

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

Geral do Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

Considerações finais

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil
Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

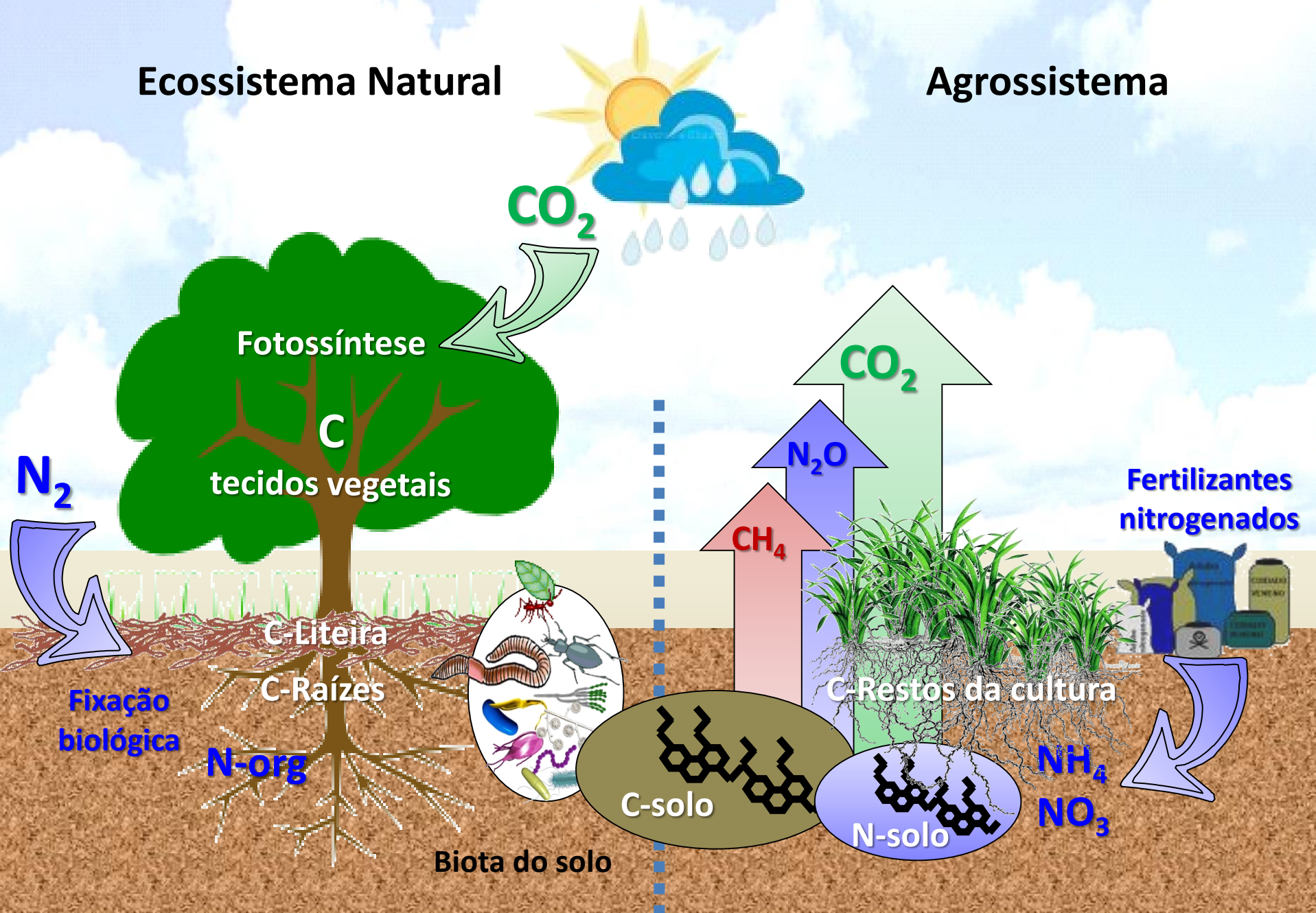
Cronossequências

Pares

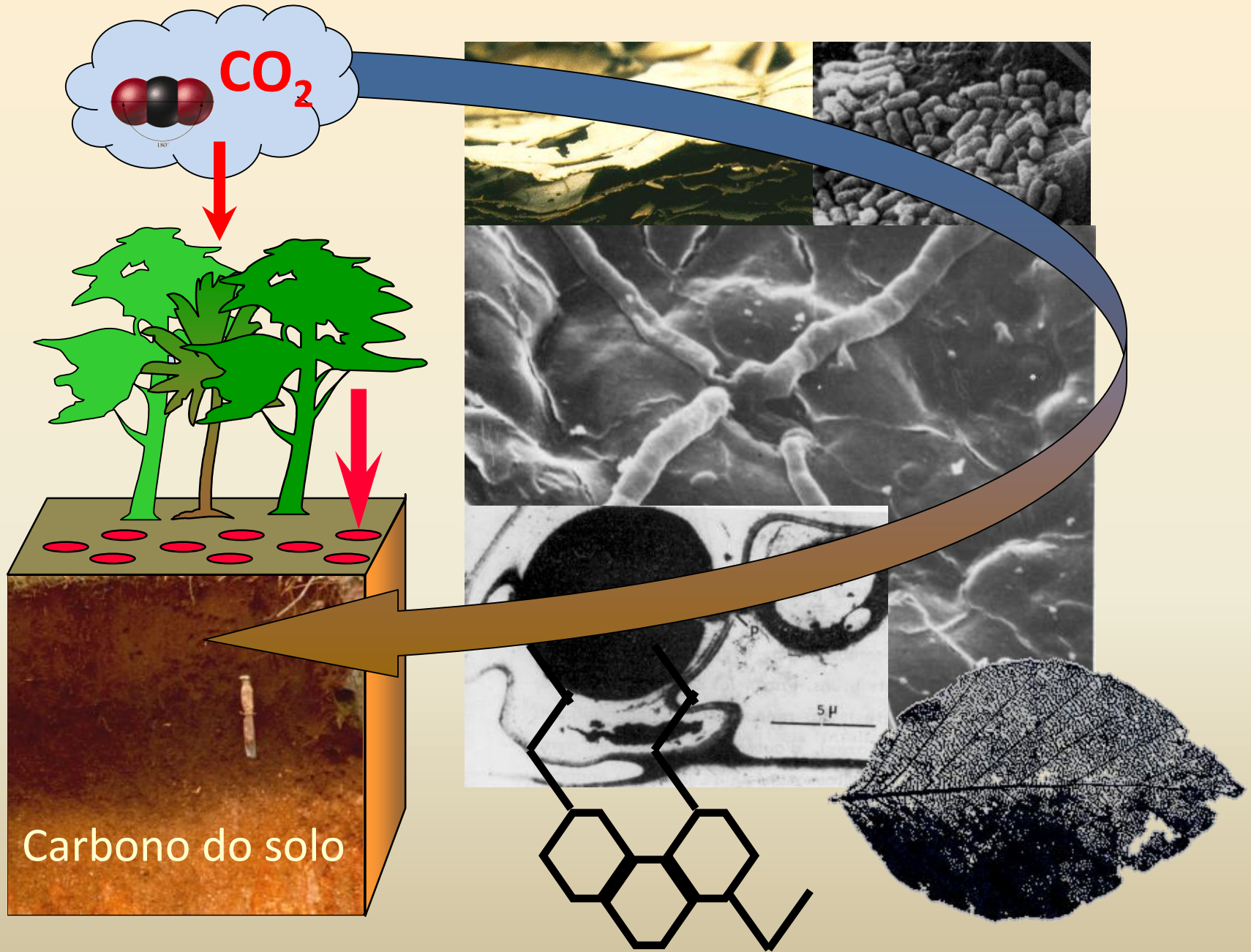
Carbono e Nitrogênio no Solo e Emissão de Gases do Efeito Estufa

