

# PARÂMETROS HIDROLÓGICOS E EROSIVOS OBTIDOS EM PARCELAS EXPERIMENTAIS, BACIA DO CÓRREGO SUJO, TERESÓPOLIS (RJ)

*Carlos Eduardo Emiliano Menezes<sup>1</sup>; Mario Guilherme Garcia Nacinovic<sup>2</sup>; André de Souza Avelar<sup>3</sup>  
& Cláudio Fernando Mahler<sup>4</sup>*

**RESUMO:** O presente trabalho visa estudar os processos erosivos que ocorrem em áreas de agricultura convencional na bacia do Córrego Sujo (~53 km<sup>2</sup>) que se situa na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro. Esta região é caracterizada pelo elevado uso da água para a produção olerícola que é realizada, principalmente, através de sistemas de irrigação por aspersão abastecida diretamente dos canais. Neste sentido, busca-se avaliar as perdas de solo e escoamento superficial na agricultura convencional através da instalação de parcelas hidro-erosivas em quatro diferentes tipos de uso do solo: olericultura, pastagem, área de recuperação florestal e floresta. Foram instalados 04 pluviômetros convencionais e 02 pluviômetros digitais para quantificar a chuva. Após o monitoramento da relação chuva x erosão foi possível perceber que as maiores perdas de solo se encontram na parcela localizada na olericultura, cerca de 14,777 kg/ha/ano, onde é feita a aração e o plantio é realizado diretamente no horizonte C do solo. Quanto à relação chuva x escoamento superficial as maiores frequências de escoamento também foram observadas na olericultura, aproximadamente 107,9 mm, demonstrando assim uma pequena infiltração no solo.

**ABSTRACT:** This work aims to study the erosion processes that occur in areas of conventional farming. Therefore the watershed of Córrego Sujo (~53 Km<sup>2</sup>) in the Mountainous region of Rio de Janeiro was chosen for this purpose, since it concentrates most part of agriculture activities. This area is characterized by high use of water for fresh vegetables crops production, which is mainly carried out through spray irrigation systems supplied directly by the canals. For this purpose, we looked forward to evaluate the loss of soil in conventional agriculture by the installation of hydro-erosive parcels in four different types of soil use: horticulture, pasture, agroforest system and forest. Four (04) conventional rain gauges and two (02) digital rain gauges were installed to quantify rainfall in the region. Therefore, comparisons among the different kinds of soil use in the basin area were performed. After monitoring the relation rain-flowage-erosion, it was possible to realize that the greatest losses of soil were found in the parcel located in the conventional agriculture, where the first layers of soil were scrambled by land systematization for irrigation and planting is done directly in the saprolite, that is, in soil horizon C. Conventional agriculture also demonstrated similarities (positive relationship) regarding the relation rain- superficial flowage and soil loss, with the greatest frequencies of flowage in agriculture and high volumes of water, showing a small seepage.

**PALAVRAS-CHAVE:** Erosão, parcela hidro-erosiva, escoamento superficial.

<sup>1</sup> Graduando em Geografia, UFRJ, CCMN, Laboratório de Geohidroecologia, Av. Athos da Silveira Ramos, 247, 21947-916, Rio de Janeiro [cadumenezesrj@yahoo.com.br](mailto:cadumenezesrj@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Mestrando em Geotecnia Ambiental, COPPE/ UFRJ, Laboratório de Geotecnia, Av. Athos da Silveira Ramos, 247, 21947-916, Rio de Janeiro [mgnacinovic@yahoo.com.br](mailto:mgnacinovic@yahoo.com.br)

<sup>3</sup> Professor Adjunto do Dept. de Geografia da UFRJ, CCMN, Laboratório de Geohidroecologia, Av. Athos da Silveira Ramos, 247, 21947-916, Rio de Janeiro. [andreavelar@acd.ufrj.br](mailto:andreavelar@acd.ufrj.br)

<sup>4</sup> Professor Associado da COPPE/UFRJ, COPPE/ UFRJ, Laboratório de Geotecnia, Av. Athos da Silveira Ramos, 247, 21947-916, Rio de Janeiro [mahler0503@yahoo.com](mailto:mahler0503@yahoo.com)

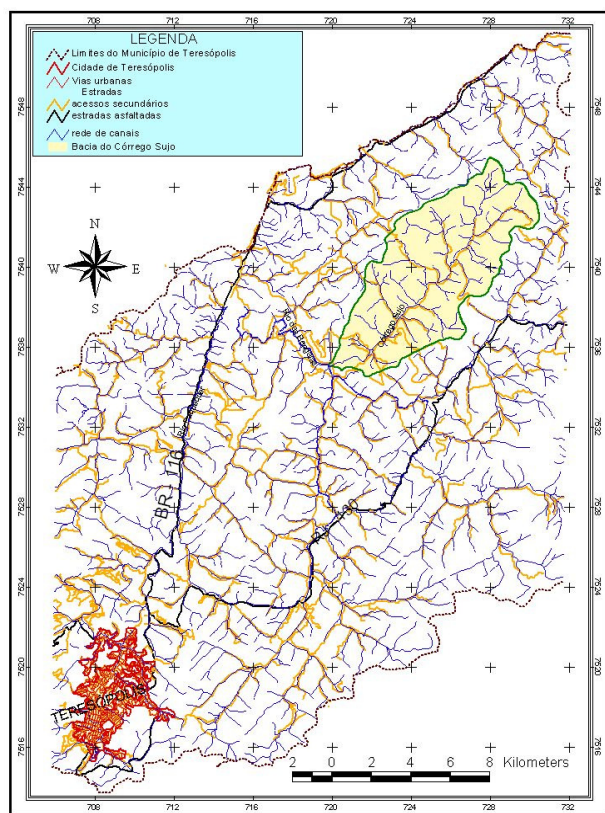
## INTRODUÇÃO

Os processos hidrológicos que ocorrem nas cabeceiras de drenagem são fundamentais para o entendimento das relações entre escoamento superficial, infiltração e recarga das zonas saturadas dos solos que, por conseguinte são repensáveis pela manutenção do fluxo de base dos rios existentes nas regiões com coberturas de florestas tropicais (Hewlett, 1969; Dunne, 1970; Gregory & Walling, 1973; Dunne & Leopold, 1978; Selby, 1985; Reichardt, 1987; Coelho Netto, 1987, 1994; Coelho Netto & Fernandes, 1990; Avelar, 2003, dentre outros). A partir do momento que a vegetação florestal é substituída por cultivos agrícolas ou pastagens ocorre uma diminuição da infiltração da água no solo, com significativa elevação do escoamento superficial nas encostas. Ao longo do tempo estas mudanças reduzem o estoque de água subterrânea nas cabeceiras de drenagem, comprometendo a vazão dos canais nas bacias a jusante, principalmente nos períodos de estiagem.

