

XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água
O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água!

Monitoramento hidrológico e da erosão: da parcela à bacia hidrográfica

Jean PG Minella



Departamento de Solos
UFSC



Roteiro

1 – O contexto da degradação

2 – As escalas de monitoramento e de interpretação

3 – Alguns resultados de monitoramento

4 – Algumas técnicas de monitoramento e modelagem

Impactos negativos do escoamento superficial e erosão

Degradação do solo no meio de produção

EFEITOS NO LOCAL



Redução da produtividade
Aumento dos custos de produção
Depauperamento de funções do solo

Degradação dos corpos hídricos

EFEITOS FORA DO LOCAL



Assoreamento
Enchentes
Contaminação dos rios

O custo da erosão

A erosão hídrica no Brasil é o principal mecanismo de degradação dos solos. Estima-se perdas econômicas na ordem de R\$8 bilhões/ano (847.000.000 t/ano).



Esse valor **não** inclui o impacto no setor elétrico, abastecimento de água, saúde da população, destruição de áreas hidrologicamente e ecologicamente frágeis.



Como a pesquisa pode contribuir?

Quantificar a degradação

Qual a magnitude e o que estamos perdendo?

Compreender a dinâmica dos processos.

Infiltração → Escoamento
Erosão → Produção de sedimentos

Aprimorar as ferramentas que ajudam a descrever os processos.

Técnicas de monitoramento
Técnicas de modelagem

Estabelecer os elos entre os agricultores e a sociedade.

Impacto da agricultura nos recursos hídricos
Serviços ecossistêmicos gerados pelos agricultores

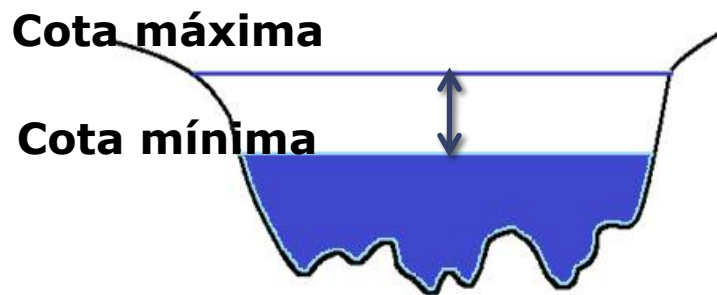
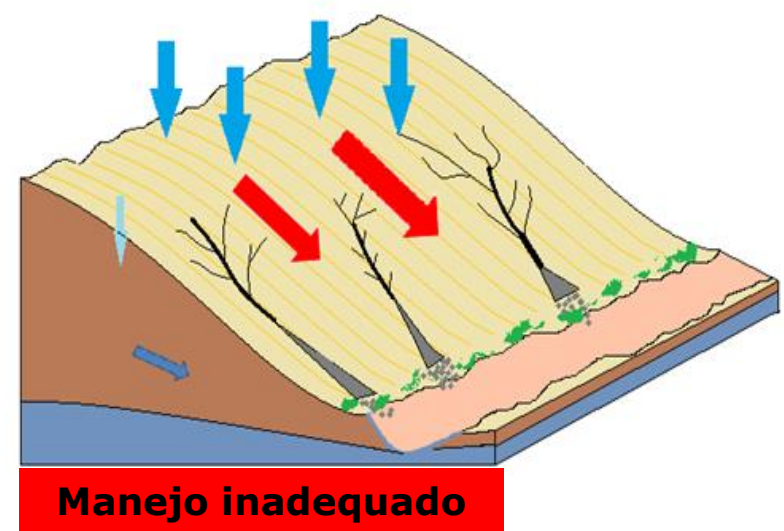
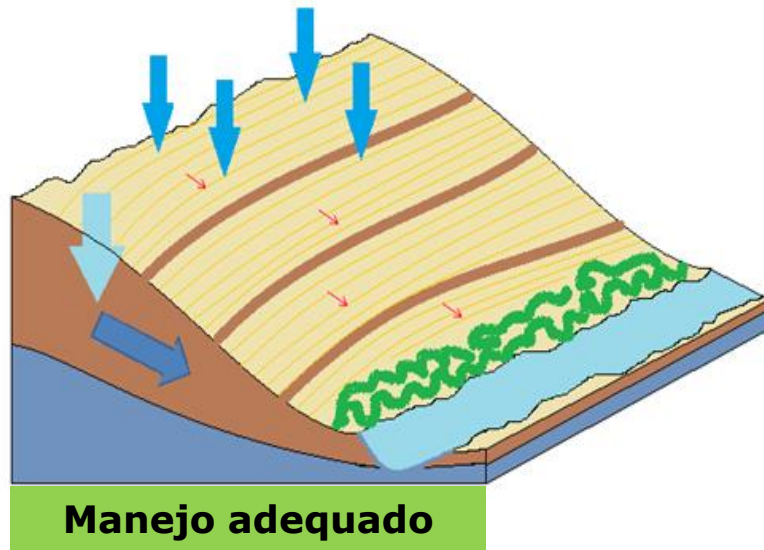
Por que monitorar?

- Demonstrar a magnitude dos problemas
 - + *quantificação - intuição*
- Compreender a natureza dos processos:
 - identificar espacialmente a origem do problema
 - estabelecer relações de causa e efeito
- **Quantificar o custo dos impactos e justificar o investimento**
- Apoiar e controlar a exploração dos recursos naturais:
 - maximizar a produção
 - minimizar os impactos negativos
- **Testar e validar modelos matemáticos para:**
 - estudar os processos
 - recomendar práticas mais eficientes, simples e baratas

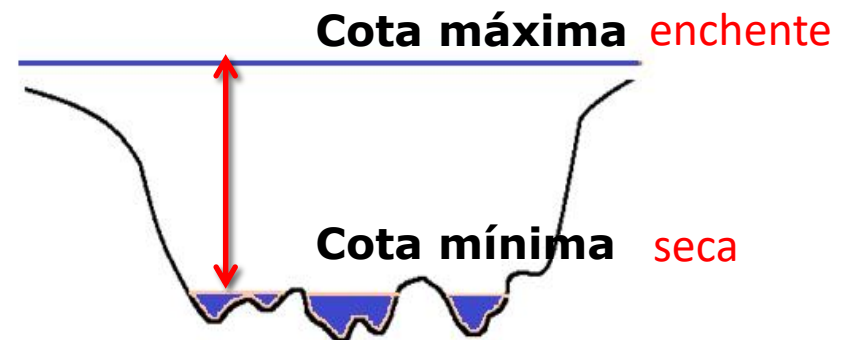
Justificativas:

- * A atividade agrícola atual gera condições de superfície e subsuperfície que alteram os fluxos de matéria e de energia na paisagem.
- ** A agricultura precisa se adaptar às mudanças climáticas.

* A atividade agrícola atual gera condições de superfície e subsuperfície que alteram os fluxos de matéria e de energia na paisagem



Menor amplitude das vazões e umidade ao longo do tempo



Maior amplitude das vazões e umidade ao longo do ano

Os solos apresentam funções que vão além da produção de alimentos , por exemplo:

- Armazenamento de água no solo;
- Controle de enchentes e enxurradas;
- Recarga dos aquíferos;
- Melhoria da qualidade dos rios e aquíferos;
- Ciclagem de nutrientes;
- Habitat de organismos e fonte de recursos genéticos
- Possibilitar a troca de gases
- Sequestro de carbono; ...



Como explicar
a “crescente?” produtividade atual *versus*
a decadente produtividade potencial do solo (Hillel, 1992)?

Princípios da Conservação de Solo

Proteger o solo do
impacto das
gotas da chuva

Aumentar o
conteúdo de
matéria orgânica no
solo

Maximizar a taxa
de infiltração de
água no
solo

Controlar o volume
e a velocidade do
escoamento
superficial

Princípios da Conservação de Solo

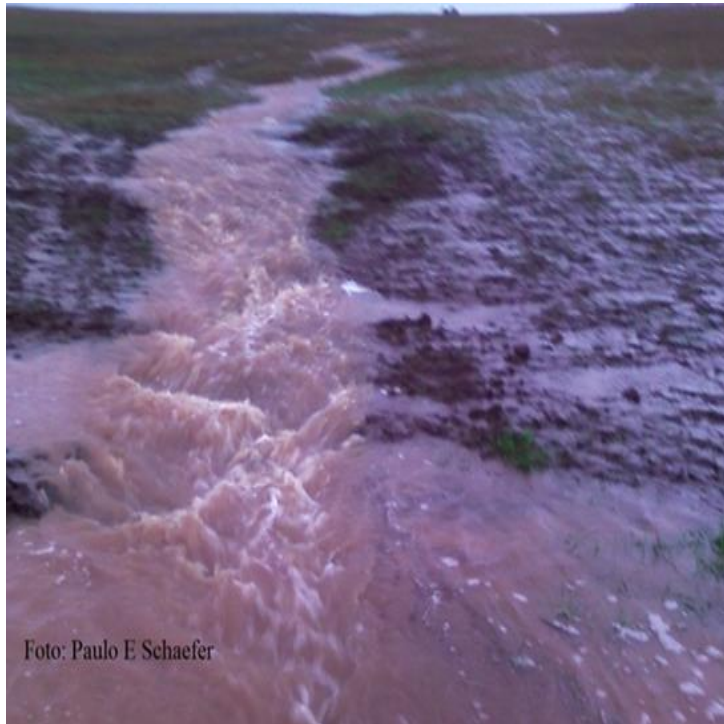


Cultivo conservacionista

≠

Agricultura Conservacionista

Uma consequência da negligência de alguns princípios conservacionistas tem sido formação de escoamento superficial e os seus processos associados



**** A agricultura precisa se adaptar às mudanças climáticas**

Quais as imposições atuais do clima?



- **Chuvas de maior volume e intensidade**
- **Estiagens mais frequentes e severas**
- **Temperaturas elevadas**

Quais as adaptações necessárias, por exemplo?

- **Maximizar o armazenamento de água no solo**
- **Disciplinar a retirada do excesso de água das lavouras**



Ainda sabemos pouco da dinâmica da água no atual sistema de produção e como isso afeta outros processos (erosão, transferência de solutos, etc.)

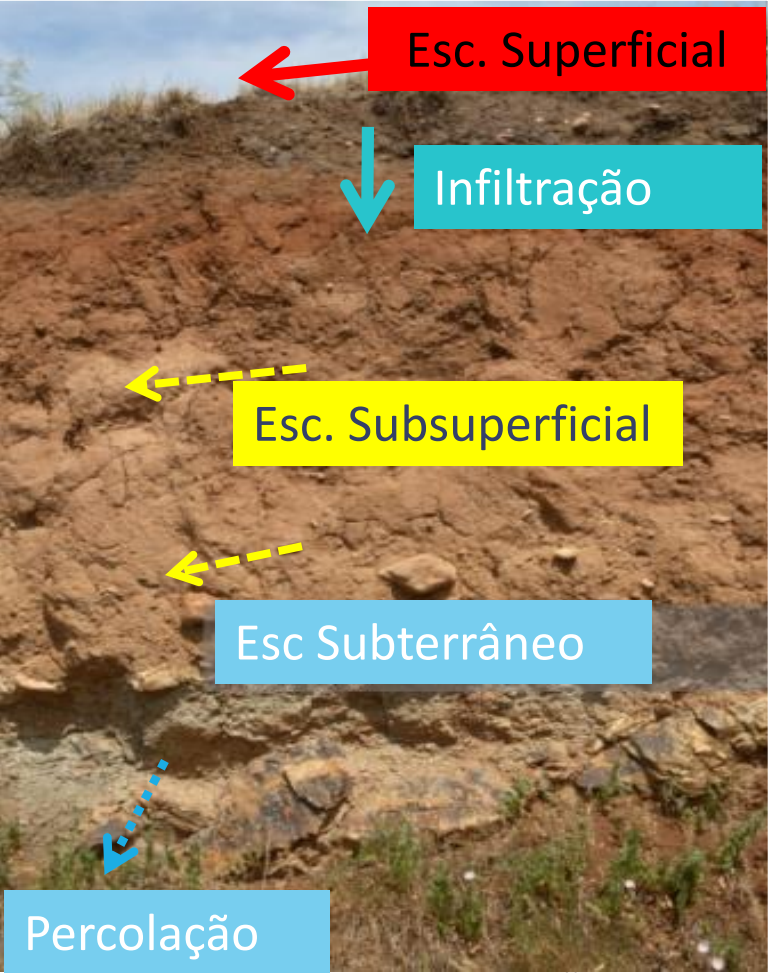


Foto: Dr. Mari Miller



Ainda sabemos pouco da dinâmica da água no atual sistema de produção e como isso afeta outros processos (erosão, transferência de solutos, etc.)

A medição dos processos de degradação do solo e da água é fortemente dependente da escala em que é avaliada!