Ecosistema Natural

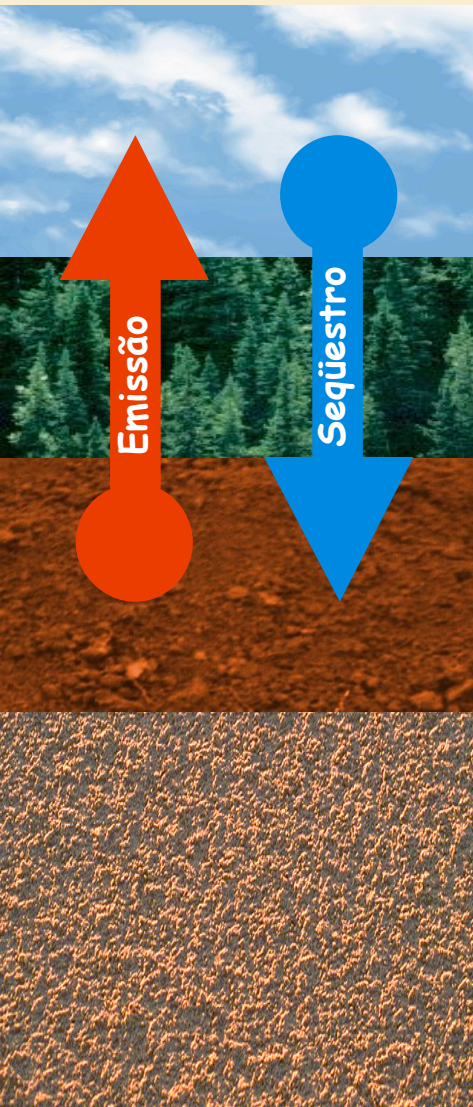
Agrossistema



FIXAÇÃO DE CARBONO NO SOLO



Importância da vegetação e do solo no aquecimento global



Atmosfera	P_g 750 - Δ
Vegetação	470-650
Solo (0-30cm)	~800
Solo (1m)	1500-2000

Valores em Gt de C (1Gt = 10^9 t = 1 Pg)

Estoques (bilhões de toneladas)

750

600

~800
0-30 cm

1500-2000
(0-1m)

0,1%
Perturbação
mínima

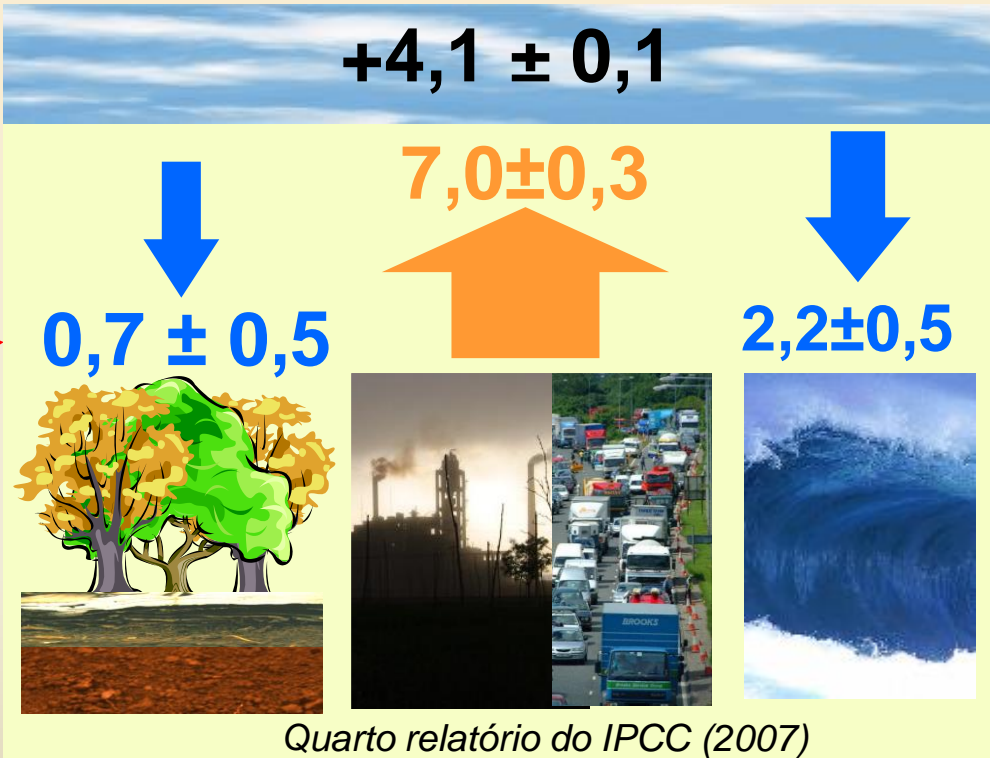
Fluxos de Carbono (bilhões de toneladas)