Antes da primeira metade do século XX a água era encarada em escala planetária como um recurso natural abundante e renovável. A partir daí, com o aumento da complexidade socioeconômica e a degradação ambiental associada, deu-se mais atenção às condições de escassez e da poluição deste recurso fundamental à vida humana e à manutenção dos ecossistemas. Atualmente, as sociedades de vários países buscam uma reavaliação do conceito de abundância e renovabilidade da água, conscientizando-se dos graves riscos ambientais, sociais e econômicos, refletindo em novos paradigmas para o uso dos recursos hídricos (Tundisi, 2003).

Nas cabeceiras de drenagem situadas na região serrana do Estado do Rio de Janeiro, entre os municípios de Teresópolis e Nova Friburgo, há intensa produção agrícola associada à irrigação e ao uso de insumos químicos e biológicos. Nesta região, a maior parte da produção agrícola se caracteriza pela olericultura (verduras e legumes), que utiliza sistemas de irrigação por aspersão, abastecidos pela retirada de água dos canais fluviais através de bombeamento. Além disso, há intenso uso de calagem, fertilizantes orgânicos (esterco) e químicos (geralmente NPK) nos solos, bem como a aplicação de pesticidas foliares, que tendem a causar a eutrofização na água dos rios e a dispersão de contaminantes para o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Outro agravante é que a partir do momento em que implantam-se novas áreas de agricultura, tende a ocorrer erosão nestas áreas e se dá o transporte de sedimentos para os canais, gerando assoreamentos em alguns trechos dos canais e elevando-se os valores de turbidez (Guerra, 1994; Avelar 2003). Sabe-se hoje que alguns contaminantes são mais facilmente transportados quando adsorvidos às partículas de argila disponibilizadas pela erosão, podendo ainda aumentar sua concentração após encontrar condições de sedimentação (Fetter, 1993; Chapra, 1997; Baird, 1999, dentre outros). Deste modo, estes problemas estão diretamente relacionados às condições hidrológicas e erosivas presentes nestas cabeceiras de drenagem, pois tanto o transporte do excedente de nutrientes deixados pela fertilização como a difusão de contaminantes ocorre em solução aquosa.

A área de estudo em questão compreende a bacia do Córrego Sujo (54 km<sup>2</sup>) e está inserida na bacia do rio Piabanha (~2000 km<sup>2</sup>), situando-se na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro (figura 1a) e sendo caracterizada pelo elevado uso de água para a produção olerícola (verduras e legumes) (figura 1b), principalmente através de sistemas de irrigação por aspersão abastecidos diretamente dos canais (Barreto, 2005; Oliveira, 2007). Neste sentido o presente trabalho pretende entender as perdas de solo na agricultura convencional que é tanto praticada em toda esta região.



(a)



(b)



(c)

**Figura 1:** Mapa de localização da Bacia do Córrego Sujo (a), condição típica de irrigação agrícola (b) e fisionomia geomorfológica da bacia (c).

## MATERIAL E MÉTODO

Para a realização do monitoramento da bacia foram instalados 04 pluviômetros convencionais e 02 pluviômetros digitais (figura 2 e 3), para medir a precipitação diária total. Também foram construídas quatro parcelas hidro-erosivas do tipo Gerlach (5 m x 2 m = 10 m<sup>2</sup>), que facilita a correlação dos dados de escoamento superficial medida em litros para “mm”, que é a unidade de medida da precipitação (figura 4). Divide-se o volume de água de escoamento superficial por dez para se obter a medida em “mm”. A produção de sedimentos medida em “g /10 m<sup>2</sup>” pode ser

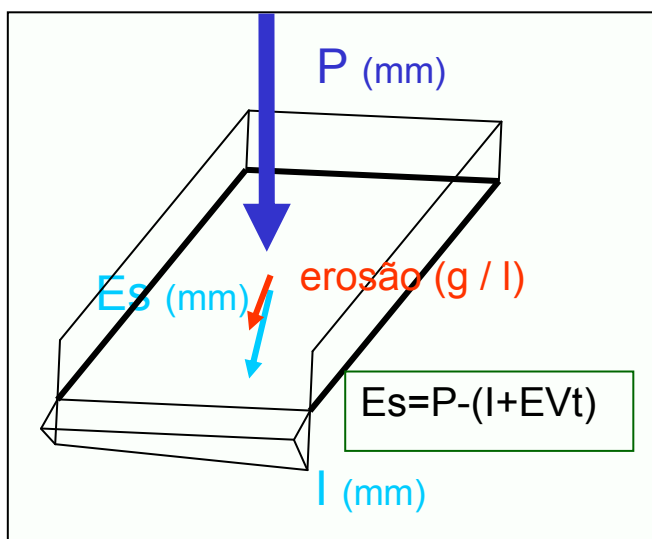
convertida diretamente para “kg / ha”. Essa parcela é delimitada por uma chapa metálica, com uma caneleta em uma de suas extremidades que é coberta por uma telha de amianto escorada em uma estrutura de madeira. Essa caneleta é conectada por uma mangueira de borracha a um galão de 50 litros (figura 5). Este galão é responsável por coletar a água escoada com sedimentos provenientes do escoamento superficial da área da parcela.



**Figura 2:** Pluviômetro Digital



**Figura 3:** Pluviômetro Convencional



**Figura 4:** Parcela hidro-erosiva do tipo Gerlach



**Figura 5:** Parcela hidro-erosiva

As parcelas hidro-erosivas foram instaladas em quatro diferentes tipos de uso do solo: olericultura, pastagem, área de recuperação florestal e floresta; com intuito de estabelecer uma comparação entre os diferentes usos que são presentes em toda área da bacia.

A água coletada das parcelas são separadas em garrafas de 500 ml e etiquetadas de acordo com a data do evento de chuva e o local de onde foi retirada. Essa água é levada para laboratório e colocada em latas de refrigerante previamente pesadas, são despejados 250 ml do conteúdo de cada garrafa dentro das latas que são levadas a estufa na temperatura de 105° C até que toda água seja evaporada. Depois de seca, a lata é novamente pesada e a diferença entre o peso final e o peso inicial corresponde à quantidade de perda de solo em 250 ml de água coletada, esse valor é

multiplicado por quatro para saber quantas gramas de solo estão contidas em um litro de água. Sabendo-se o quanto em grama se perde em um litro e quantos litros foram escoados em cada parcela, é possível saber a quantidade total de solo perdido durante cada evento de chuva.

Esses dados são transformados em gráficos que correspondem à relação chuva-escoamento-erosão e à relação chuva-escoamento superficial.

Verificou-se a erodibilidade do solo da parcela hidro-erosiva da olericultura com o equipamento idealizado por INDERBITZEN (1961). O ensaio é de baixo custo e utilizado em avaliações geotécnicas de erodibilidade. O ensaio de Inderbitzen consiste basicamente em infringir um escoamento superficial a uma amostra indeformada de solo e, avaliar a quantidade de sedimentos gerados, os volumes de escoamento e os de infiltração em determinados intervalos de tempo.