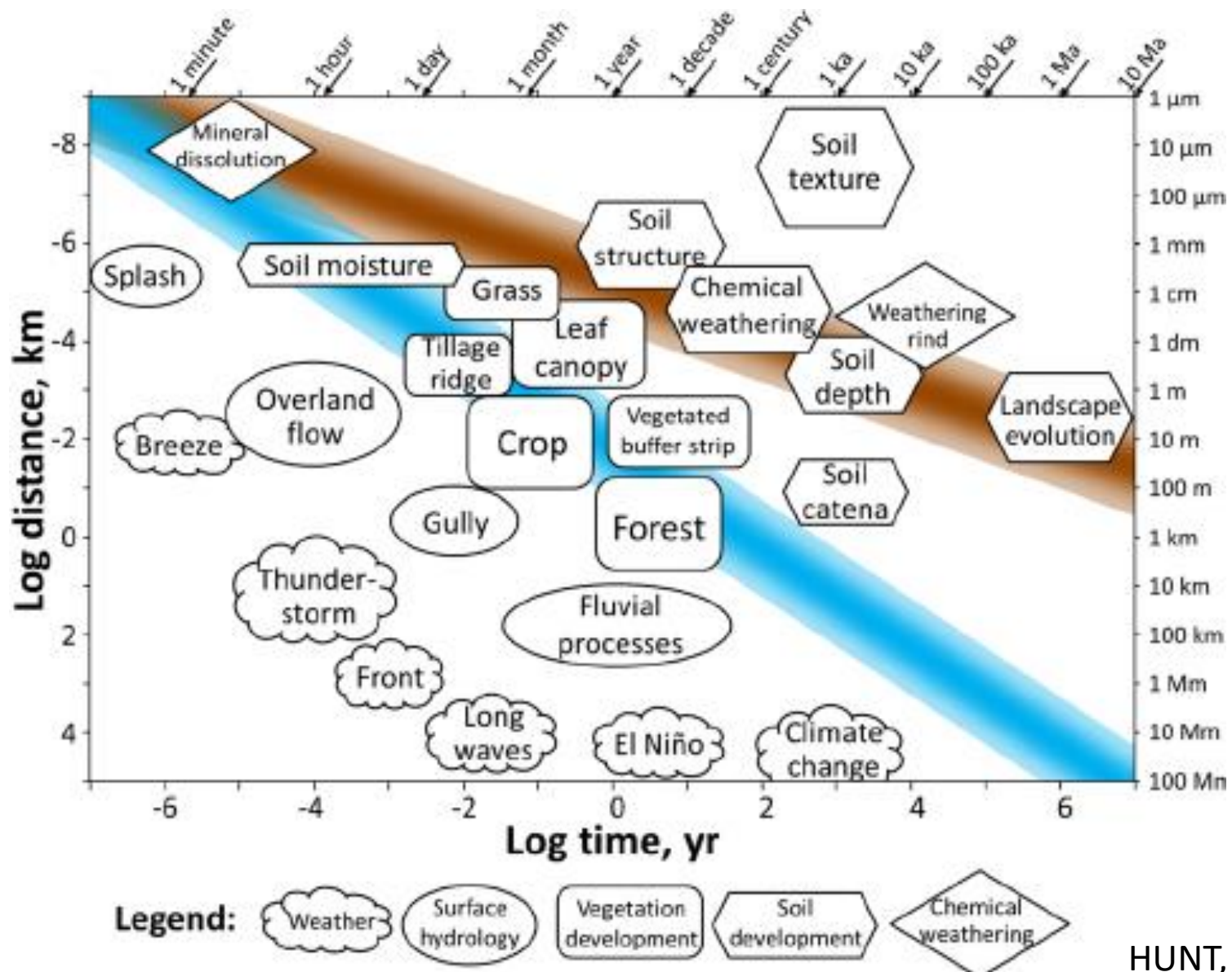
Camada?
Perfil?
Parcela?
Encosta?
Bacia (0, 1^a, ..., 5^a ordem)?

Quais as variáveis?
Quais os parâmetros?

Variabilidade espacial
Variabilidade temporal

Perdas totais
Dinâmica interna

A escolha da escala espacial e temporal



A definição dos objetivos e o efeito “escala”



0,6 m²

upscaling



3000 m²



6 ha



16,6 ha



1,2 km²



2000 km²



downscaling

O aumento de escala incorpora um número maior de processos!

Parcelas ($\times 10^1 - 10^4 \text{ m}^2$)

- Fases iniciais da erosão
- Formação do escoamento
- Propagação do escoamento
- Efeito do manejo
 - Cobertura
 - Solos
 - Práticas mecânicas
- Parametrização de modelos



Área Experimental FEPAGRO em Júlio de Castilhos/RS
. Parceria FEPAGRO/UFSM

Pequenas Bacias ($\times 10^1$ - 10^3 ha)

- Efeito do uso e manejo na dinâmica hidrológica;
- “Produção” da água
- (Des)conectividade entre os processos na encosta e rio
- Geração, mobilização e transferência dos sedimentos e poluentes na paisagem;
- Modelagem de base física;
- Avaliação de áreas hidrologicamente frágeis;
- Impacto de eventos extremos.
- ...



Grandes Bacias (x 10¹-10³ km²)

- Impacto da agricultura nos recursos hídricos;
- Identificação da origem dos sedimentos e poluentes;
- Representatividade regional;
- Efeito do planejamento agrícola e de ocupação do solo;
- Importância de áreas hidrologicamente frágeis;
- Simulação de cenários favoráveis e desfavoráveis.
- Modelos conceituais e empíricos



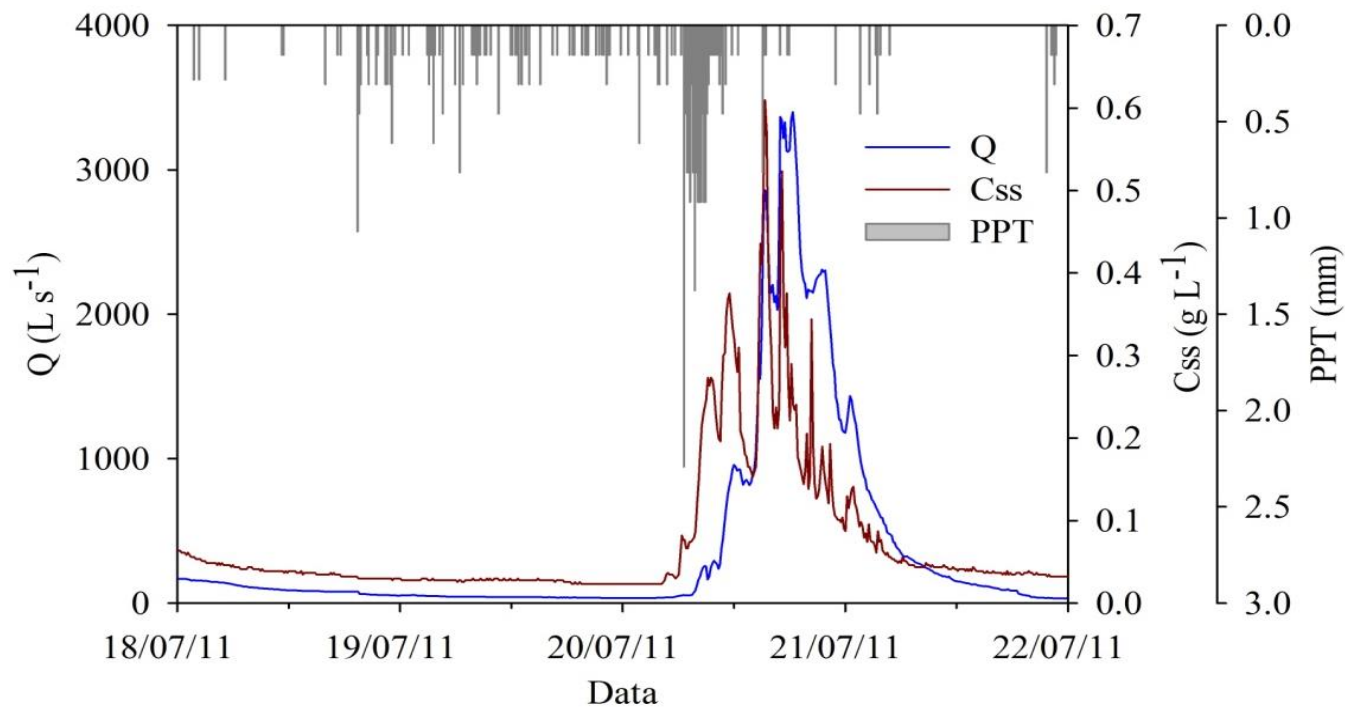
Arvorezinha (120 ha)
Fumo, encosta do
planalto do RS



Q estiagem: 8 l/s
SSC: 40 mg/l
Tempo: 90%



Q pico: 3000 l/s
CSS: 3000 mg/l
Tempo: 1%



Como o comportamento da vazão e dos sedimentos refletem o uso e o manejo dos solos?

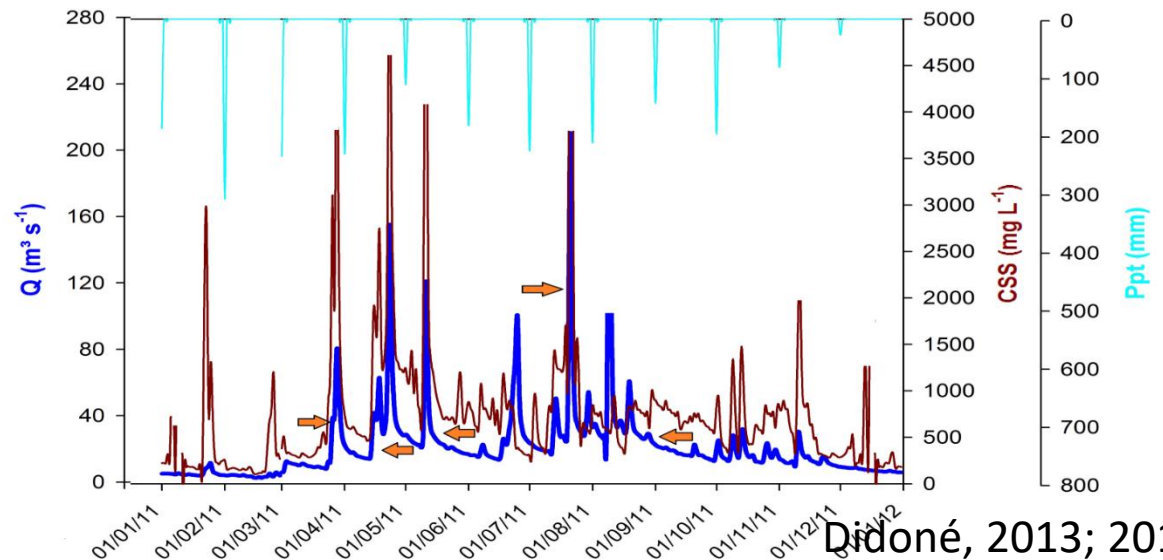
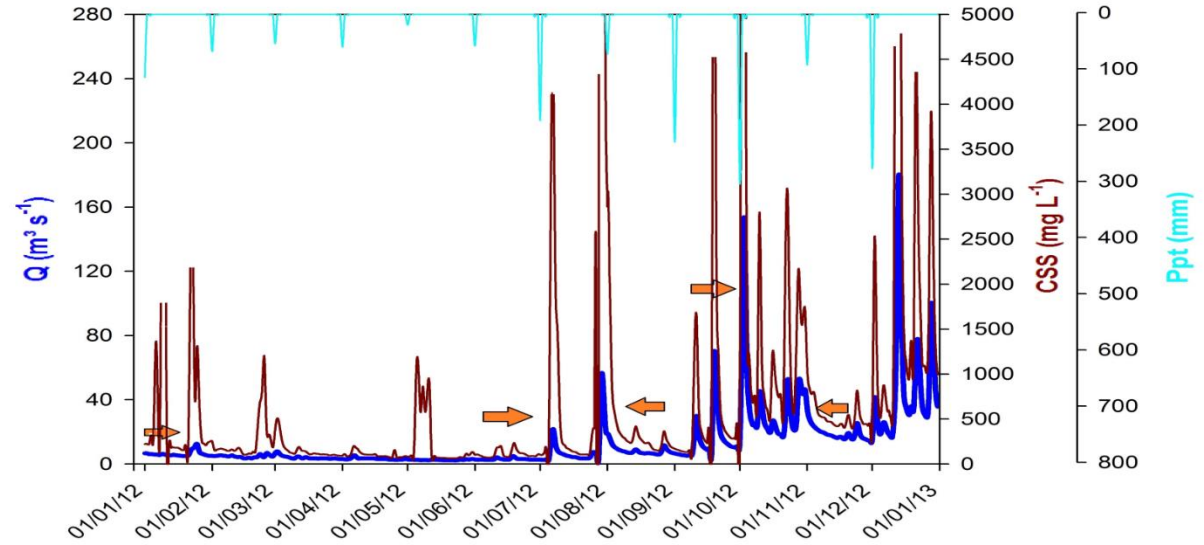
Rio Conceição (800km²)
Grãos, planalto RS



Estiagem: cota ~ 1m



Cheia: cota ~ 7m



Didoné, 2013; 2017)

Alguns resultados de pesquisa: da encosta à bacia

- Macroparcela (0,5ha - encosta)
- Megaparcela (2,4ha – bacia de ordem 0)
- Pequena bacia (1,2 km² – 2º ordem)
- Grande bacia (800 km² – 4º ordem)

Macroparcelas: 0,5ha (~70x80m)



Objetivo: Compreender a influência da adição de fitomassa e da escarificação no controle do escoamento superficial.