+4,1 ± 0,1

7,0 ± 0,3

0,7 ± 0,5

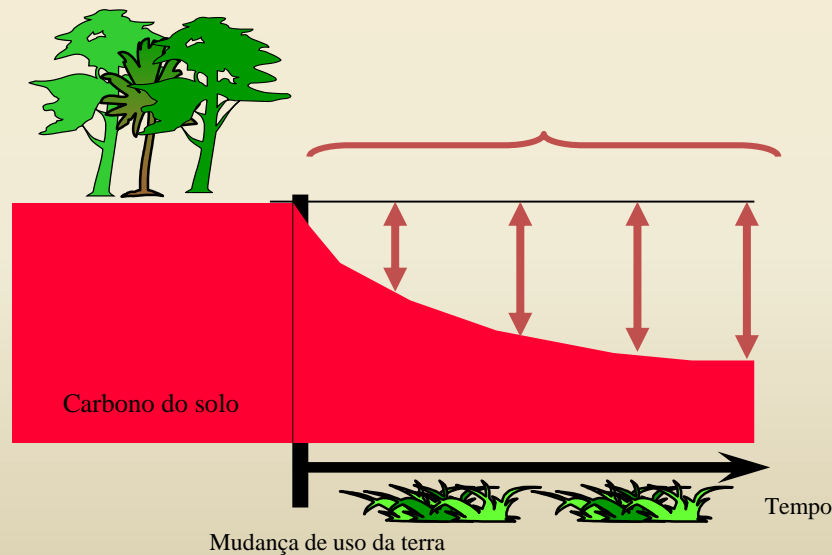
2,2 ± 0,5



Fatores que condicionam o estoque de C no solo

Oi Bri vamos procurar algo já pronto
em aulas anteriores

Cálculo para o Brasil: Estoques e Emissões



Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecosistemas naturais não perturbados do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

Cronossequências

Pares

Mapa dos estoques de carbono

de acordo com a vegetação nativa e o tipo de solo

Informação necessária e metodologia

Mapa de solo
+
Mapa de vegetação

Mapa de associações “solo – vegetação”

Mapa de carbono

Base de dados de
Perfis de solo sob
vegetação nativa

Estoque representativo de cada associação



Mapa dos estoques de carbono

de acordo com a vegetação nativa e o tipo de solo



Informação necessária e metodologia

Mapa de solo
+
Mapa de vegetação

Mapa de associações “solo – vegetação”

Base de dados de
Perfis de solo sob
vegetação nativa

Estoque representativo de cada associação

Mapa dos estoques de carbono



Mapa de solo da EMBRAPA (1981)



Escala 1:5 Mi

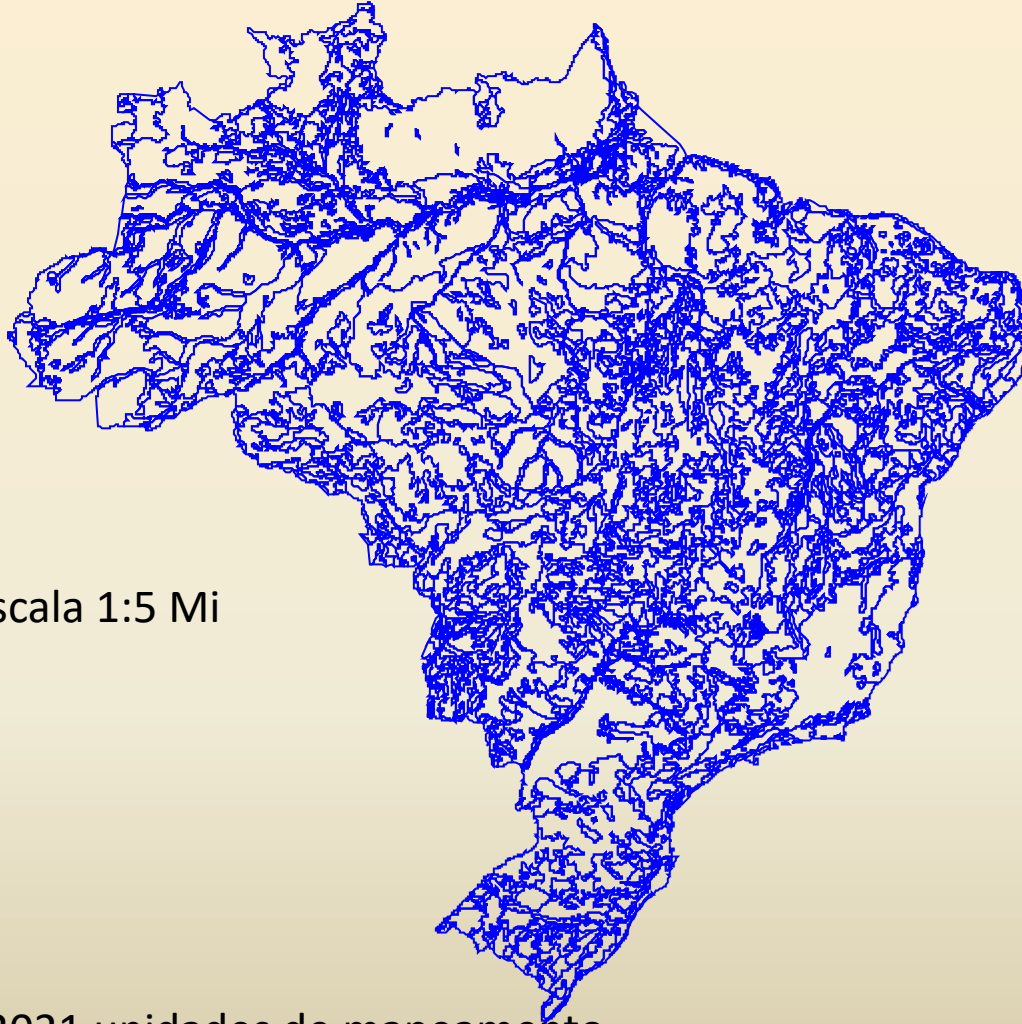
2698 unidades de mapeamento
69 grandes tipos de solo



Mapa dos estoques de carbono



Mapa de vegetação do IBGE (1988)