O equipamento utilizado no ensaio de Inderbitzen consiste de uma rampa inclinável coberta de fórmica com um furo para o encaixe da amostra de solo (Figura 6).



**Figura 6** - Equipamento para realização do ensaio de Inderbitzen.

Primeiramente, acertamos a inclinação da rampa. Foram realizados ensaios com duas inclinações (10° e 22°). A coleta de água de infiltração foi feita através de um funil de PVC maciço, que era direcionada para uma proveta através de uma mangueira de ½”.

A vazão do escoamento superficial foi mantida constante mediante a manutenção de certa altura de coluna d água. A vazão utilizada no ensaio de 47 ml/s está próximo ao valor de 50 ml/s proposto por FÁCIO (1991) com o intuito de padronizar o ensaio. Durante o ensaio, coletou-se o volume escoado e o volume infiltrado em seis etapas com intervalos de tempo de 5, 10, 15, 30, 45 e 60 minutos. Os sedimentos gerados pelo escoamento superficial foram coletados nos mesmos intervalos de tempo em peneiras ABNT # 10 e 200. Utilizou-se um conjunto de peneiras #10 e 200 para cada uma das seis etapas do ensaio. Os sedimentos retidos nas peneiras eram lavados para

retirar as partículas de argila aderidas e, fluídas para um becher por meio de um pissete. O becher era tarado e levado à estufa para evaporar a água. O peso dos sedimentos foi estipulado descontando o peso da tara. Os sedimentos em suspensão foram mensurados com um densímetro.

Foram feitos oito ensaios com inclinações de 10° e 22° e dois teores de umidade diferentes em quatro amostras indeformadas de solo da parcela hidro-erosiva da olericultura. Optou-se por realizar o ensaio de Inderbitzen somente com amostras da parcela da olericultura, por ser a única parcela com produção de sedimentos significativa.

Realizou-se 24 ensaios de caracterização granulométrica para determinar a textura do solo e a densidade real dos grãos em suas diversas camadas (30 – 60 – 90 cm). Os limites de Atterberg foram determinados para avaliar as propriedades de plasticidade dos solos. Os limites de liquidez e plasticidade foram estabelecidos por meio dos índices de Atterberg determinados pelo método de Casagrande seguindo as normas NBR 6459/84 e NBR 7180/84.

Os ensaios granulométricos foram realizados no Laboratório de Geotecnia da COPPE de acordo com a norma NBR 7181/84. Foram feitos 24 ensaios com o defloculante hexametáfosfato de sódio com pH entre 8 e 9 e seis ensaios sem defloculante. As análises físico-químicas dos solos foram realizadas no laboratório de Geotecnia da COPPE de acordo com a metodologia da EMBRAPA / SNLCS. A caracterização mineralógica dos argilo-minerais foi realizada por difração de raios-X no Núcleo de Catálise da UFRJ, com o aparelho Miniflex-Rigaku de tubo de cobre. Foram analisadas 2 amostras de argila da parcela hidro-erosiva nas profundidades de 30 e 90 cm.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

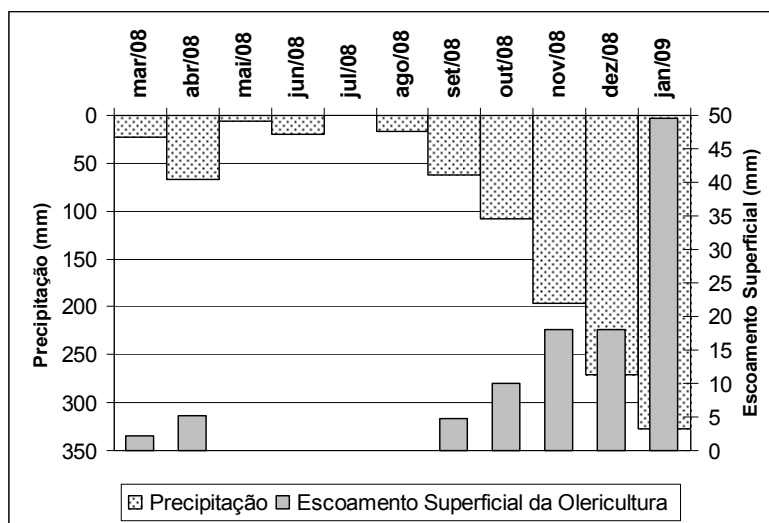
A partir das primeiras chuvas os resultados dos escoamentos começaram a dar origem a gráficos da relação chuva x escoamento superficial (Figuras 8,10,12 e 14) e chuva x erosão (Figuras 9, 11, 13 e 15). Esses gráficos foram feitos de acordo com o tipo de cobertura vegetal onde a parcela se encontra e contam com informações que correspondem ao período de Março de 2008 a Janeiro de 2009.

Na relação chuva x erosão foi possível perceber que as maiores perdas de solo se encontram na parcela localizada na olericultura, onde no período de estudo foram computados aproximadamente 14.777 kg/ha, enquanto na parcela da área de recuperação florestal 25 kg/ha, na pastagem 4,5 kg/ha e na floresta cerca de 0,6 kg/ha (Tabela 1). Cabe ressaltar que na olericultura ocorreu uma sistematização para irrigação, nessa sistematização foram retiradas as primeiras camadas do solo. Deste modo o plantio é feito diretamente sobre o saprolito, ou seja, no horizonte C do solo (figura 7). Como pode ser visto na figura abaixo toda a parte onde está sendo utilizada para agricultura teve uma grande retirada de solo, esse horizonte C que se encontra exposto é um horizonte mais fácil de ser erodido uma vez que suas partículas não são bem agregadas como nas

camadas superiores do solo, tornando assim o solo muito mais sujeito à erosão nos eventos de chuva, além desse solo ser constantemente revolvido para introdução de novas culturas.



**Figura 7:** Área da agricultura convencional



**Figura 8** – Relação entre escoamento superficial e precipitações mensais na área da olericultura.

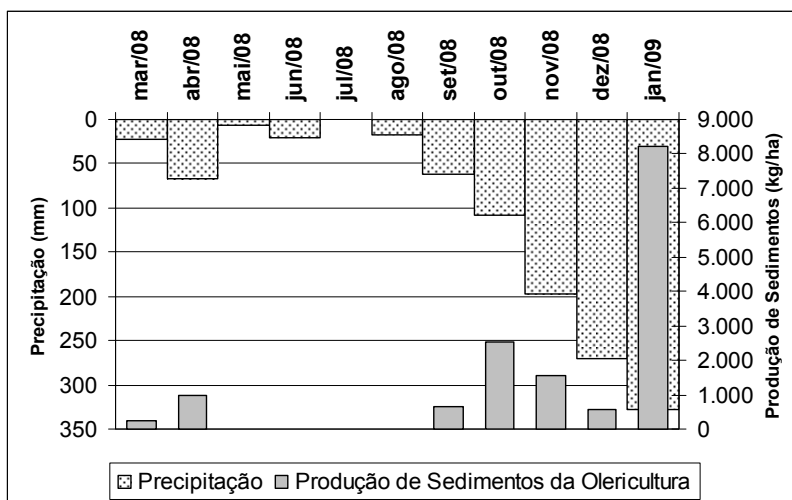


Figura 9 - Relação entre produção de sedimentos e precipitações mensais na área da olericultura.