D. Deuschle (2016)
F. Schneider (2017)



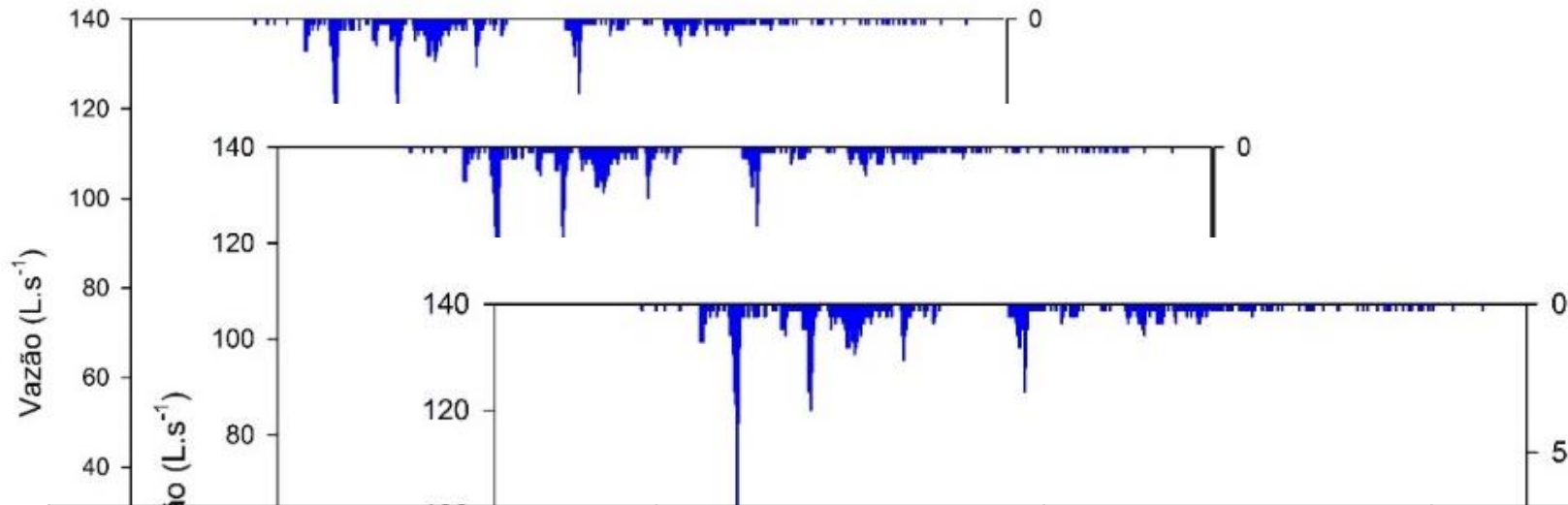
Efeito da adição de fitomassa

Alta fitomassa > 20 t ano	3 e 4
Média fitomassa = 15 t ano	5 e 6
Baixa fitomassa < 7 t ano	1 e 2

Efeito da escarificação

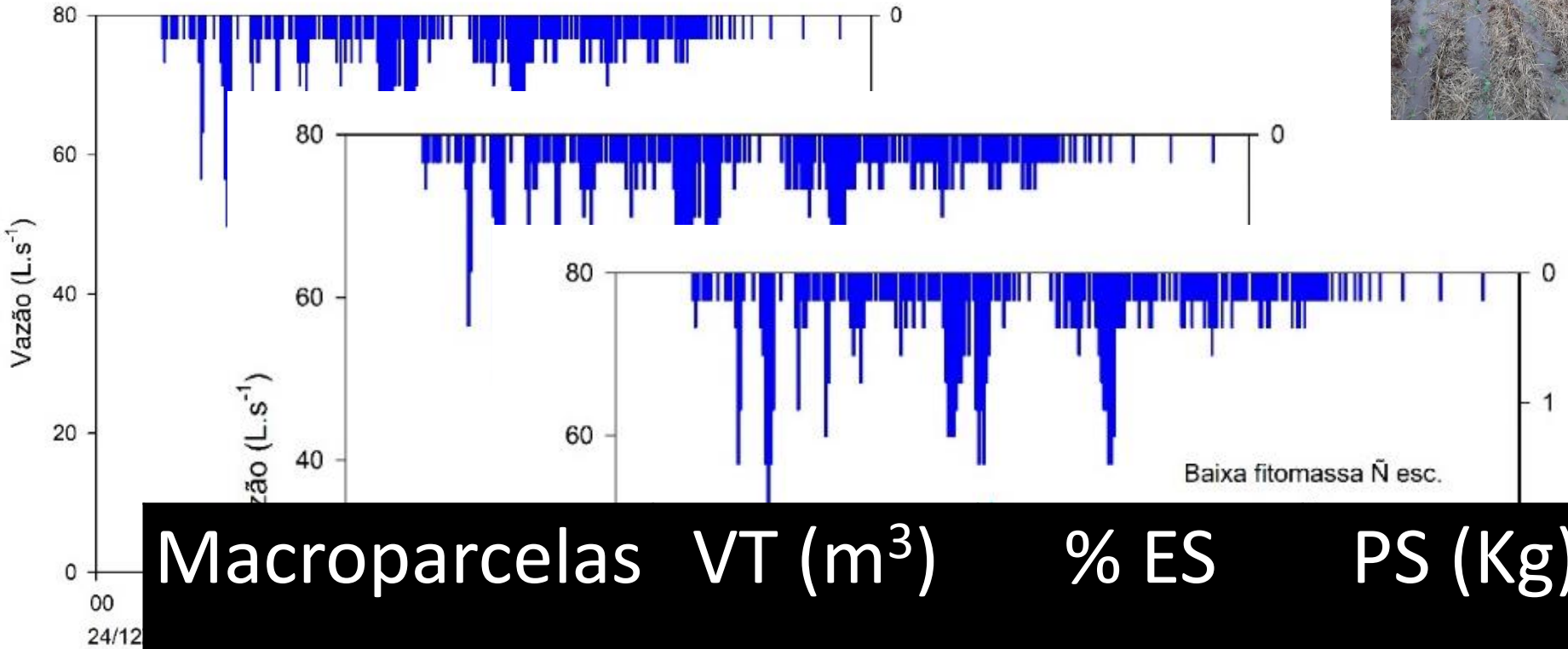
Escarificados	1, 3 e 5
Não escarificados	2, 4 e 6

Evento extremo 08/10/2015 – 165 mm
Umidade antecedente- 35 mm



Macroparcela	VT (m ³)	% ES	PS (Kg)
M1	318	32	24,76
M2	386	41	48,07
M3	329	32	11,94
M4	364	39	12,6

Evento 24/12/2015 – 85 mm
 Umidade antecedente – 133 mm



Macroparcelas	VT (m ³)	% ES	PS (Kg)
---------------	----------------------	------	---------

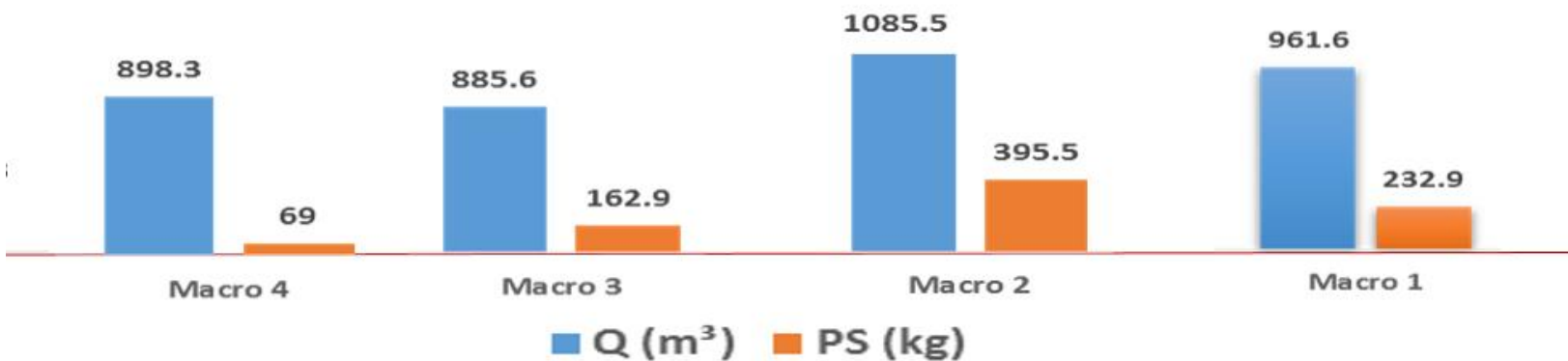
M1	287	55	69
M2	307	62	126
M3	235	43	54
M4	207	42	21



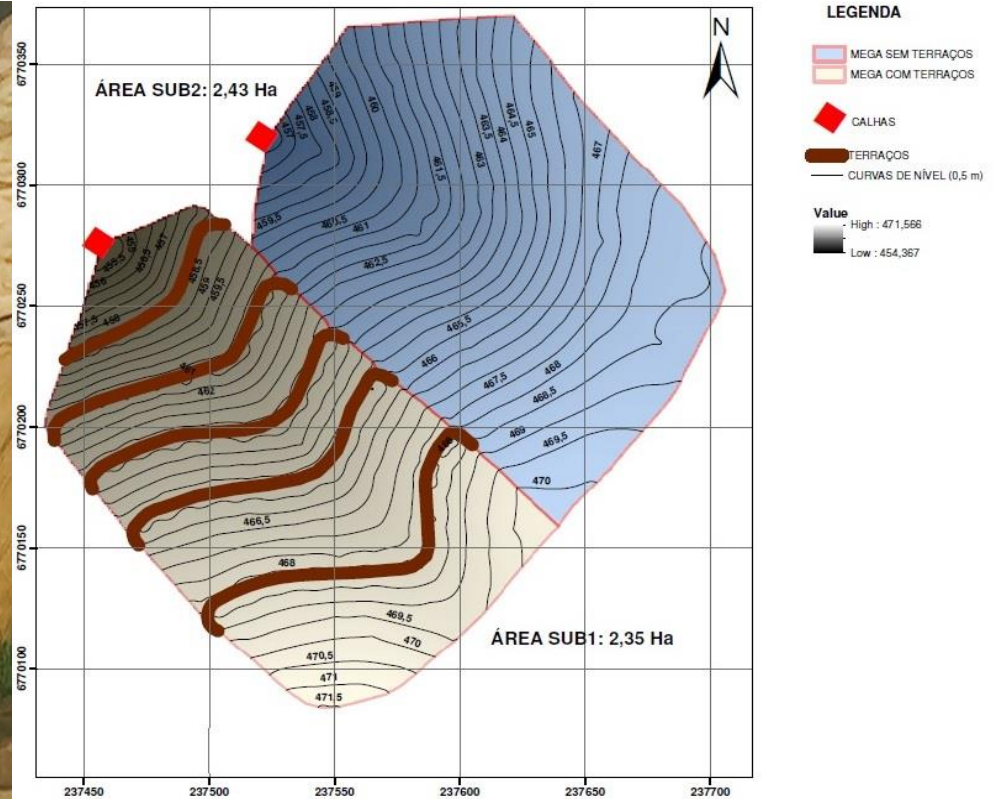
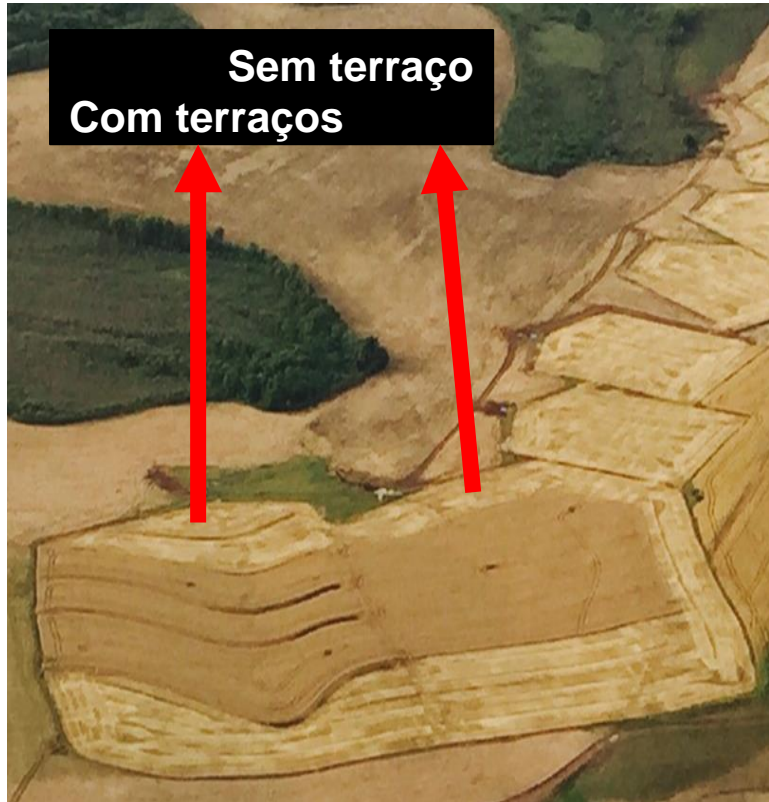
Precipitação no período: 533mm



Adição de fitomassa



Megaparcelas: 2,4ha (bacia de ordem 0)



A. Londero (2015)
F. Schneider (2017)

Objetivo: Compreender a influência da presença e ausência práticas mecânicas de escoamento superficial.