Escala 1:5 Mi

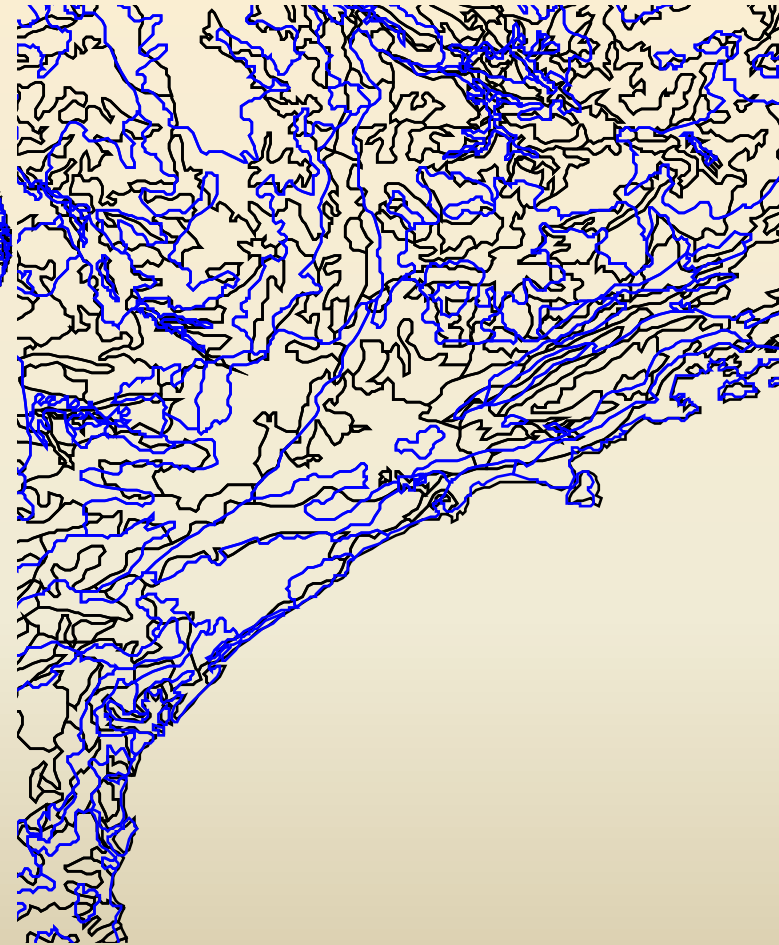
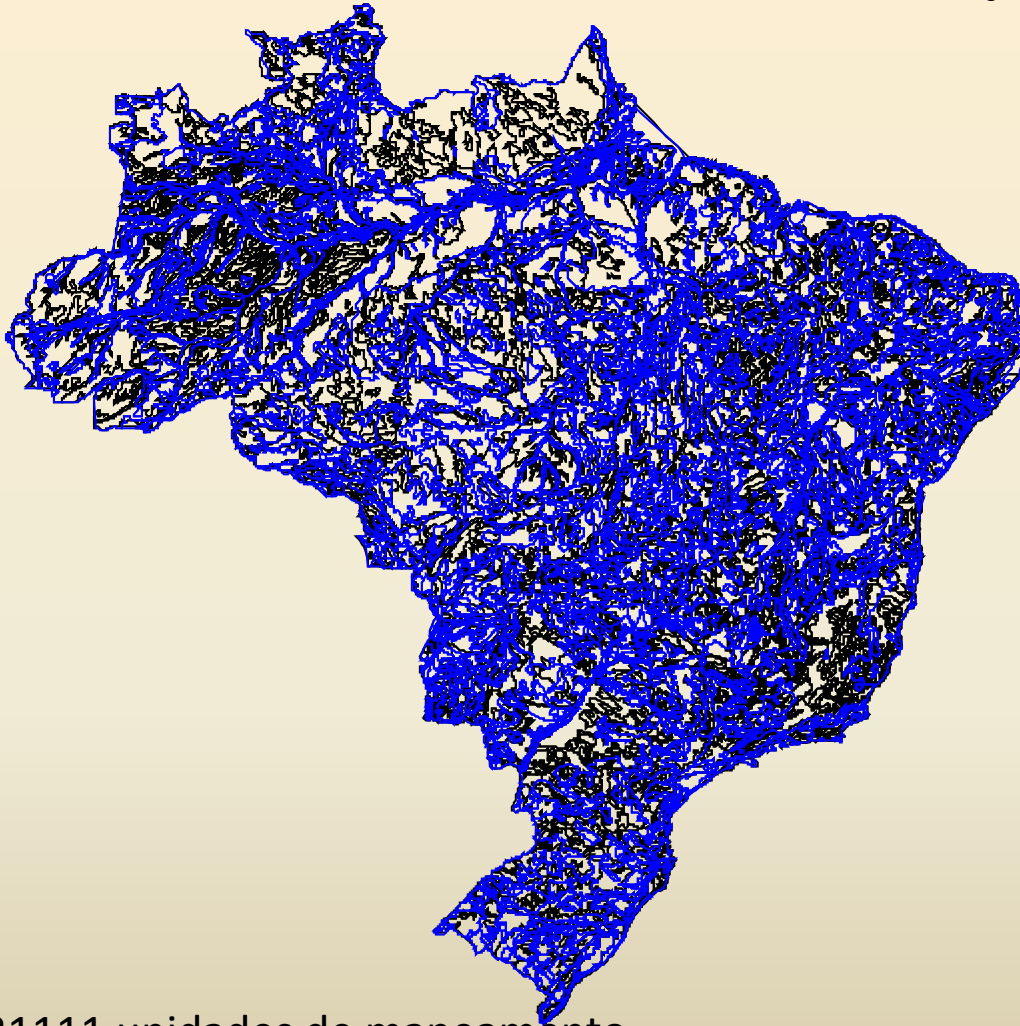
2021 unidades de mapeamento
94 grandes tipos de vegetação