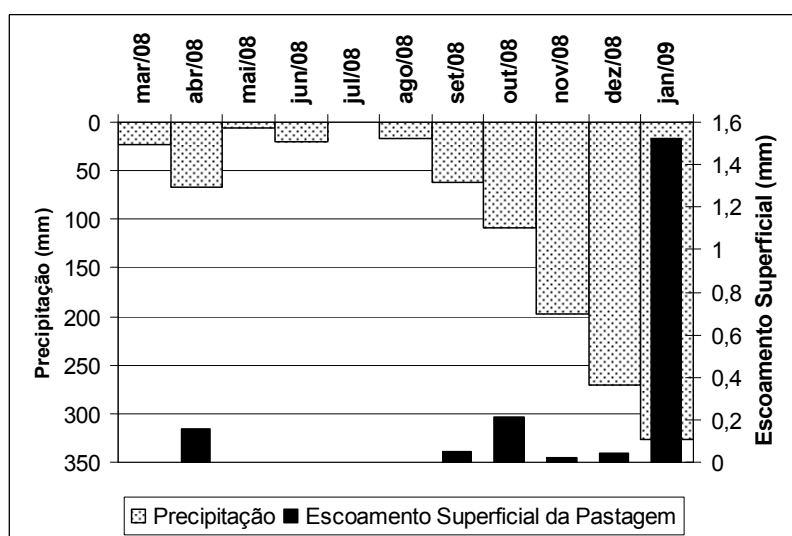


Figura 10 - Relação entre escoamento superficial e precipitações mensais na área da pastagem.

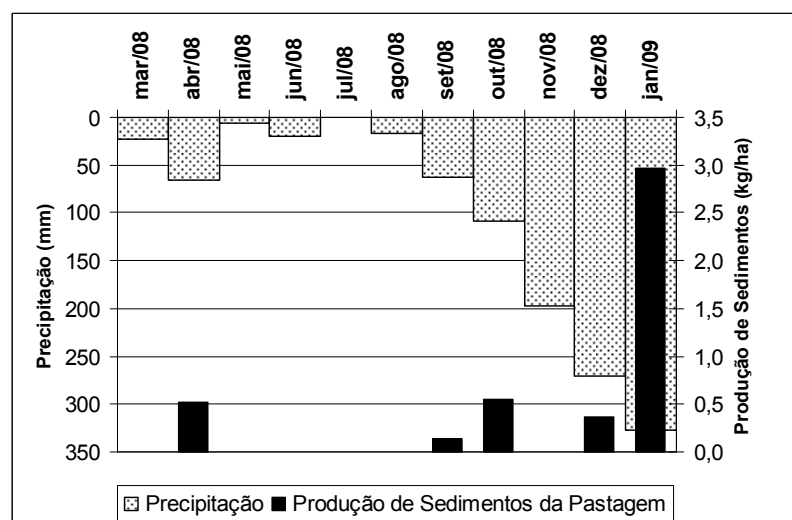


Figura 11 - Relação entre produção de sedimentos e precipitações mensais na área da pastagem.



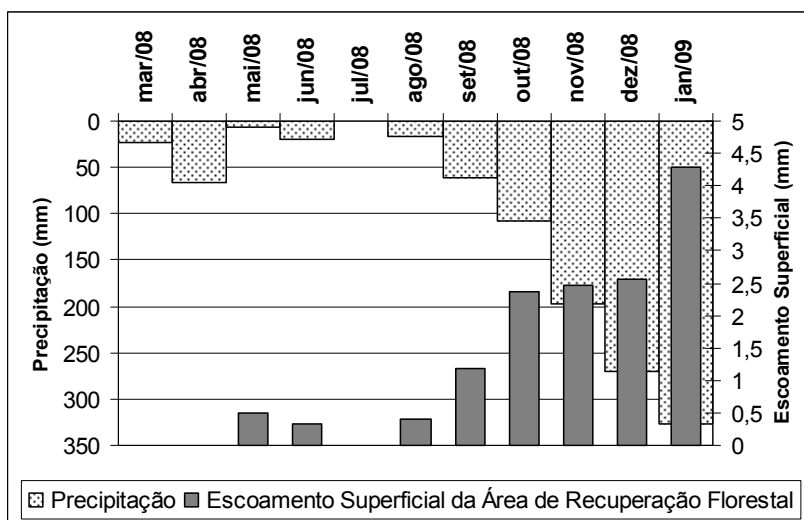


Figura 12 - Relação entre escoamento superficial e precipitações mensais na área de recuperação florestal.

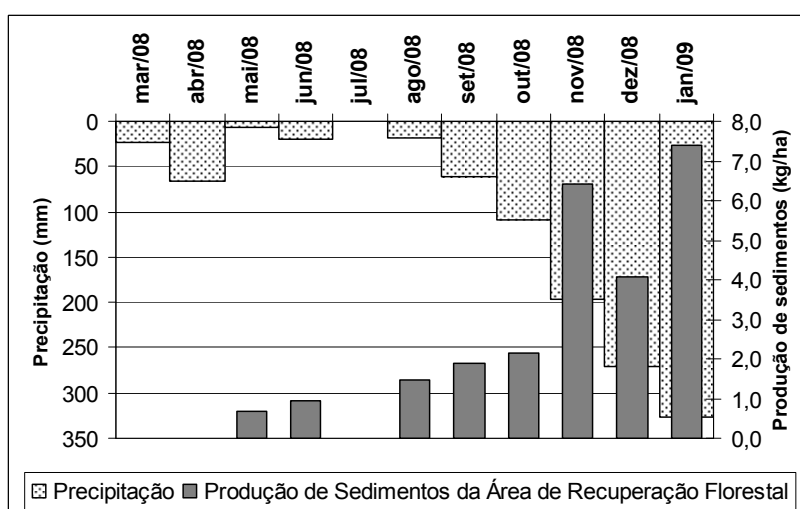


Figura 13 - Relação entre produção de sedimentos e precipitações mensais na área de recuperação florestal.