Bacia sem terraço



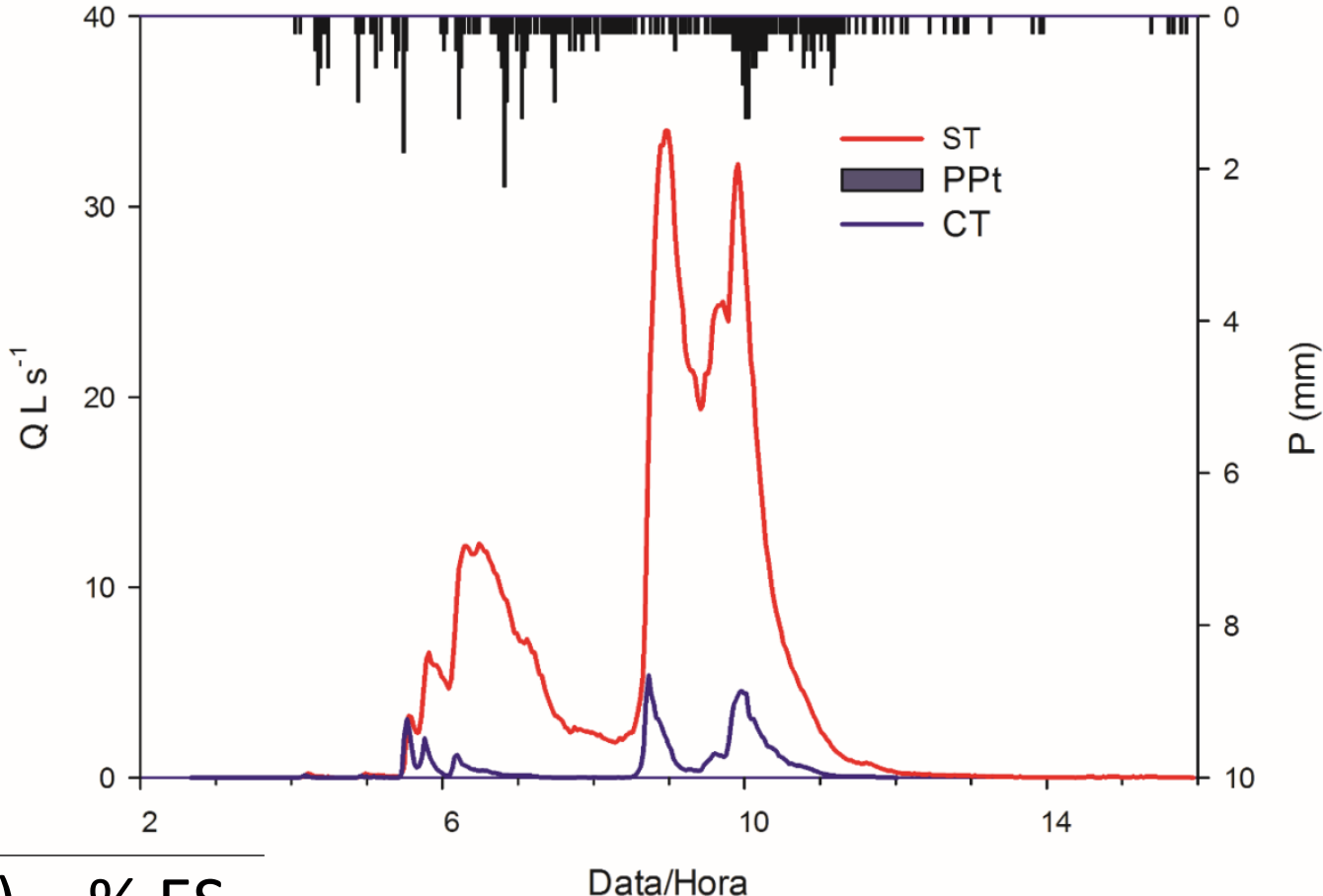
Bacia com terraço



X



Evento 20/07/2015 – 65 mm

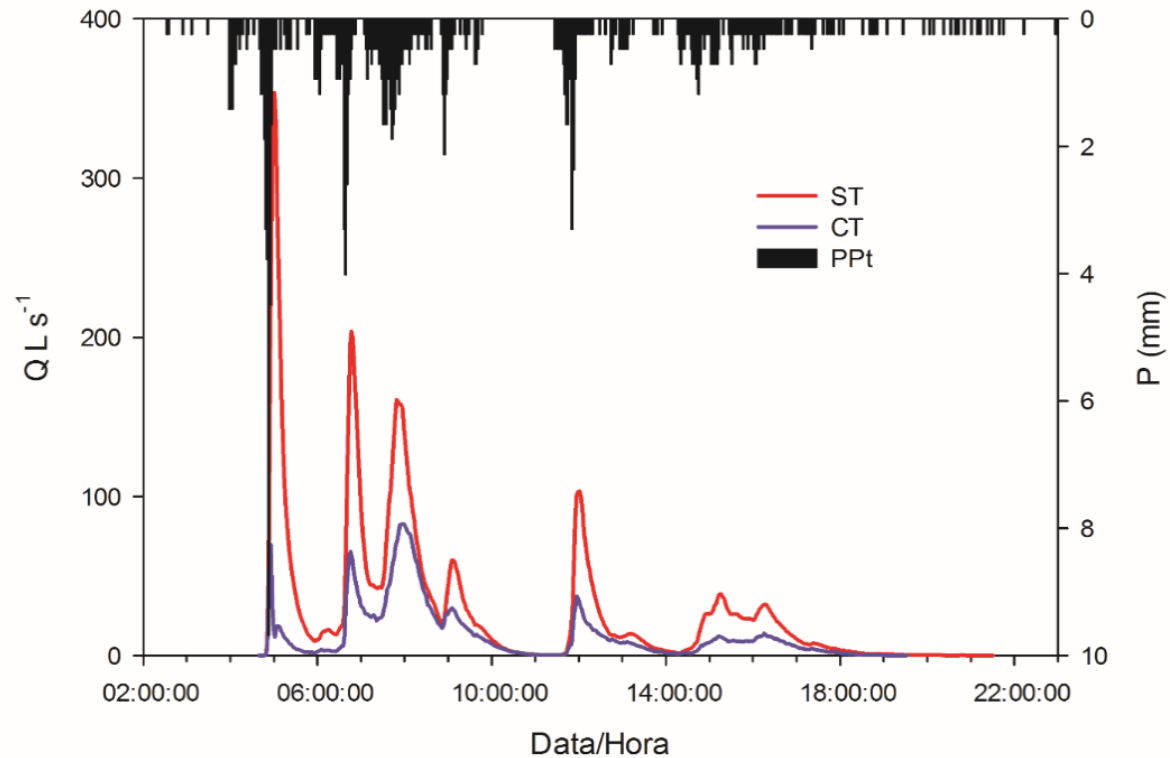


Bacias	VT (m^3)	% ES
ST	226,5	15
CT	18,5	1,2

Estratégia: quantificar as respostas durante eventos significativos



Evento extremo 08/10/2015 – 165 mm



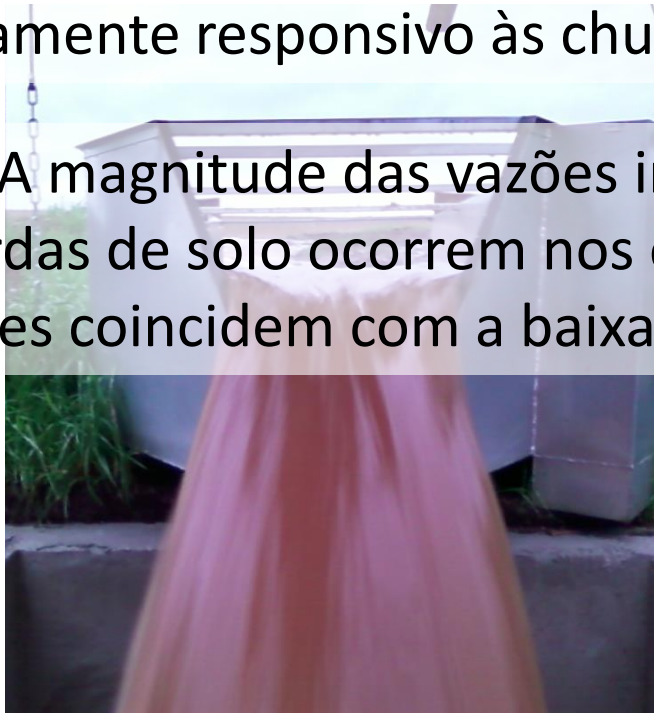
Bacias	VT (m^3)	% ES
ST	1722	44
CT	686	18

RESUMINDO

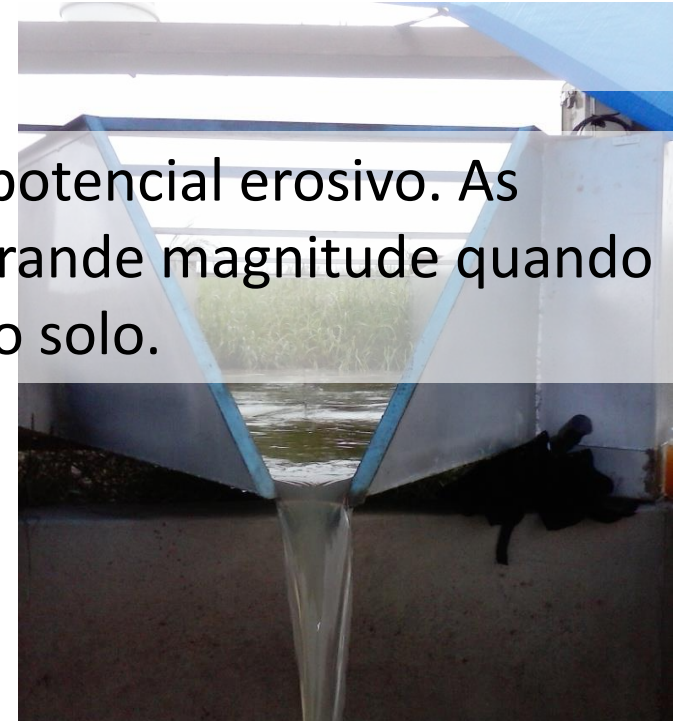
1- O uso do terraçamento reduziu em quase 90% o volume de escoamento superficial e 80% a vazão máxima.

2- O elevado coeficiente de escoamento indica um desequilíbrio hidrológico. Os hidrogramas demonstram um comportamento altamente responsivo às chuvas.

3 - A magnitude das vazões indicam alto potencial erosivo. As perdas de solo ocorrem nos eventos de grande magnitude quando esses coincidem com a baixa cobertura do solo.



Bacia sem terraço



Bacia com terraço

Modelagem

1ª etapa - teste e calibração de modelos

2ª etapa – análise dos processos hidrológicos e erosivos

3ª etapa - análise de cenários de cobertura, manejo de solo e de gleba

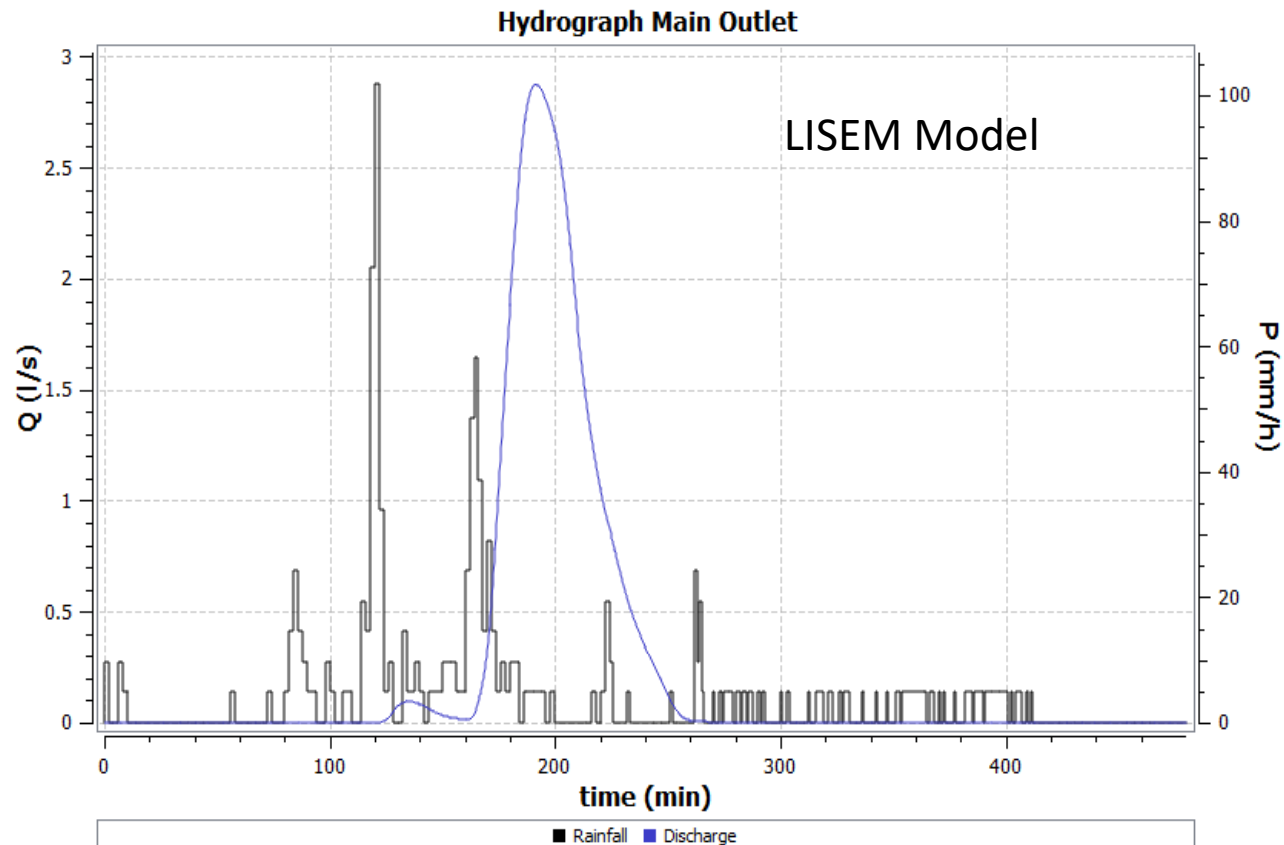
Size			
time (min)	479.667	End time (min)	480.000
Cellsize (m)	1.000	Catchment (ha)	2.441