Mapa dos estoques de carbono



Combinação dos mapas de solo e vegetação



21111 unidades de mapeamento
6486 associações diferentes



Simplificação necessária

Mapa dos estoques de carbono



Simplificação dos mapas de solo e vegetação

Solo



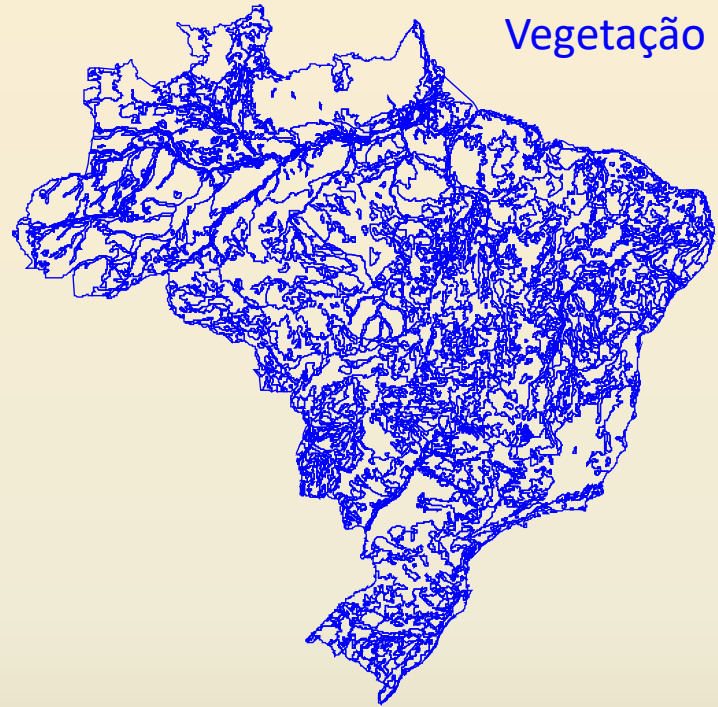
69 grandes tipos

Recomendações do manual do IPCC + particularidade brasileira



6 categorias

Vegetação



94 grandes tipos

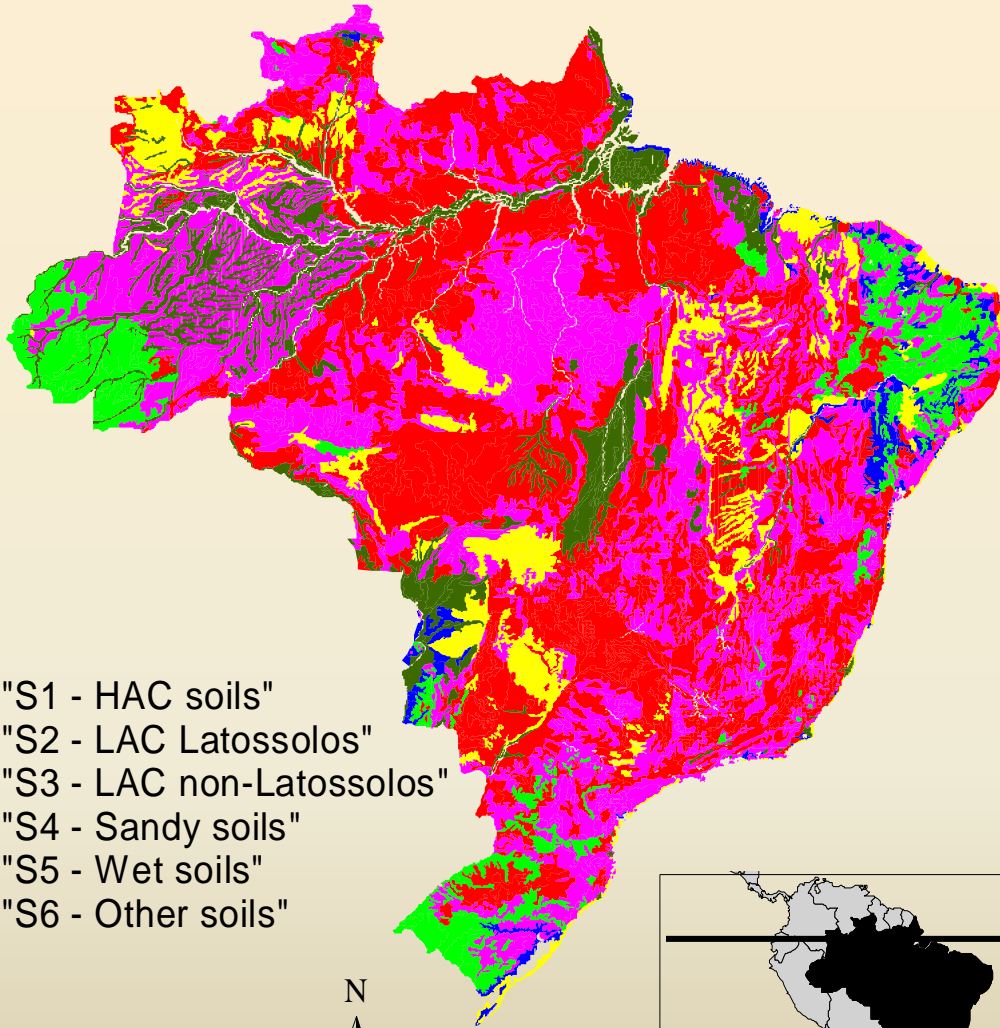


15 categorias

Mapa dos estoques de carbono



Mapa de solo
com
6 categorias



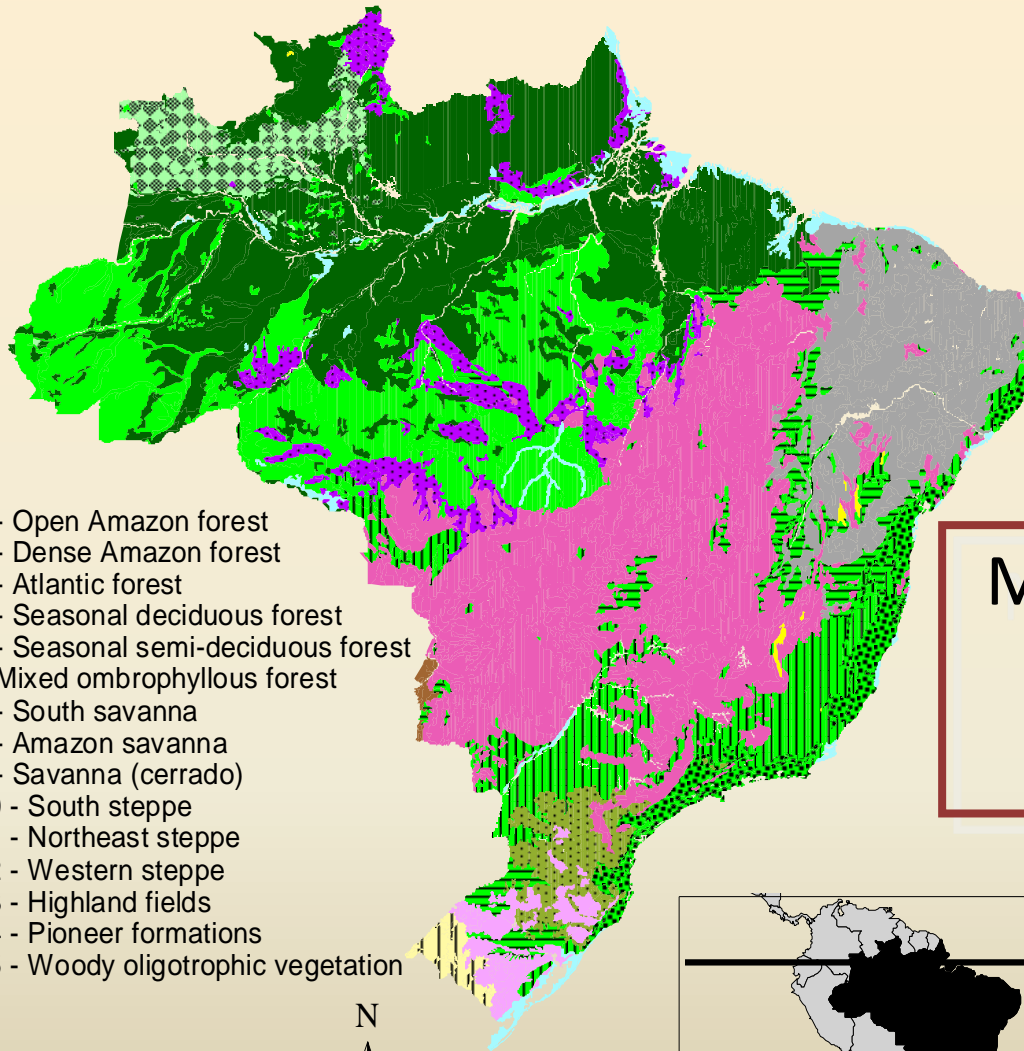
- "S1 - HAC soils"
- "S2 - LAC Latossolos"
- "S3 - LAC non-Latossolos"
- "S4 - Sandy soils"
- "S5 - Wet soils"
- "S6 - Other soils"