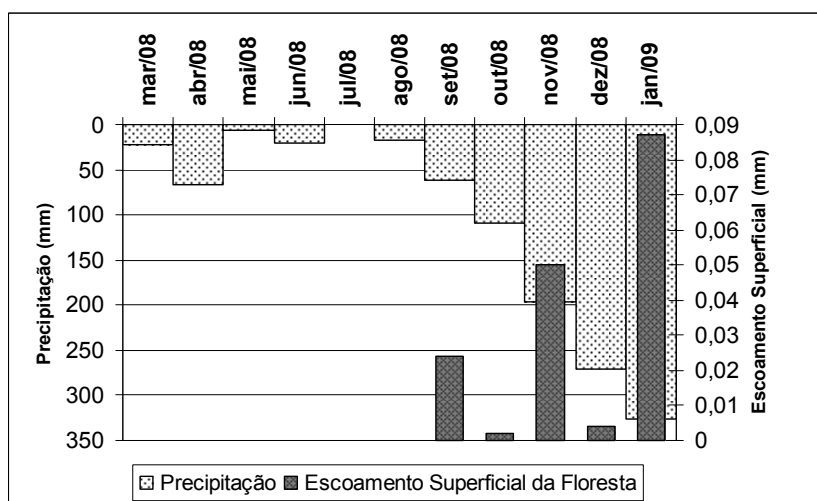


Figura 14 - Relação entre escoamento superficial e precipitações mensais na área da floresta.

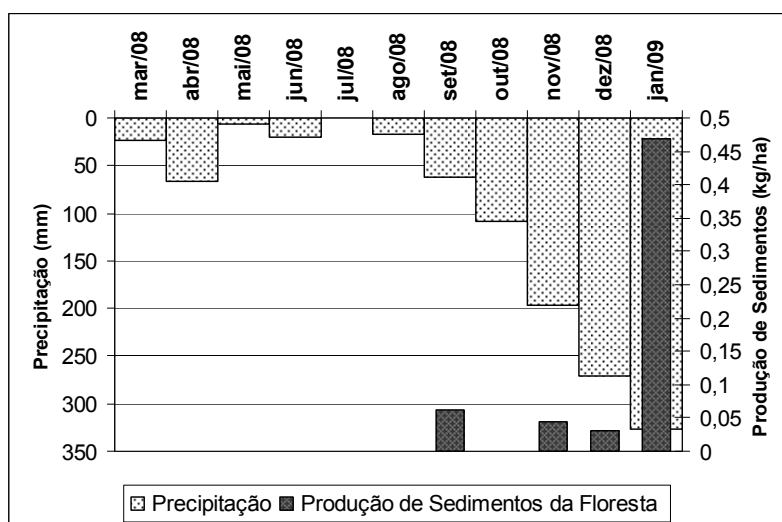


Figura 15 - Relação entre produção de sedimentos e precipitações mensais na área da floresta.

Tabela 1 – Precipitação, escoamento superficial e produção de sedimentos nas quatro áreas mensuradas.

Data	Precipitação (mm)	Escoamento Superficial								Produção de Sedimentos							
		Olericultura (mm)	Es/P (%)	Pastagem (mm)	Es/P (%)	Rec. Florestal (mm)	Es/P (%)	Floresta (mm)	Es/P (%)	Olericultura (kg/ha)	PAS (kg/ha/mm)	Pastagem (kg/ha)	PAS (kg/ha/mm)	Rec. Florestal (kg/ha)	PAS (kg/ha/mm)	Floresta (kg/ha)	PAS (kg/ha/mm)
mar-08	22,7	2,25	9,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	265	117,7	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
abr/08	66,3	5,12	7,72	0,16	0,24	0,00	0,00	0,000	0,000	975	190,5	0,52	3,3	0,00	0,0	0,00	0,0
mai/08	6,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	7,54	0,000	0,000	0,0	0,0	0,00	0,0	0,67	1,4	0,00	0,0
jun/08	20,3	0,06	0,28	0,00	0,00	0,32	1,58	0,000	0,000	1,4	24,4	0,00	0,0	0,95	3,0	0,00	0,0
jul/08	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000	0,0	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
ago/08	17,4	0,05	0,29	0,00	0,00	0,40	2,30	0,000	0,000	0,6	12,6	0,00	0,0	1,49	3,7	0,00	0,0
set/08	61,9	4,77	7,71	0,05	0,08	1,18	1,91	0,024	0,039	642	134,6	0,14	2,8	1,89	1,6	0,06	2,6
out/08	108,6	9,92	9,13	0,22	0,20	1,72	1,59	0,002	0,002	2.542	256,2	0,55	2,6	2,15	1,2	0,00	0,0
nov/08	197,0	18,15	9,21	0,02	0,01	2,47	1,25	0,050	0,025	1.554	85,6	0,00	0,0	6,41	2,6	0,04	0,9
dez/08	270,5	18,12	6,70	0,04	0,01	2,56	0,95	0,004	0,001	558	30,8	0,37	9,2	4,07	1,6	0,03	7,5
jan/09	327,0	49,50	15,14	1,52	0,47	4,30	1,31	0,087	0,027	8.240	166,5	2,97	2,0	7,39	1,7	0,47	5,4
<b>Média</b>	<b>99,8</b>	<b>9,81</b>	<b>6,01</b>	<b>0,18</b>	<b>0,09</b>	<b>1,22</b>	<b>1,67</b>	<b>0,015</b>	<b>0,009</b>	<b>1.343</b>	<b>92,6</b>	<b>0,41</b>	<b>1,8</b>	<b>2,27</b>	<b>1,5</b>	<b>0,06</b>	<b>1,5</b>
<b>Cv (%)</b>	<b>114</b>	<b>151</b>	<b>85</b>	<b>247</b>	<b>164</b>	<b>115</b>	<b>125</b>	<b>188</b>	<b>168</b>	<b>180</b>	<b>94</b>	<b>212</b>	<b>156</b>	<b>114</b>	<b>81</b>	<b>253</b>	<b>176</b>
<b>Total</b>	<b>1.098</b>	<b>107,9</b>		<b>2,01</b>		<b>13,44</b>		<b>0,167</b>		<b>14.777</b>		<b>4,55</b>		<b>25,01</b>		<b>0,61</b>	

Na relação chuva x escoamento superficial os resultados também são grandes assim como na perda de solo, onde na olericultura são maiores as frequências de escoamento e os volumes de água são muito grandes, cerca de 107,9 mm demonstrando uma pequena infiltração no solo já que a resposta do escoamento aos eventos de chuva são muito rápidos.

Outro fato que chama bastante atenção é que na parcela da área de recuperação florestal o escoamento superficial é de cerca de 13,44 mm, mas as perdas de solo são muito reduzidas, em torno de 25 kg/ha isso porque os horizontes A e B não foram retirados do solo e a cobertura vegetal esta em fase de regeneração no estagio de uma capoeira. Nas parcelas da pastagem e da floresta os escoamentos superficiais são mínimos 2 e 0,16 mm respectivamente, demonstrando assim que a cobertura vegetal é muito importante para a conservação do solo evitando assim os processos erosivos.

Na parcela da área de recuperação florestal a frequência dos escoamentos são grandes, porém os volumes de escoamento são menores (13,44 mm), demonstrando assim um maior infiltração no

solo, essa maior infiltração pode se atribuir a cobertura vegetal, onde a água da chuva escoar pelos arbustos encontrando assim um caminho preferencial para o solo junto as raízes.