Water			
Rain tot (mm)	34.057	Q/P (%)	0.864
Interception (mm)	0.009	peak time P (min)	120.33
Infil (mm)	33.754	peak time Q (min)	191.33
Surface Store (mm)	0.000	Qpeak (l/s)	2.87
Runoff (ind chan) (mm)	0.000	Flood tot (mm)	0.000
Qtot (mm)	0.294	Mass Bal Er (%)	-6.612e-04

Sediment			
Slope	Channel		
Splash (ton)	Detachment (ton)	0	0
Flow detachment (ton)	Deposition (ton)	0	0
Deposition (ton)	Sed in flow (ton)	0	0
Sediment in flow (ton)	Mass Bal Er (%)	0	0

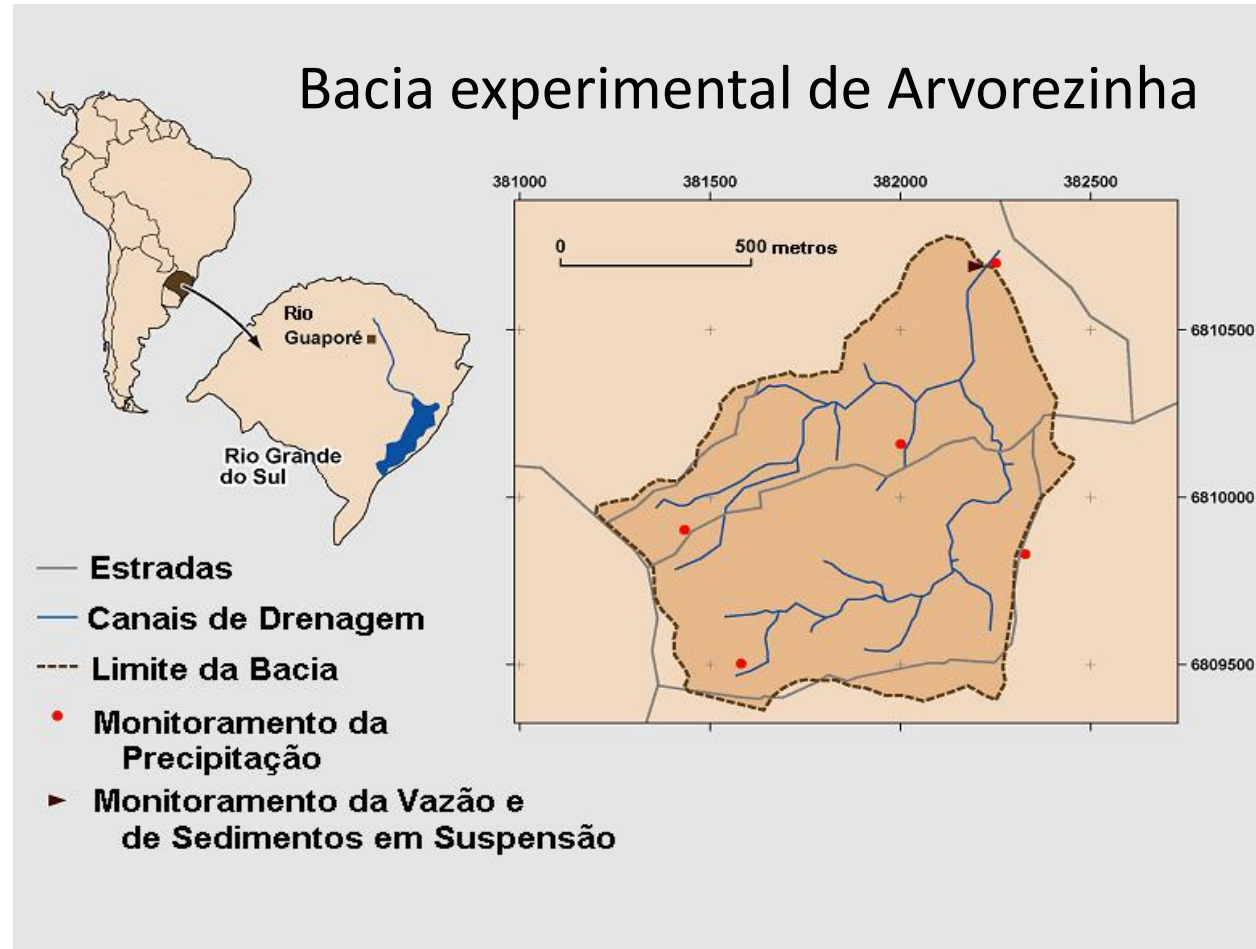
Catchment outlet			
Q (l/s)	Soil loss (kg/ha)	0	0
Total discharge (m3)	Soil loss (ton)	7.16	0
	Sed. Del. Ratio (%)		0

Sub-catchment			
Qtot (m3)	Soil loss (ton)	0	0
Q (l/s)	Qpeak (l/s)	0	0



F. Schneider (2017)

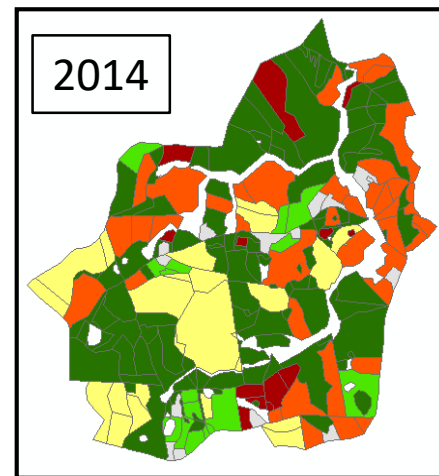
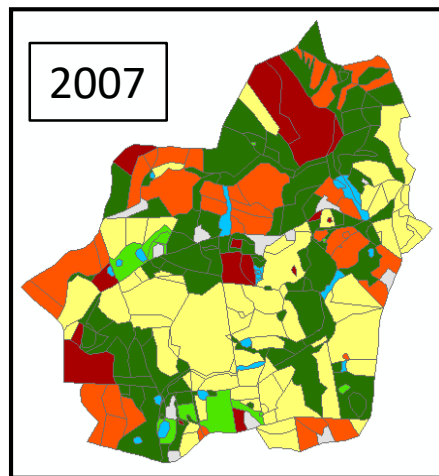
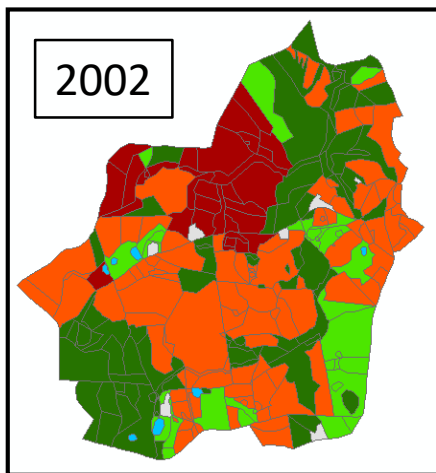
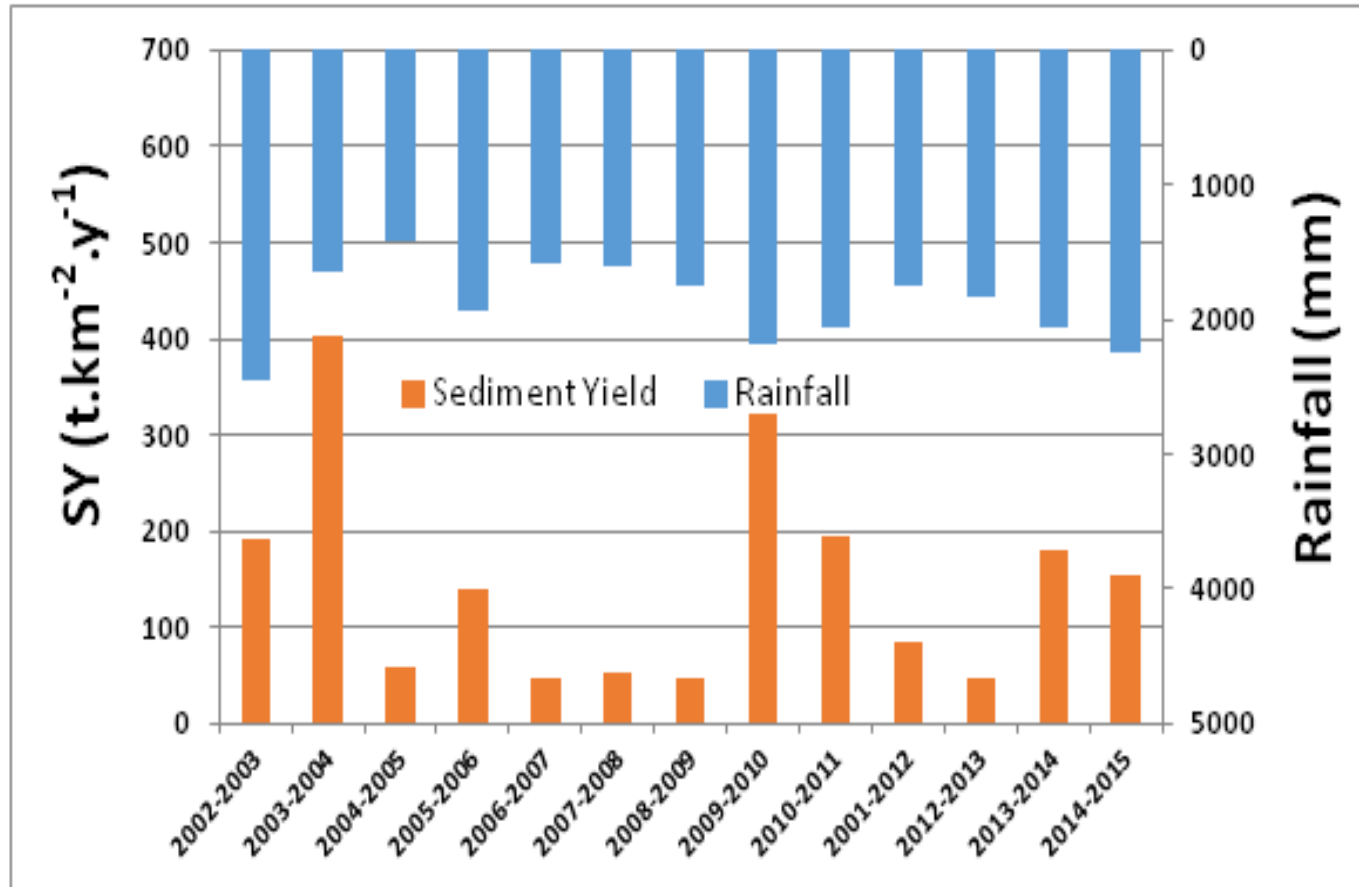
Bacias: 1,2 km² (2ª ordem)



Compreender e descrever o impacto do uso e manejo nos processos hidrológicos e erosivos na escala de bacia.

Produção de Sedimentos ao longo de 13 anos de monitoramento

Desafio: separar o efeito do clima das atividades antrópicas!



