SC: (1) Descrição*”. In: Encontro Sul-Americano de Geomorfologia (1: 2004: Santa Maria) Santa Maria: UFSM, Anais..., 12p. (CD-rom)

KOBIYAMA, M; CHECCHIA, T.; CORSEUIL, C.W.; LINO, J.F.L.; LOPES, N.H.Y.; GRISON, F.; CHAFFE, P.L.B.; MALUTTA, S.; RIBAS JUNIOR, U.; LANGA, R.; BASSO, S. (2007). “*Forest hydrology project (UFSC–MOBASA) for water resources management in Rio Negrinho City, Santa Catarina, Brazil*”. In: VAN de GIESEN, N.; XIA, J.; ROSBJERG, D.; FUKUSHIMA, Y. (eds.) Changes in Water Resources Systems: Methodologies to Maintain Water Security and Ensure Integrated Management. Wellington: IAHS, v.315, p.250-257.

MEIRELLES, M.C.E.; DIAS, R.D. (2004). “*Estudo da Erodibilidade de Solos Residuais do Complexo Granito-Gnaissico – Município de Santo Amaro da Imperatriz, SC*”. In: 5º Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, São Carlos-SP, v.1, p.465-470.

d) Dissertações e Teses

ALCÂNTARA, M.A.T. (1997). “*Aspectos Geotécnicos da Erodibilidade de Solos*”. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, 128p.

ARAÚJO, F.A.R. (1994) “*Contribuição ao Estudo da Erodibilidade de Solos Tropicais, Baseada em Ensaios de Sucção e na Metodologia MCT*”. Dissertação de Mestrado. Instituto Tecnológico Aeronáutico – ITA – Geotecnia e Pavimentos, 231p.

BASTOS, C.A.B. (1999). “*Estudo Geotécnico sobre a Erodibilidade de Solos Residuais Não Saturados*”. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS.

HIGASHI, R.A.R. (2006). “*Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental*”. Tese de

Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis-SC, 486p.

PEJON, O.L. Mapeamento Geotécnico de Piracicaba. (1992). “1:100.000: *Estudo de Aspectos Metodológicos de Caracterização e de Apresentação dos Atributos*”. Tese de Doutorado. São Carlos, EESC/USP.

e) Normas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). *NBR 6459: Determinação do Limite de Liquidez: Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). *NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8mm: Determinação da massa específica dos grãos*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). *NBR 7180: Solo: Determinação do limite de plasticidade*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1984). *NBR 7181: Solo: Análise Granulométrica*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1986). *NBR 6457: Preparação de Amostras de Solo para Ensaio Normal de Compactação e Ensaio de Caracterização: Método de Ensaio*. Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (1989). *NBR 5734: Peneiramento para Ensaio: Especificação*. Rio de Janeiro.

f) Textos

BORTOLOZZI, C.A. e SILVA, L.C. (1987). “*Texto explicativo para o mapa geológico de Santa Catarina*”. 11º Distrito do Departamento Nacional de produtos minerais, coordenadoria de recursos Minerais de Secretaria de Ciência e Tecnologia, Minas e Energia Florianópolis-SC.