O ensaio de Inderbitzen não leva em consideração o potencial erosivo do impacto das gotas de chuva, conseqüentemente a produção de sedimentos está subestimada. BERTONI & LOMBARDI NETO (1990) comentam que a energia cinética da chuva é 256 vezes maior do que a do escoamento superficial. Os valores de produção de sedimentos dos ensaios de Inderbitzen são acentuados, conforme foi visto no experimento de campo na parcela hidro-erosiva da olericultura, que constata uma erodibilidade alta para os solos desta parcela.

Nota-se uma maior proporção de produção de sedimentos nos primeiros 5 minutos dos ensaios. Após os instantes iniciais de precipitação, o grau de saturação do solo aumenta gradativamente. A frente de umidade da chuva inicial comprime o ar ocluso nos poros do solo, que atua separando as partículas do solo, sendo assim a erosão é mais intensa nos instantes iniciais com redução gradativa ao longo do tempo.

Os resultados de produção de sedimentos da maioria dos ensaios constataam uma erosão mais acentuada na maior declividade de 22°. Como foi dito por FÁCIO (1991) a produção de sedimentos aumenta com a declividade da rampa e, é maior nos primeiros 5 minutos.(Tabela 2 e 3).

Conforme constatado no ensaio com a amostra, a capacidade de infiltração aumenta com o grau de saturação.

**Tabela 2** – Ensaio de Inderbitzen com declividade de 10° - amostra 1.

<b>Etapa</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Volume Escoado (l)</b>	<b>Volume infiltrado (ml)</b>	<b>Peso Areia Grossa (g)</b>	<b>Peso Areia Fina e Média (g)</b>	<b>Erosão (kg/ha)</b>	<b>Peso Silte + Argila (g/l)</b>
1	0 a 5	14,2	29	0	0,237	140,2	0
2	5 a 10	16,9	93	0	0,038	22,5	0
3	10 a 15	13,1	60	0	0,008	4,7	0
4	15 a 30	41,8	200	0	0,040	23,7	0
5	30 a 45	42,5	190	0	0,175	103,6	0
6	45 a 60	42,7	180	0	0,254	150,3	0

**Tabela 3** – Ensaio de Inderbitzen com declividade de 22° - amostra 1.

<b>Etapa</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Volume Escoado (l)</b>	<b>Volume infiltrado (ml)</b>	<b>Peso Areia Grossa (g)</b>	<b>Peso Areia Fina e Média (g)</b>	<b>Erosão (kg/ha)</b>	<b>Peso Silte + Argila (g/l)</b>
1	0 a 5	11	8	0,010	0,661	391,1	1,5
2	5 a 10	11,5	18	0	0,083	49,1	0
3	10 a 15	10	14	0	0,074	43,8	0
4	15 a 30	31,4	44	0	0,458	271,0	0
5	30 a 45	33,7	42	0	0,405	239,6	0
6	45 a 60	33,7	45	0	0,711	420,7	0,2

Os valores altos de saturação de bases nas amostras da olericultura, verificados na Tabela 2 são devidos à adubação freqüente destes solos para aumentar a produtividade. Em geral, os valores de saturação de bases são baixos, que caracteriza os solos como distróficos.

A análise físico-química da amostra da parcela da floresta (90 cm), situada próxima ao riacho, possui valores altos de  $K_i = 3,52$  e  $K_r = 2,88$ , que caracteriza um horizonte de solo menos intemperizado (Tabela 2). Isto evidencia um processo erosivo natural na cabeceira de drenagem, tornando menos espesso o LATOSSOLO, característico da área do experimento, ao longo do riacho. A sistematização do terreno na ocasião da instalação do sistema de irrigação alterou o solo do local desta parcela. A retirada da camada superficial do solo alterou a ordem natural dos horizontes do solo. As análises físico-químicas das camadas superficiais do solo diagnosticaram-nos como horizonte C (Tabela 4).

As amostras das terras da parcela hidro-erosiva da olericultura não foram representativas dos horizontes superiores de um latossolo. O triângulo de classe de textura apresenta uma dispersão de pontos para as amostras da parcela da olericultura. A sistematização do terreno na implantação da irrigação expôs o horizonte C, caracterizado por um saprolito de gnaiss. As terras são constituídas por uma miscelânea de horizonte C, onde há influência de bandas diferenciadas de solos típicos do intemperismo de gnaiss, que são rochas metamórficas com composição mineralógica em níveis e foliação (xistosidade). A textura mais siltosa dos solos da parcela da olericultura o torna mais susceptível à erosão (Tabela 5).

O limite de plasticidade foi obtido com amostras seca ao ar, para manter a capacidade de hidratação dos solos, em vista aos teores elevados de matéria orgânica. O limite de plasticidade deve ser usado com restrições tendo em vista que a estrutura do solo é desfeita por ocasião dos ensaios. Todavia, serve como indicação do grau de coesão do solo, pois a plasticidade de um solo provém da interação entre as partículas da fração argila (YONG & WARKENTIN, 1975). Os limites de plasticidade e liquidez (Tabela 5) condizem com os limites do argilo-mineral caulinita.

**Tabela 4:** Caracterização físico-química dos solos junto às parcelas hidro-erosivas.

AMOSTRA	pH		M.O (g/kg)	ATAQUE SULFÚRICO						
	H <sub>2</sub> O	KCl 1M		ΔP (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Ki	Kr	Res. (%)
1) Olericultura 0-30cm	7,97	6,92	5,41	9,98	32,2	21,4	15,8	2,56	1,74	15,85
2) Olericultura 30-60cm	7,42	6,07	2,66	7,77	34,7	17,5	13,6	3,37	2,25	30,94
3) Olericultura 60-90cm	7,23	6,44	6,04	8,05	34,6	13,4	13,9	4,39	2,64	25,45
4) Pastagem 0-30cm	4,80	4,02	56,9	13,44	24,0	18,7	8,6	2,19	1,69	35,85
5) Pastagem 30-60cm	4,86	4,08	39,0	13,07	25,3	21,6	9,2	1,99	1,56	34,01
6) Pastagem 60-90cm	4,93	4,16	23,6	11,77	26,4	22,2	10,6	2,02	1,55	34,16
7) Permacultura 0-30cm	5,10	4,38	63,7	12,57	24,9	20,0	8,8	2,12	1,66	37,12
8) Permacultura 30-60cm	4,76	4,25	50,7	14,63	27,0	23,2	12,7	1,98	1,47	31,82
9) Permacultura 60-90cm	4,92	4,39	35,5	10,35	25,6	22,2	11,2	1,96	1,48	37,73
10) Floresta 0-30cm	4,75	4,24	142,0	13,51	13,1	15,1	5,8	1,48	1,19	54,22
11) Floresta 30-60cm	4,69	4,10	70,1	7,64	17,5	12,8	4,7	2,31	1,88	60,45
12) Floresta 60-90cm	4,58	4,09	69,3	12,24	19,1	9,2	3,2	3,52	2,88	62,64
<b>ΔP (%) = perda ao fogo à 550°C</b>				<b>Res. (%) = material primário não atacado</b>						