- Cultivo Mínimo
- Plantio Convencional
- Pousio
- Pastagens
- Florestas
- Áreas Úmidas
- Sedes/Outros

Identificação da origem dos sedimentos erodidos presentes na rede de drenagem



Lavouras



Canal rios



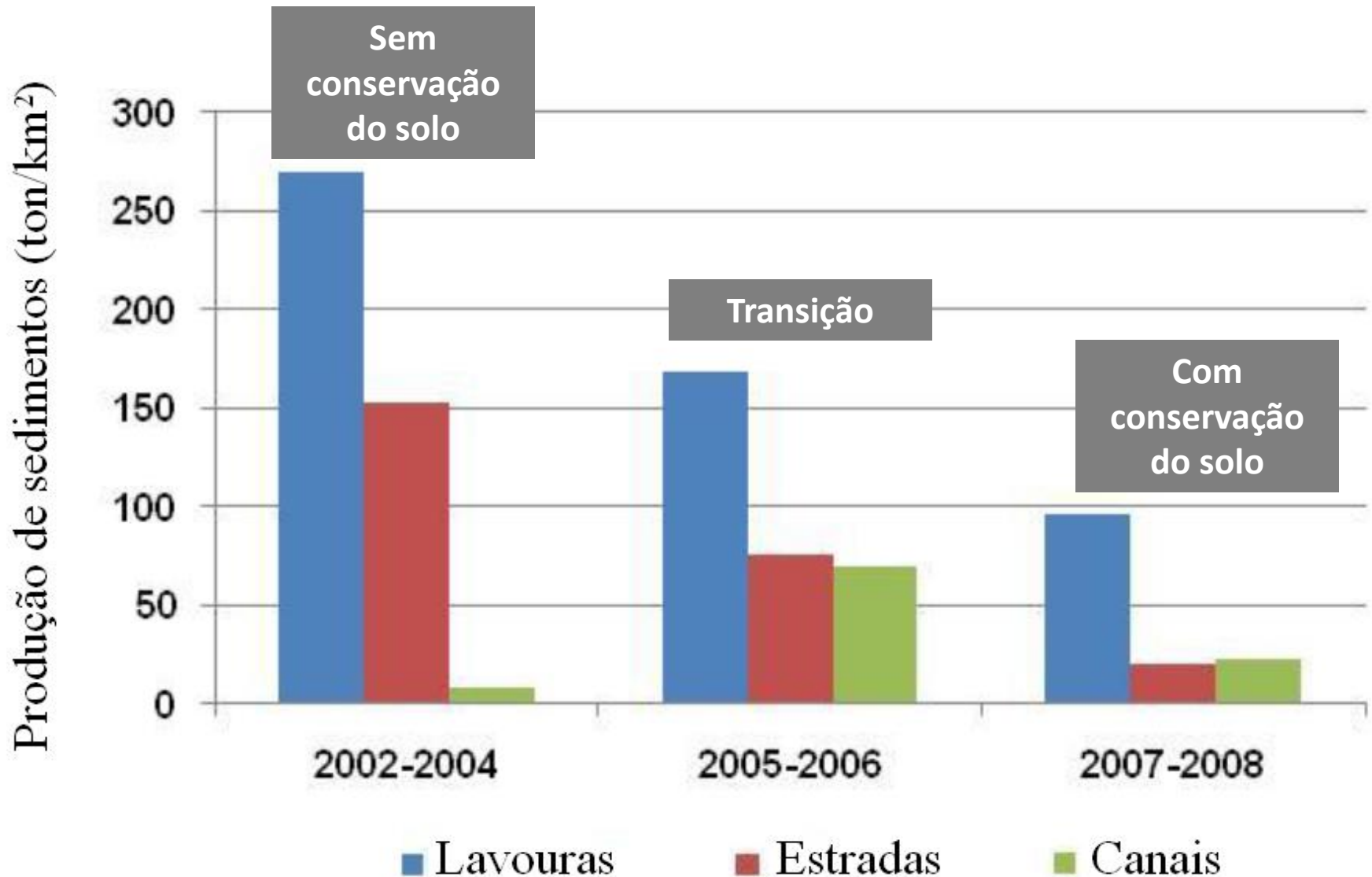
Estradas



Potreiros

Minella (2007)
Tiecher (2015)
Legal (2016)

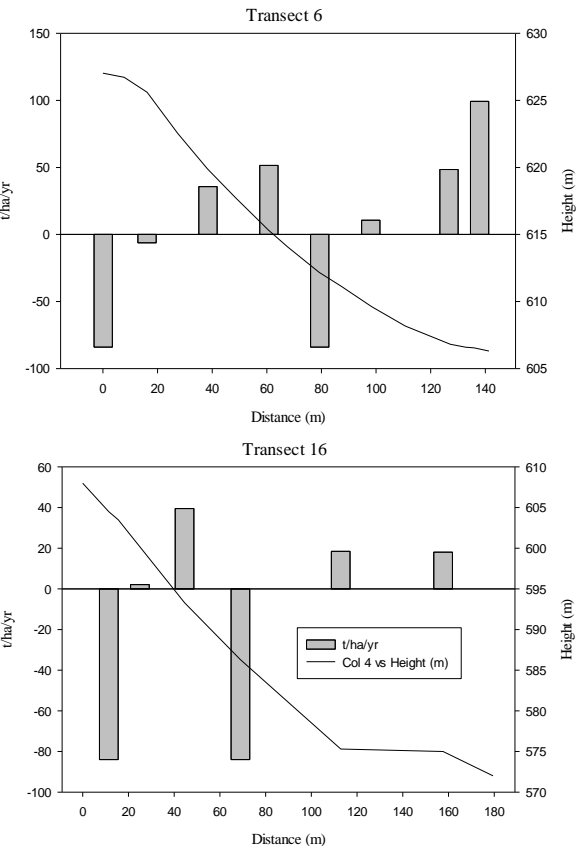
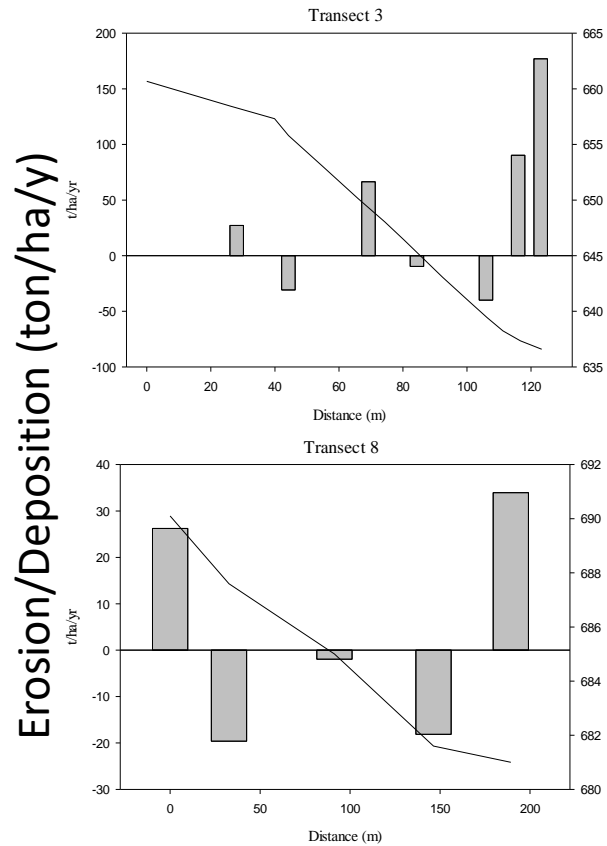
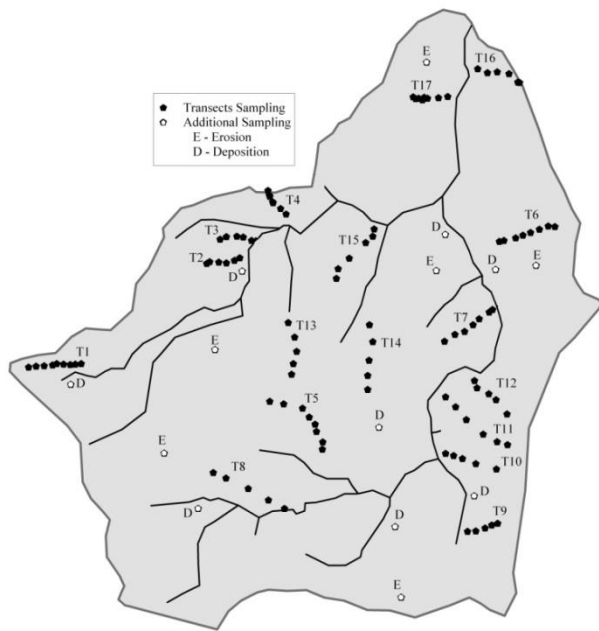
Impacto das medidas de conservação do solo nas fontes de sedimentos



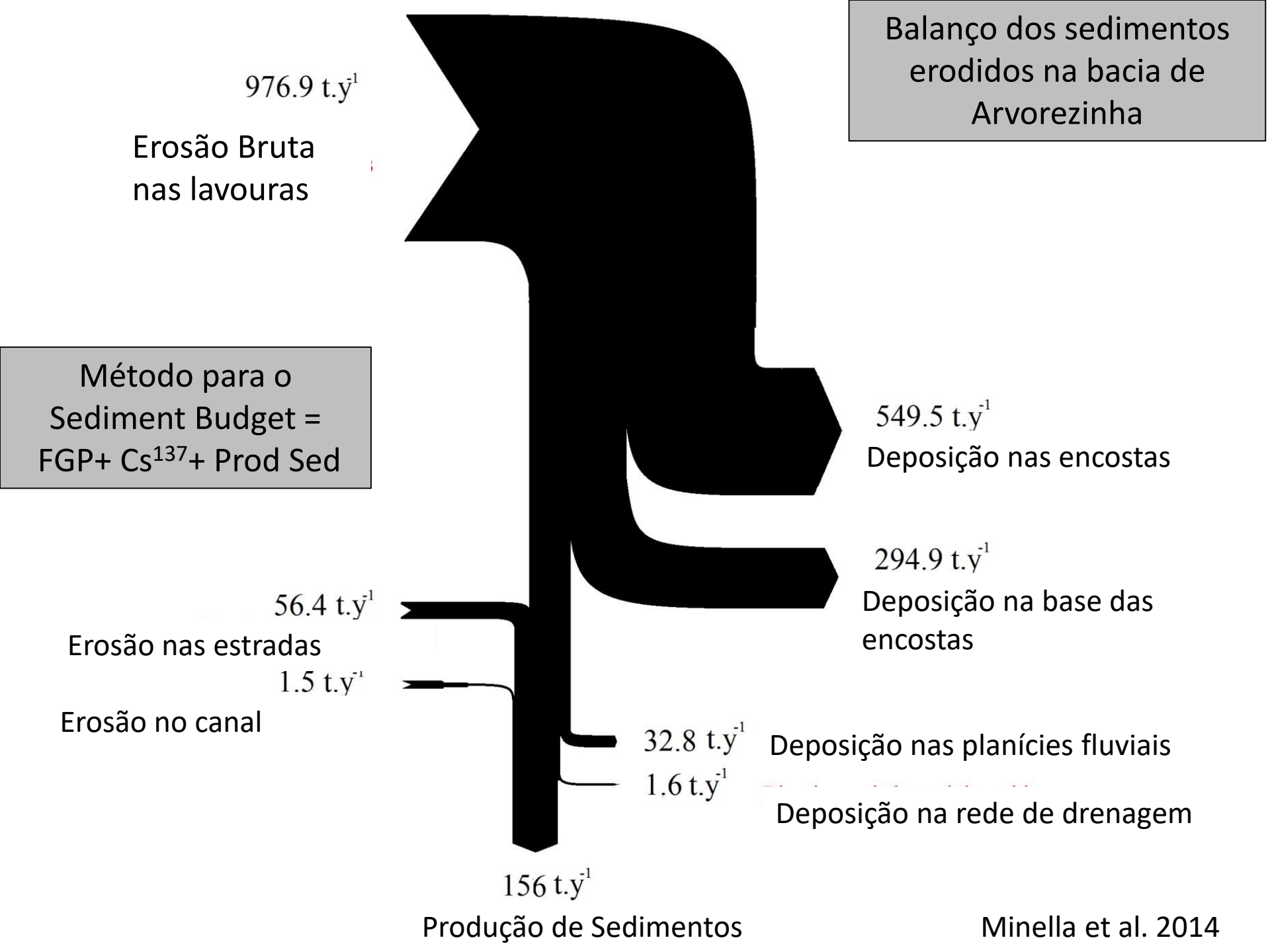
Taxas de erosão e deposição de longo prazo.

Redistribuição de sedimentos nas encostas.