0 900 1800 Kilometers



Mapa dos estoques de carbono



- V1 - Open Amazon forest
- V2 - Dense Amazon forest
- V3 - Atlantic forest
- V4 - Seasonal deciduous forest
- V5 - Seasonal semi-deciduous forest
- V6 Mixed ombrophylous forest
- V7 - South savanna
- V8 - Amazon savanna
- V9 - Savanna (cerrado)
- V10 - South steppe
- V11 - Northeast steppe
- V12 - Western steppe
- V13 - Highland fields
- V14 - Pioneer formations
- V15 - Woody oligotrophic vegetation

Mapa de vegetação
com
15 categorias









Mapa dos estoques de carbono














Combinação dos mapas de solo e vegetação

Solo

	"S1 - HAC soils"
	"S2 - LAC Latossolos"
	"S3 - LAC non-Latossolos"
	"S4 - Sandy soils"
	"S5 - Wet soils"
	"S6 - Other soils"







Vegetação
















	V1 - Open Amazon forest
	V2 - Dense Amazon forest
	V3 - Atlantic forest
	V4 - Seasonal deciduous forest
	V5 - Seasonal semi-deciduous forest
	V6 Mixed ombrophyllous forest
	V7 - South savanna
	V8 - Amazon savanna
	V9 - Savanna (cerrado)
	V10 - South steppe
	V11 - Northeast steppe
	V12 - Western steppe
	V13 - Highland fields
	V14 - Pioneer formations
	V15 - Woody oligotrophic vegetation

Em teoria existem: $6 \times 15 = 90$ associações

Mapa dos estoques de carbono



	"S1 - HAC soils"
	"S2 - LAC Latossolos"
	"S3 - LAC non-Latossolos"
	"S4 - Sandy soils"
	"S5 - Wet soils"
	"S6 - Other soils"

	V1 - Open Amazon forest		V9 - Savanna (cerrado)
	V2 - Dense Amazon forest		V10 - South steppe
	V3 - Atlantic forest		V11 - Northeast steppe
	V4 - Seasonal deciduous forest		V12 - Western steppe
	V5 - Seasonal semi-deciduous forest		V13 - Highland fields
	V6 Mixed ombrophylous forest		V14 - Pioneer formations
	V7 - South savanna		V15 - Woody oligotrophic vegetation
	V8 - Amazon savanna		

Vegetação

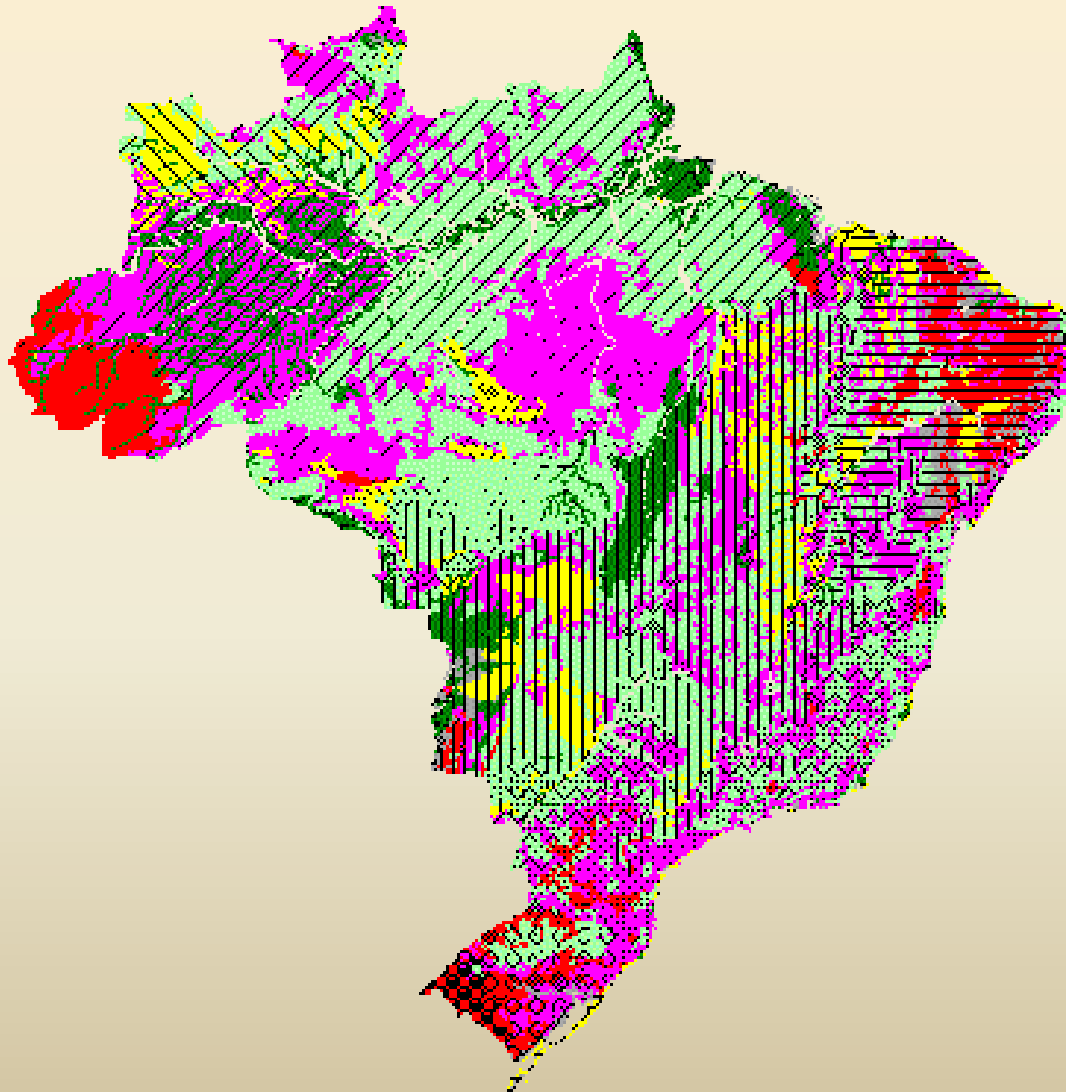
		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	
Solo	S1	N	127	81	52	58	80	74	134	8	132	80	592	8	3	10	2
		Area	190,436	28,169	7,522	39,268	20,423	37,557	35,969	2,480	24,522	44,089	214,586	1,133	821	350	75
	S2	N	403	775	199	252	494	102	55	290	2,210	5	440		14	148	221
		Area	399,184	956,196	101,432	110,616	285,541	52,267	39,492	147,618	910,984	3,554	160,731		1,289	19,804	83,351
	S3	N	868	885	346	290	424	176	118	331	1,822	22	677	6	21	86	116
		Area	537,116	683,673	116,546	99,825	229,264	80,378	50,480	125,568	523,716	4,239	211,325	350	8,078	9,319	43,287
	S4	N	73	126	66	68	98			91	611		201			70	178
		Area	13,672	25,204	5,973	15,733	18,106			56,965	302,148		83,461			25,152	127,233
	S5	N	414	832	28	26	65			167	500		55	22		179	109
		Area	101,156	300,211	3,781	5,002	15,611			37,706	206,474		12,265	6,315		64,539	26,797
	S6	N		37	24	31	36		42	6	99		315	25		114	
		Area		4,216	3,144	5,573	3,426		4,398	2,617	22,566		89,966	4,890		20,923	