**Tabela 5:** Caracterização e propriedades físicas dos solos junto às parcelas hidro-erosivas

Amostra	Tipo de Cultivo	Profundidade (cm)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)			Pedregulho (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade Higroscópica (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
					Fina	Média	Grossa						
1	Olericultura	30	30	28	11	20	9	2	2,749	1,798			
2	Olericultura	60	17	26	12	30	13	2	2,744	1,691			
3	Olericultura	90	40	22	12	15	10	1	2,745	1,74			
4	Pastagem	30	48	10	6	15	20	1	2,581	2,084	54,8	21,2	33,6
5	Pastagem	60	56	8	6	12	16	2	2,63	2,148	54,9	22,5	32,4
6	Pastagem	90	53	7	6	11	19	4	2,661	1,697	55,2	23,4	31,8
7	Permacultura	30	53	14	6	12	13	2	2,608	2,669	57,7	22,6	35,1
8	Permacultura	60	53	13	6	12	14	2	2,639	3,115	54,8	21,6	33,2
9	Permacultura	90	54	12	6	11	14	3	2,659	2,333	58,5	23,9	34,6
10	Floresta	30	16	23	8	20	30	3	2,481	3,625			
11	Floresta	60	17	22	8	21	24	8	2,512	2,134			
12	Floresta	90	22	17	10	19	26	6	2,521	2,562			

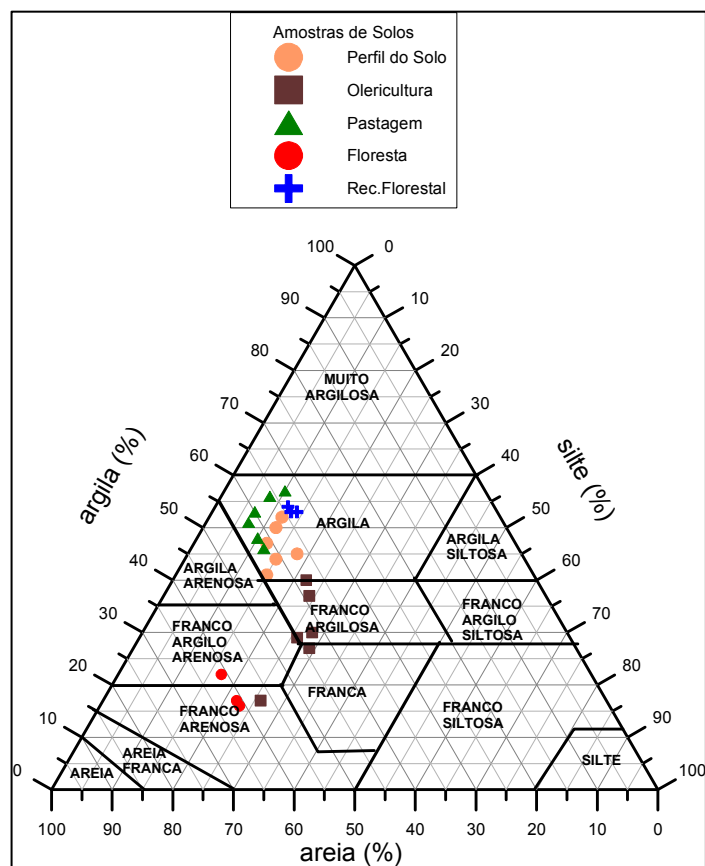


Figura 16 – Triângulo textural

Ao fazer o ensaio de permeabilidade foi possível constatar que os solos da floresta estão mais estruturados e apresentam valores elevados de condutividade hidráulica (permeabilidade). Isto favorece a infiltração e explica a inexistência de escoamento superficial nesta condição ambiental.

Por outro lado a agricultura convencional mostra uma baixa condutividade hidráulica e portanto há uma maior facilidade para ocorrência de escoamento superficial, conforme tabela 4.

Tabela 4: Ensaio de Permeabilidade

Tipo de Cultivo	Profundidade (cm)	Permeabilidade (cm/s)
Olericultura	0 a 30	$3,68 \times 10^{-6}$
	30 a 60	$2,72 \times 10^{-7}$
	60 a 90	-
Pastagem	0 a 30	$2,66 \times 10^{-3}$
	30 a 60	$8,69 \times 10^{-5}$
	60 a 90	$1,07 \times 10^{-3}$
Permacultura	0 a 30	$1,29 \times 10^{-3}$
	30 a 60	$3,67 \times 10^{-3}$
	60 a 90	$2,52 \times 10^{-3}$
Floresta	0 a 30	$9,34 \times 10^{-4}$
	30 a 60	$5,48 \times 10^{-4}$
	60 a 90	$1,41 \times 10^{-3}$

Detectaram-se os seguintes minerais secundários: caulinita, gibbsita e goetita. A caulinita é um argilo-mineral, com estrutura de camada 1:1, formada por uma camada tetraédrica de Si e uma octaédrica de Al ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ). A estrutura é pouco expansiva, pois não há separação entre as camadas, que permita a entrada de água entre as camadas. A goetita ( $FeO \cdot OH$ ) e a gibbsita [ $Al_2(OH)_6$ ] são óxi-hidróxidos de ferro e alumínio, que são agentes cimentantes. Estes minerais caracterizam os solos como lateríticos e bem intemperizados. Os solos lateríticos, em geral, possuem boa agregação, elevada permeabilidade e baixa expansibilidade (Figuras 17 e 18).

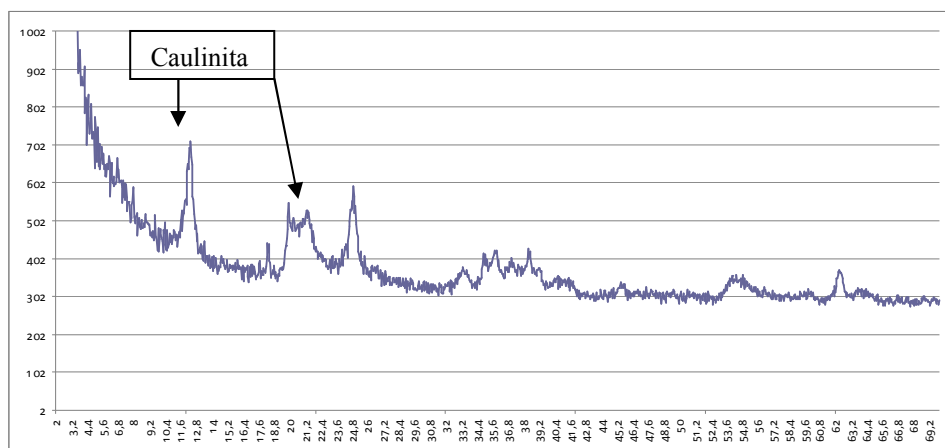


Figura 17 - Difração de raios X da argila da amostra da parcela da olericultura (30 cm).