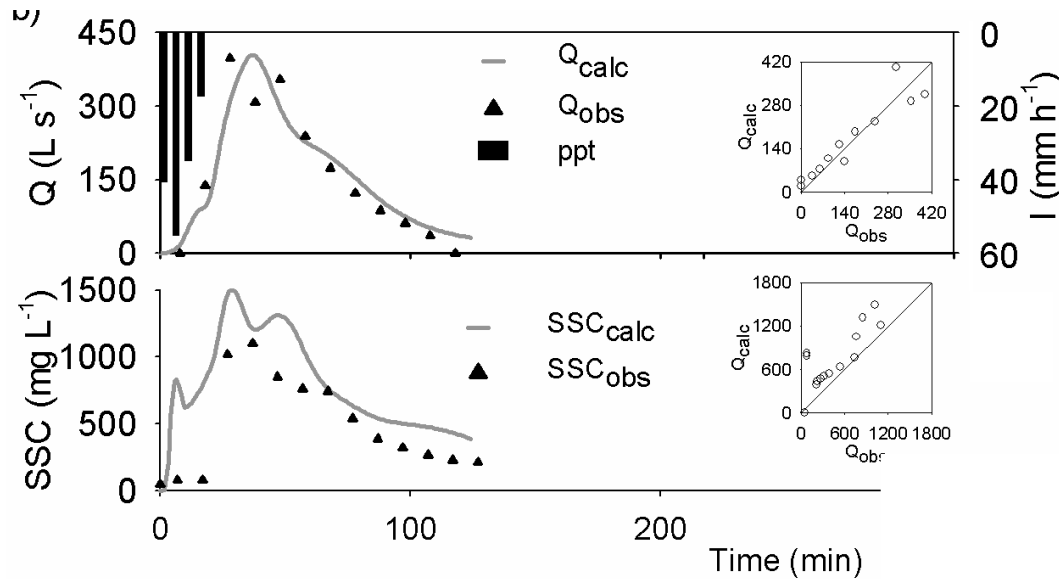
Metodologia: radionuclídeos (^{137}Cs)



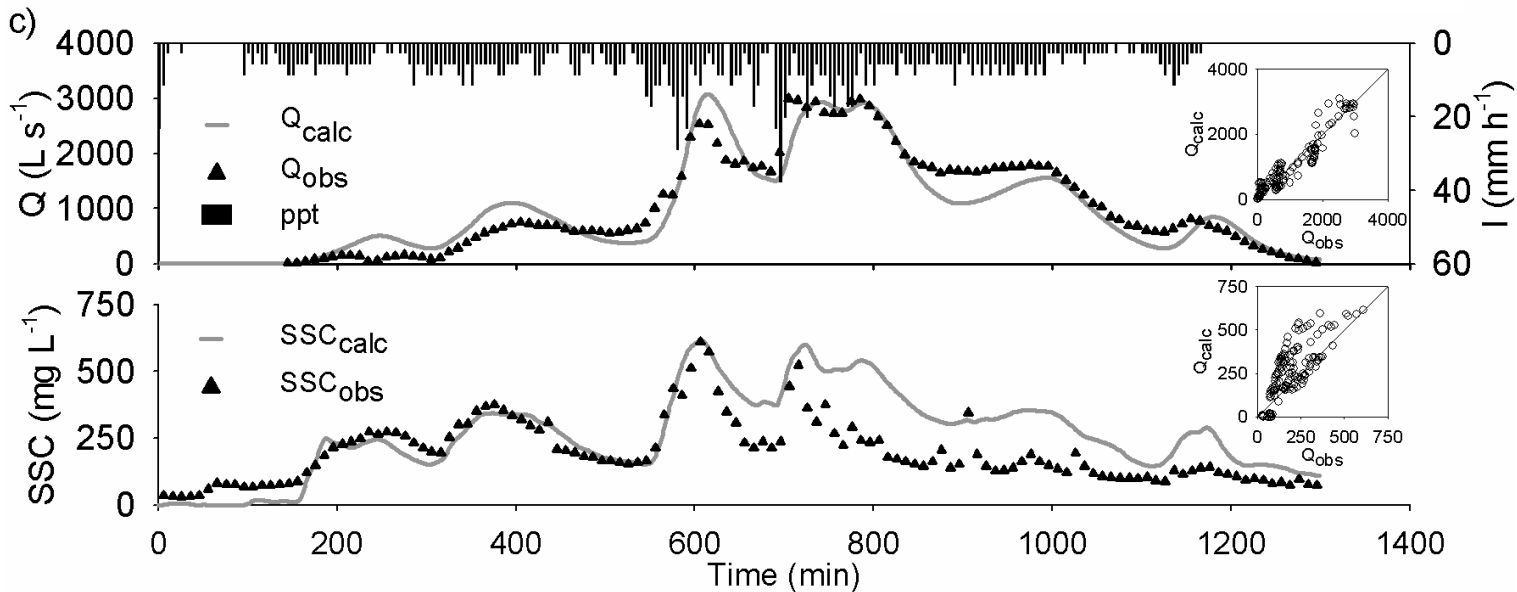
Distance from top (m)



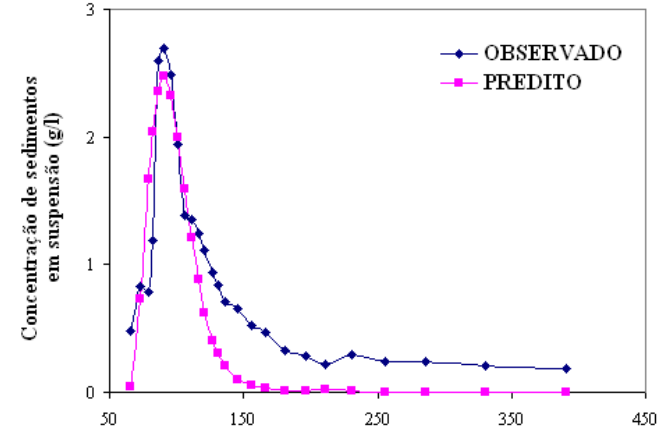
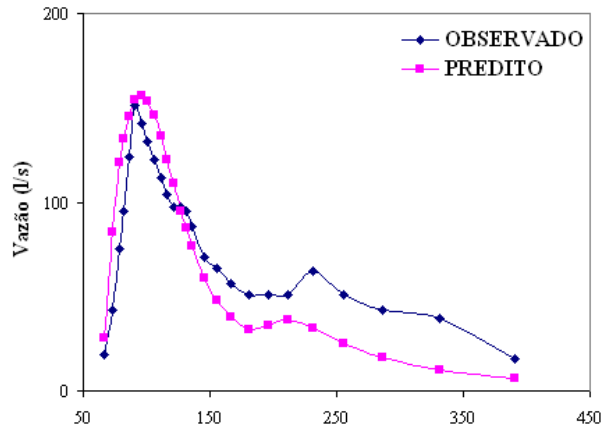
Calibração de modelo hidrológico e erosivo



Teoricamente, após o modelo ter sido testado e calibrado podemos usá-los para avaliar o impacto de diferentes cenários

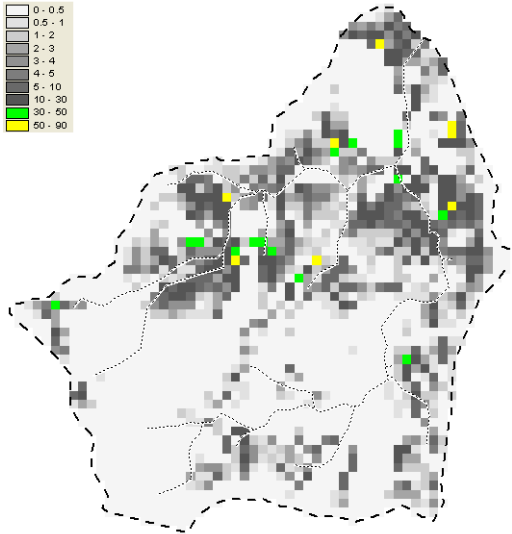


Simulação da vazão e da concentração de sedimentos em suspensão usando o modelo LISEM model

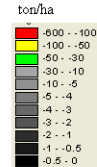


EROSION MAPS

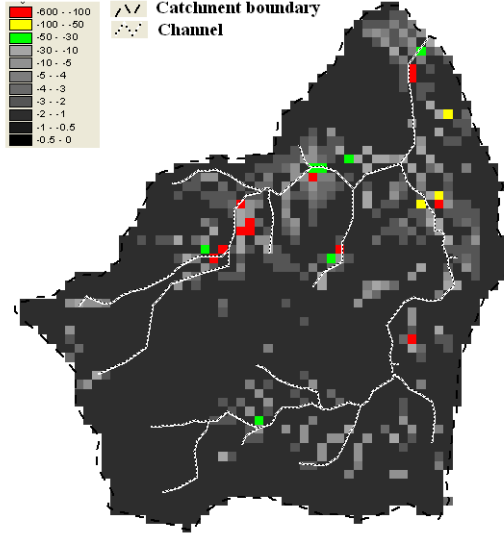
EVENTO 23



DEPOSITION MAPS



— Catchment boundary
--- Channel

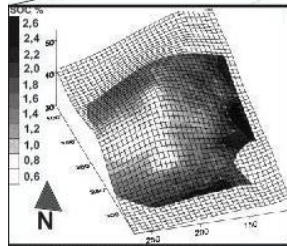


O padrão espacial dos processos erosivos na bacia permite compreender a dinâmica de outros elementos, p.ex. o C

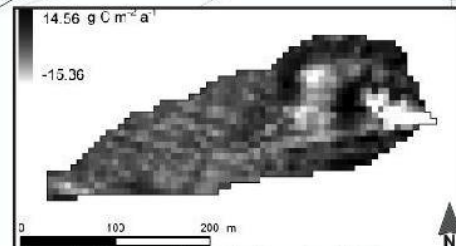
MODELO SPEROS-C

Modelo digital de elevação
Uso do solo e cobertura vegetal
Variáveis de solo: textura, SOC,
profundidade, ^{14}C e Cs^{137} .

SPEROS - C



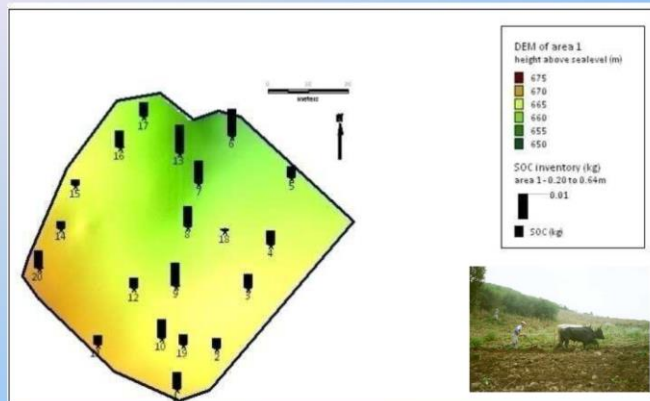
Mapa de inventário de SOC.



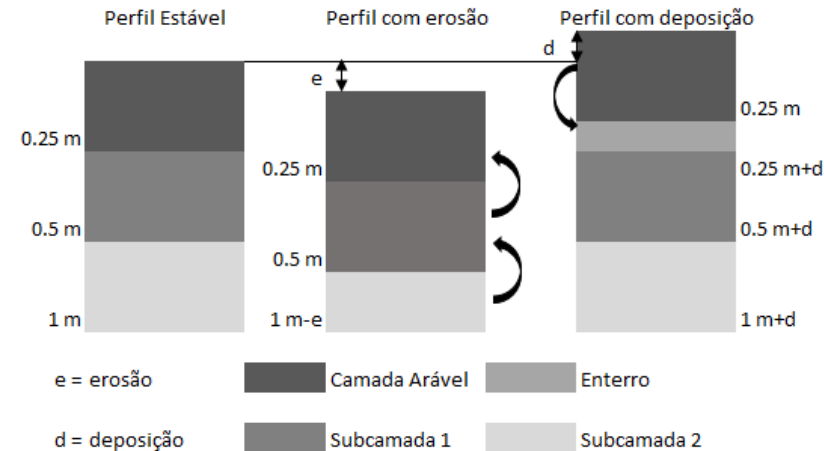
Mapa de fluxos verticais de C em função da redistribuição do solo.



On site effect: high SOC was found in **concave** slopes and low levels in **convex** slopes due to tillage induced erosion.

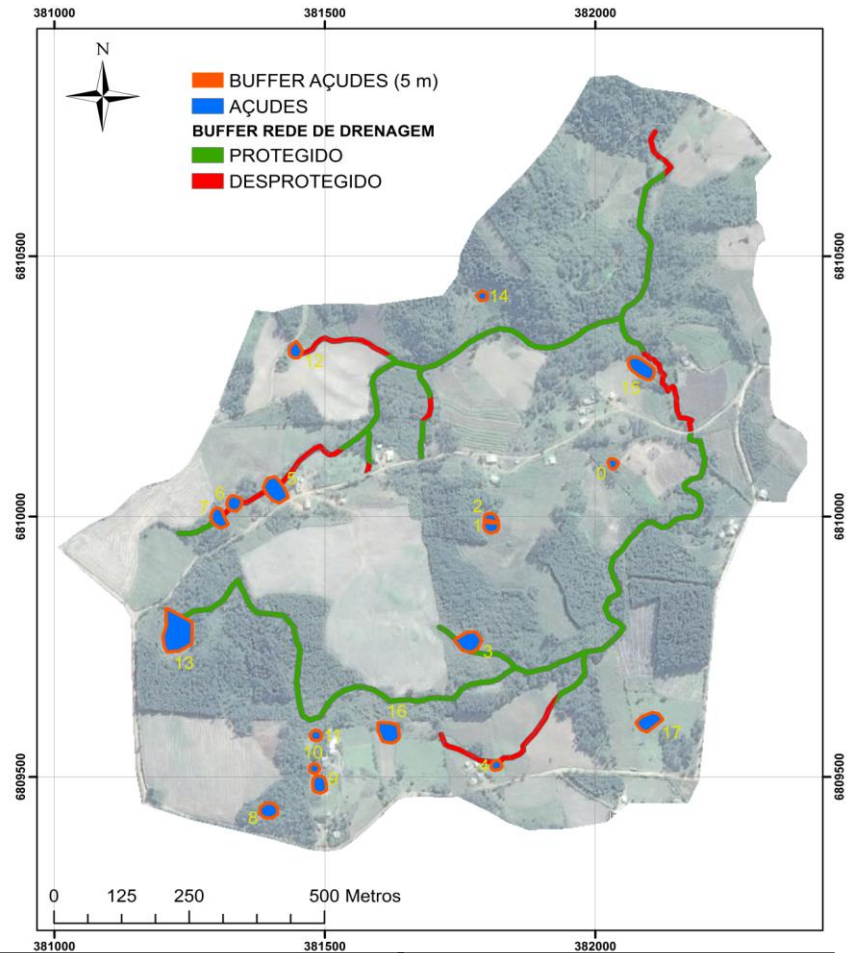
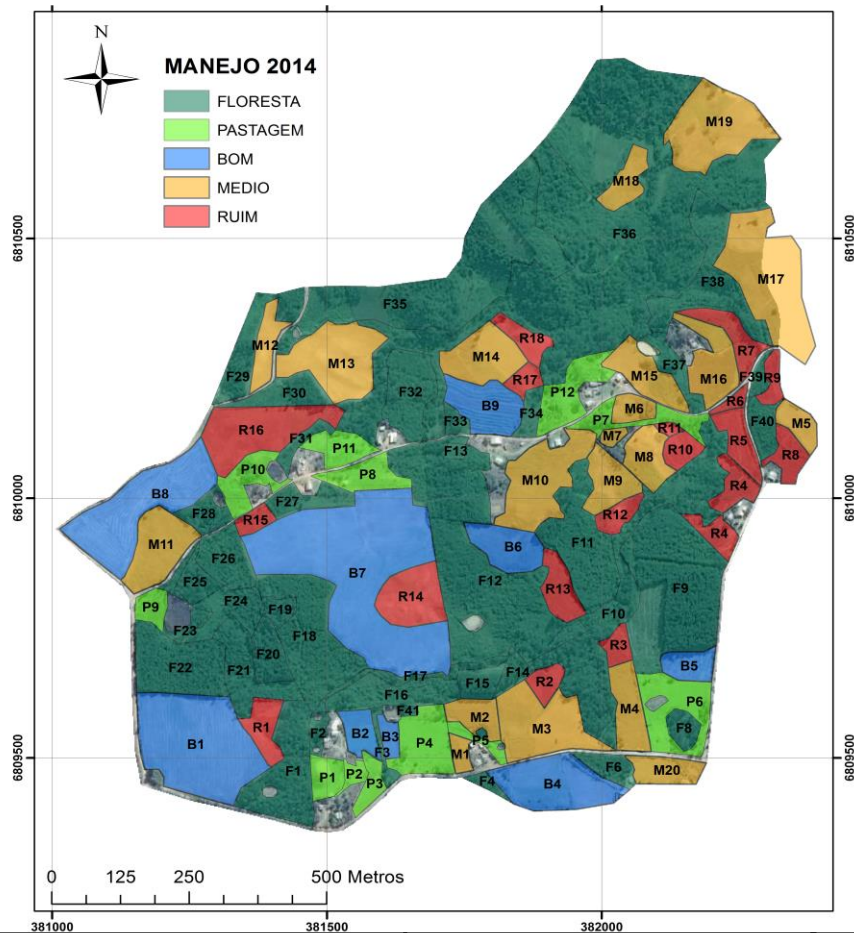