Na pratica existem: 75 associações

Mapa dos estoques de carbono



Mapa das associações



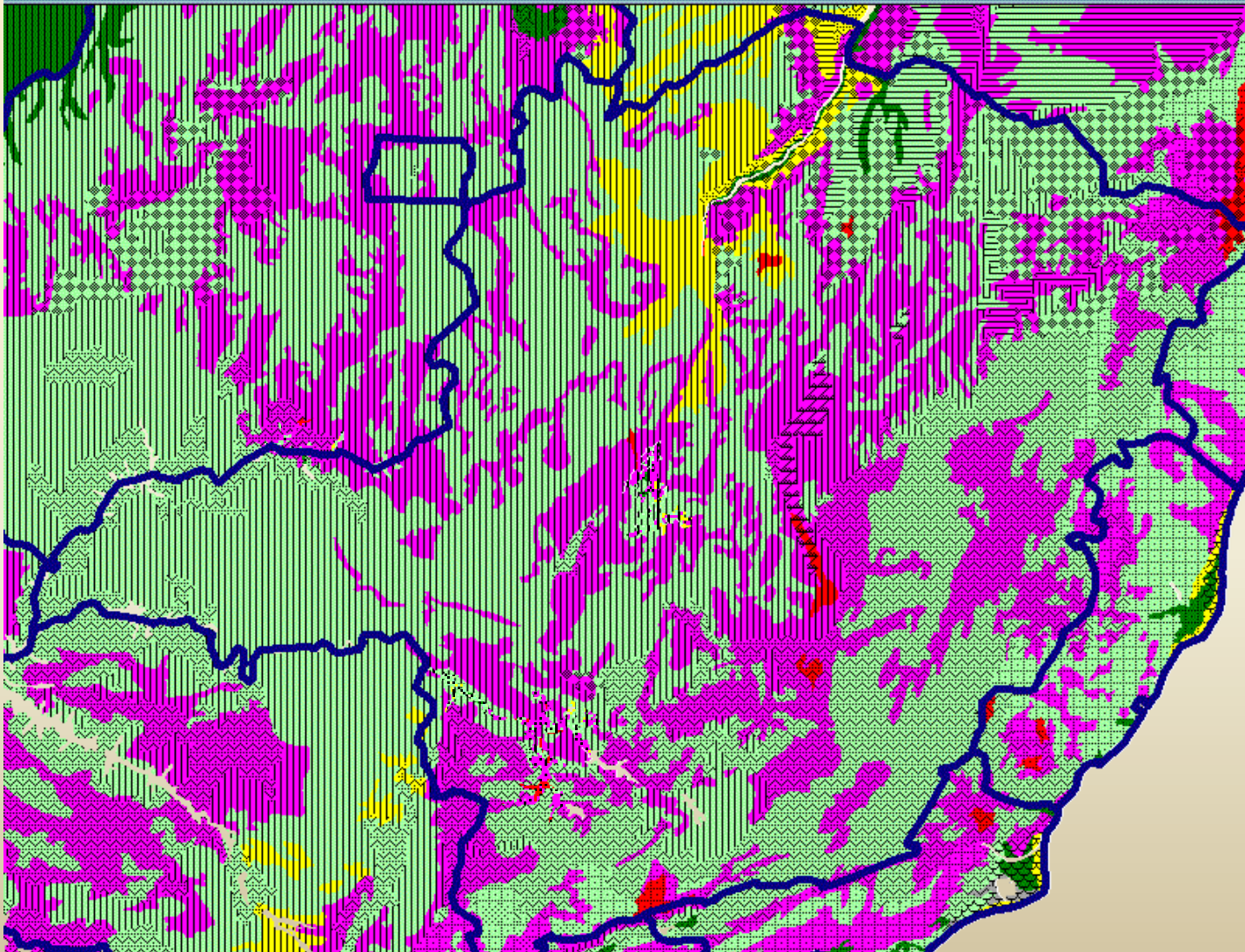
Legenda: solo – veg.