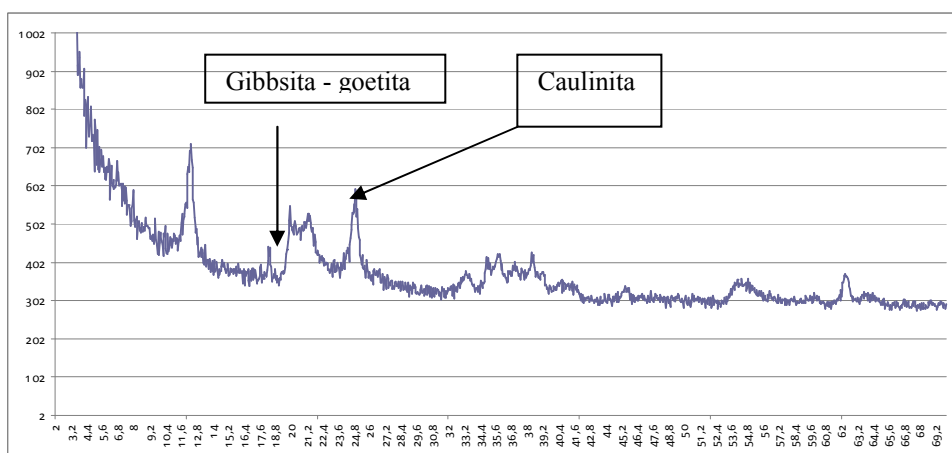


Figura 18 - Difração de raios X da argila da amostra da parcela da olericultura (90 cm).

## CONCLUSÕES

O solo da parcela da olericultura é pouco coesivo e de fácil desagregação. Os ensaios de Inderbitzen e o experimento de campo na parcela hidro-erosiva permitiram constatar, pelos resultados de produção de sedimentos e escoamento superficial, que o solo da parcela da olericultura possui alta erodibilidade.

A área da parcela hidro-erosiva da olericultura está degradada. O uso de cobertura morta no período entre os cultivos das olerícolas é primordial para proteger o solo contra o impacto da gota de chuva, e a sua incorporação melhora a estruturação do solo e a capacidade de infiltração do solo.

Com esta simples prática de cultivo, o escoamento superficial e a produção de sedimentos podem ser minimizados e a fertilidade do solo vai ser lentamente restabelecida.

A erodibilidade dos solos não pode ser baseada na análise isolada das características físico-químicas e mineralógicas do solo. Todos estes dados devem ser analisados e discutidos levando-se em consideração a geomorfologia, o meio físico biótico e antrópico, para se ter uma avaliação global do processo erosivo.

Cultivo mínimo – menor revolvimento do solo. Na área de estudo o efeito da aração excessiva é significativo para o processo erosivo. A pá rotativa da Tobatta® (máquina utilizada em larga escala na região serrana para arar a terra) desestrutura o solo diminuindo a sua capacidade de infiltração e aumentando a erodibilidade.

O manejo de rodízio do rebanho tem sido uma prática eficiente de pastoreio e de conservação de solo, conforme ressaltam os valores baixos de escoamento superficial e produção de sedimentos na parcela da pastagem. Sistemas de cultivo com manejo adequado do solo propiciam menores taxas de erosão e escoamento superficial. A compactação do solo causada pelo pastoreio não acelerou, significativamente, o processo erosivo. O eficiente rodízio do gado propiciou a renovação do sistema radicular, que atenuou a compactação decorrente do pisoteio animal.

A floresta teve os melhores resultados de escoamento superficial e erosão mediante a manutenção de um sistema em equilíbrio com farta produção de serrapilheira, vasto e protetor dossel e bem desenvolvida rizosfera; propiciando a interceptação da chuva, proteção do impacto das gotas de chuva, dispersão da água da chuva, gerando uma maior infiltração e menores perdas de água por escoamento superficial e, enfim, uma menor erosão.

O uso das terras na região agrícola serrana deve ser reavaliado quanto ao plantio de culturas que requerem manejo de solos não condizentes com a suscetibilidade das terras à erosão. O sistema agroflorestal de pousio é adequado para terras íngremes e, seria uma forma de produção agrícola sustentável e conservacionista.



## BIBLIOGRAFIA

- BARRETO, A. C. M. - *Caracterização Hidrológica e dos Diferentes Usos do Solo da Bacia do Córrego Sujo – Município de Teresópolis – RJ*. Monografia – UFRJ/IGEO. Rio de Janeiro, 2005.
- COELHO NETTO, A.L. & AVELAR, A.S. - *Hidrologia de encostas em interface com a geomorfologia* In: GUERRA, A.. J. T. E CUNHA, S.B. *Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicações*, Ed. Bertrand Brasil 2ª Ed., 103 – 138, 2002.
- COELHO NETTO, A.L. - *Hidrologia de encostas na interface com a geomorfologia* In: GUERRA, A.. J. T. E CUNHA, S.B. *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*, Ed. Bertrand Brasil, 2ª ed., 93 – 148, 1995.
- DUNNE, T & LEOPOLD, L.B. - *Water in Environmental Planning* - W.H. FREEMAN & Company, San Francisco, 818p, 1978.
- HEWLETT, J.D. - *Principles of Forest Hydrology*, Univ. of Georgia press, Athens - USA, 183 p, 1982.
- TENGBERG, A., STOCKING, MICHAEL & DECHEN, S.C.F. – *The impact of erosion on soil productivity – An experimental design applied in São Paulo state, Brazil*. In: *Journal Geografiska Annaler*. V. 79 A, p.95-107, 1997.
- OLIVEIRA, E.S. – *Indicadores Geoambientais de Qualidade das Águas na Bacia do Córrego Sujo, Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, Teresópolis (RJ)*, Tese – UFF. Niterói, 2007.
- SANTOS, C.A., SOBREIRA, F.G. & COELHO NETTO, A.L. – *Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto – MG*. In: *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 55(4): 285-290, out. dez. 2002.
- FRANCO, F.S., COUTO, L., CARVALHO, A.F., JUCKSCH, I., FILHO, E.I.F., SILVA, E. & NETO, J.A.A.M – *Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais*. In: *Sociedade de Investigações Florestais* v.26, n.6, p.751-760, 2002.
- MARTINS. S. G., SILVA, M. L. N., CURI, N., FERREIRA, M. M., FONSECA, S. & MARQUES, J. J. G. S. M. – *Perdas de solo e água Poe erosão hídrica em sistemas florestais na Região de Aracruz (ES)*. In: *Revista Brasileira de Ciências do Solo*. 27:395-403, 2003.