Source: Janssens (2010)



(R. Ramon., 2017)

Planejamento conservacionista



Resultados na escala de Bacia hidrográfica (interesse da sociedade em geral)

Bacia do Rio Conceição (800km²)

Característica da produção de grãos no planalto Meridional



Dados monitorados na bacia do Rio Conceição para os cinco anos

Mês	Ppt (mm)	DSS (kg s ⁻¹)			Vazão (m ³ s ⁻¹)			PS t. km ⁻²
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	
2011	2135.0	31.0	423.5	1.7	290.8	998.3	165.1	119.5
2012	1632.6	18.4	264.7	1.8	161.9	541.2	80.5	73.6
2013	1458.7	9.5	57.5	4.3	218.0	488.0	143.0	36.8
2014	2251.8	20.3	365.3	5.4	379.3	1442.8	186.9	154.4
2015	2470.1	21.2	457.3	7.1	359.5	1051.7	228.6	259.1

PS= Produção de sedimentos

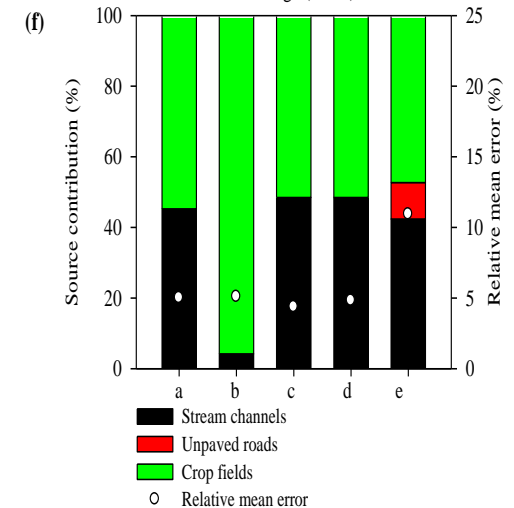
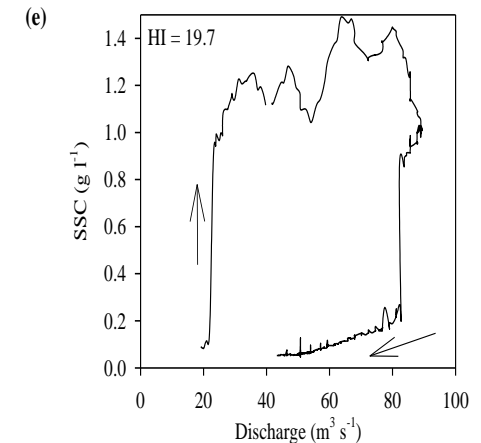
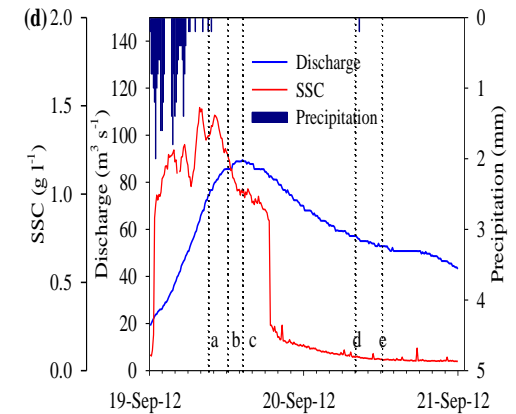
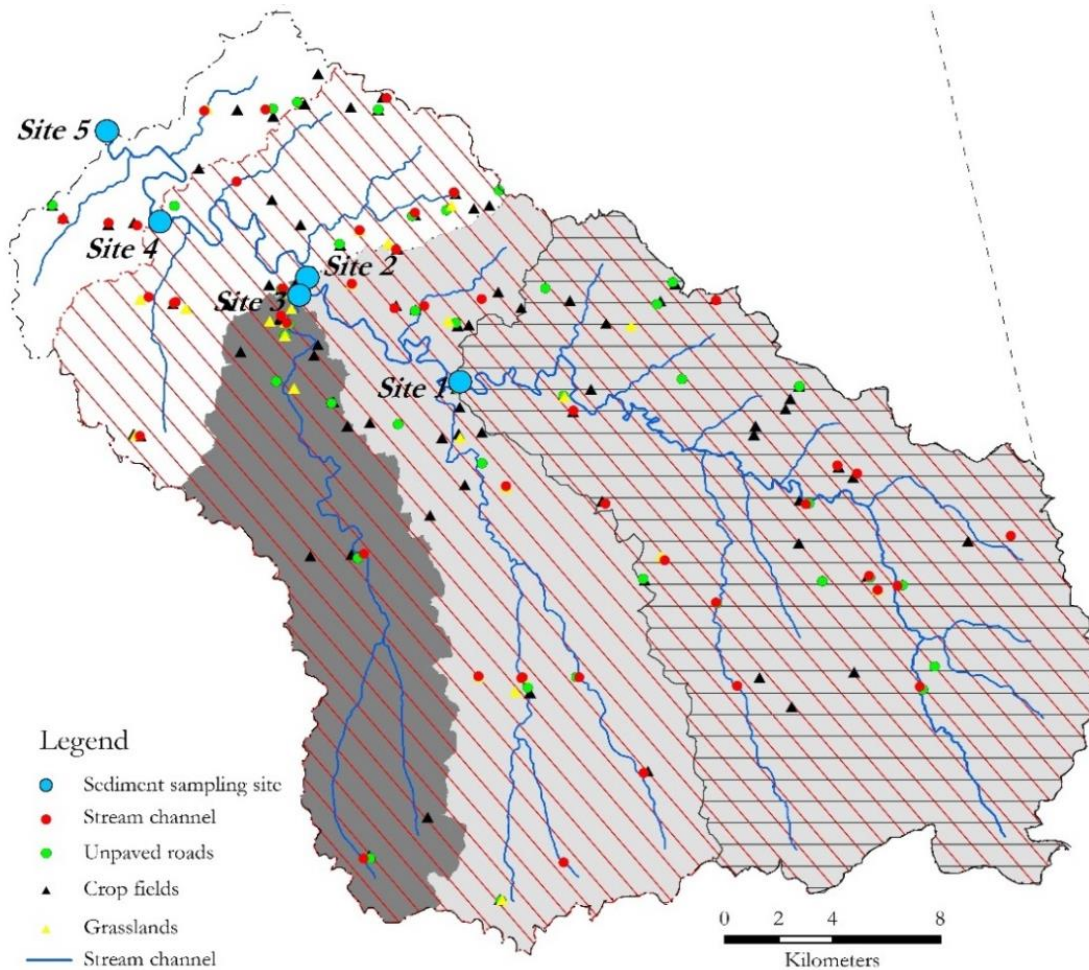
- Produção de sedimentos e nutrientes no Rio Conceição, 800 km², Planalto do RS.
- Relevo suave ondulado, predomínio Latossolos, produção de cereais, plantio direto

	Prec.	Prod. Sed.	P _{tot}	C _{tot}	N _{tot}
Evento	mm		toneladas		
06-08 jul 2012	84	414	0,6	35	9
19-20 set 2012	125	4.316	11,0	246	39
02-04 out 2012	121	6.896	14,7	426	64
22-24 out 2012	47	859	2,1	52	6
22-26 ago 2013	124	723	1,7	49	8
20-22 set 2013	73	386	1,0	22	3
24-25 out 2013	122	160	0,3	7	1

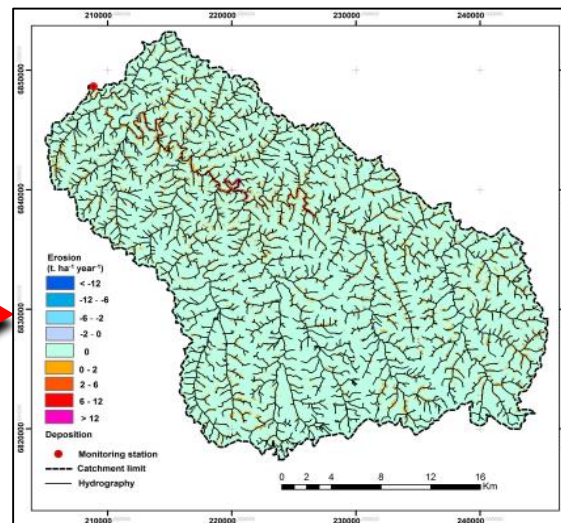
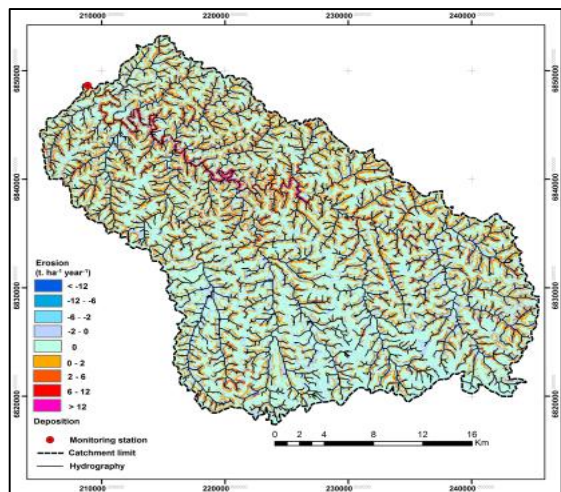
Traçagem da origem dos sedimentos

Onde devemos investir tempo e dinheiro?

Estradas? Lavouras? Rede de drenagem?

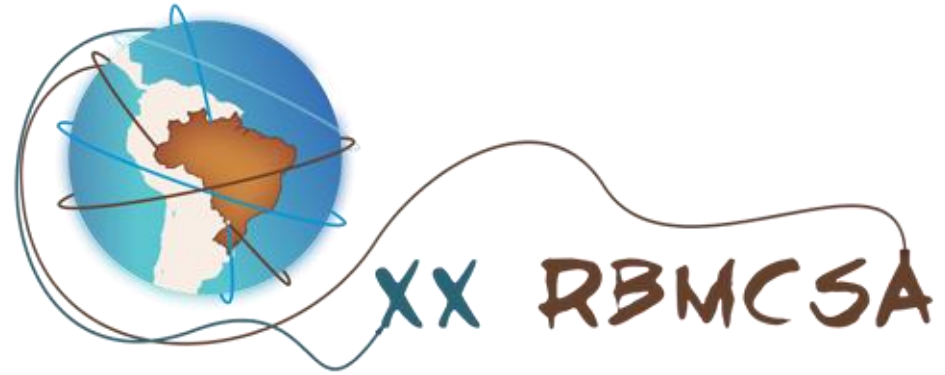


Monitoramento → Calibração de modelo → simulação de cenários conservacionistas



	Erosão	Prod. de sed.
Fator C atual	204.6	105.8
Fator C ótimo	203.4 (-0.6 %)	104.7 (-1.05 %)
Fator C ótimo + PN + TR	44.7 (-358 %)	21.0 (-403 %)
Fator C ótimo + PN + TR + APP	42.8 (-378 %)	16.5 (-541 %)

Obrigado!



XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água

O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água!



PPGCS



Departamento de Solos
UFSM



FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