	1-1		3-1		5-1
	1-2		3-2		5-2
	1-3		3-3		5-3
	1-4		3-4		5-4
	1-5		3-5		5-5
	1-6		3-6		5-8
	1-7		3-7		5-9
	1-8		3-8		5-11
	1-9		3-9		5-12
	1-10		3-10		5-14
	1-11		3-11		5-15
	1-12		3-12		6-2
	1-13		3-13		6-3
	1-14		3-14		6-4
	1-15		3-15		6-5
	2-1		4-1		6-7
	2-2		4-2		6-8
	2-3		4-3		6-9
	2-4		4-4		6-11
	2-5		4-5		6-12
	2-6		4-8		6-14
	2-7		4-9		
	2-8		4-11		
	2-9		4-14		
	2-10		4-15		
	2-11				
	2-13				
	2-14				
	2-15				

Mapa dos estoques de carbono



Mapa das associações



Mapa dos estoques de carbono

de acordo com a vegetação nativa e o tipo de solo



Informação necessária e metodologia

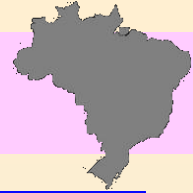
Mapa de solo
+
Mapa de vegetação

Mapa de associações “solo – vegetação”

Base de dados de
Perfis de solo sob
vegetação nativa

Estoque representativo de cada associação

Mapa dos estoques de carbono



Base de dados



Relatórios de levantamento de solos

Projeto Radambrasil

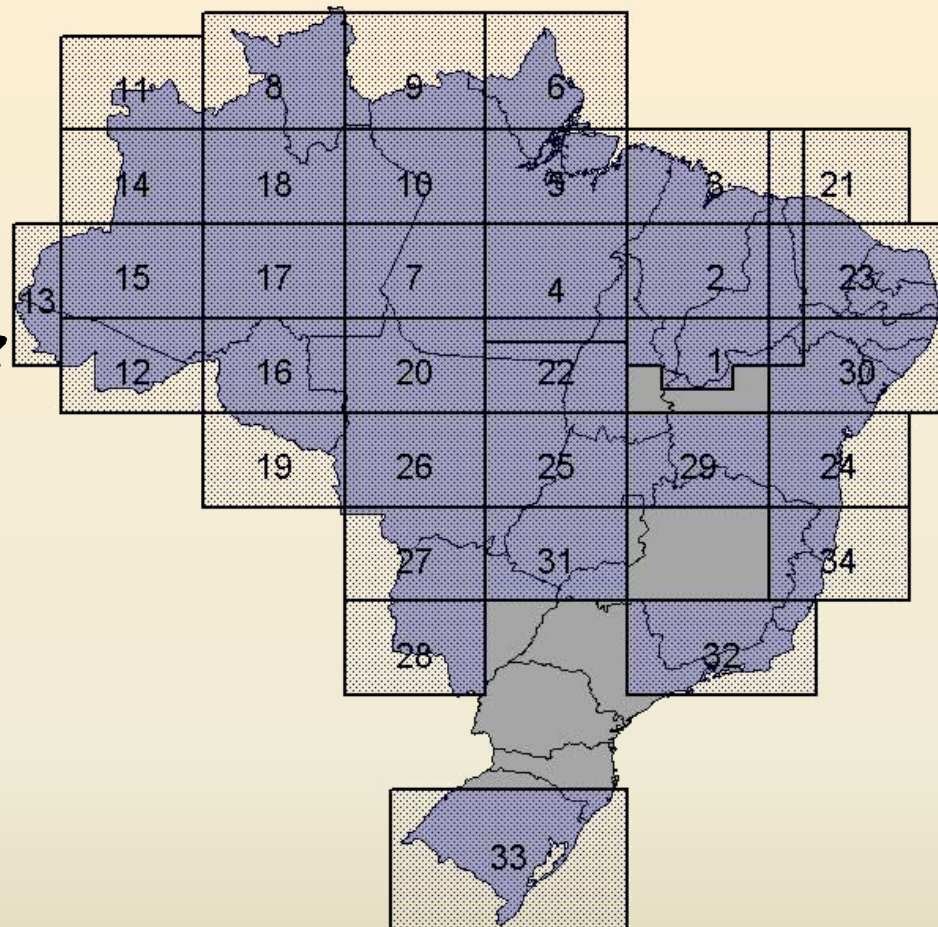


- Volume 1, parte das folhas SC-23 Rio São Francisco e SC-24 Aracaju, 1973;
- Volume 2, folha SB-23 Teresina e parte da folha SB-24 Jaguaribe, 1973;
- Volume 3, folha SA-23 São Luís e parte da folha SA-24 Fortaleza, 1973;
- Volume 4, folha SB-22 Araguaia e parte da folha SC-22 Tocantins, 1974;
- Volume 5, Folha SA-22 Belém, 1974;
- Volume 6, Folha NA/NB-22 Macapá, 1974;
- Volume 7, Folha SB-21 Tapajós, 1975;
- Volume 8, Folha NA-20 Boa Vista e parte das folhas NA-21 Tumucumaque, NB-20 Roraima e NB-21, 1975;
- Volume 9, Folha NA-21 Tumucumaque e parte da folha NB-21, 1975;
- Volume 10, Folha SA-21 Santarém, 1976;
- Volume 11, Folha NA-19 Pico da Neblina, 1976;
- Volume 12, Folha SC-19 Rio Branco, 1976;
- Volume 13, Folhas SB/SC-18 Javari/Contamana, 1977;
- Volume 14, Folha SA-19 Içá, 1977
- Volume 15, Folha SB-19 Juruá, 1977;
- Volume 16, Folha Sc-20 Porto Velho, 1978;
- Volume 17, Folha SB-20 Purus, 1978;
- Volume 18, Folha SA-20 Manaus, 1978;
- Volume 19, Folha SD-20 Guaporé, 1979;
- Volume 20, Folha SC-21 Juruena, 1980;
- Volume 21, Folha SA-24 Fortaleza, 1981;
- Volume 22, Folha SC-22 Tocantins, 1981;
- Volume 23, Folhas SB-24/25 Jaguaribe/Natal, 1981;
- Volume 24, Folha SD-24 Salvador, 1981;
- Volume 25, Folha SD-22 Goiás, 1981;
- Volume 26, Folha SD-21, Cuiabá, 1982;
- Volume 27, Folha SE-21 Corumbá e parte da folha SE-20, 1982;
- Volume 28, Folha SF-21 Campo Grande, 1982;
- Volume 29, Folha SD-23 Brasília, 1982;
- Volume 30, Folhas SC-24/25 Aracaju/Recife, 1983;
- Volume 31, Folha SE-22 Goiânia, 1983;
- Volume 32, Folhas SF-23/24 Rio de Janeiro/Vitória, 1983;

Mapa dos estoques de carbono



Base de dados



Relatório de levantamento de solos

Projeto Radambrasil

Levantamento da Embrapa

Outros levantamento (IAC,...)

Mapa dos estoques de carbono



Base de dados



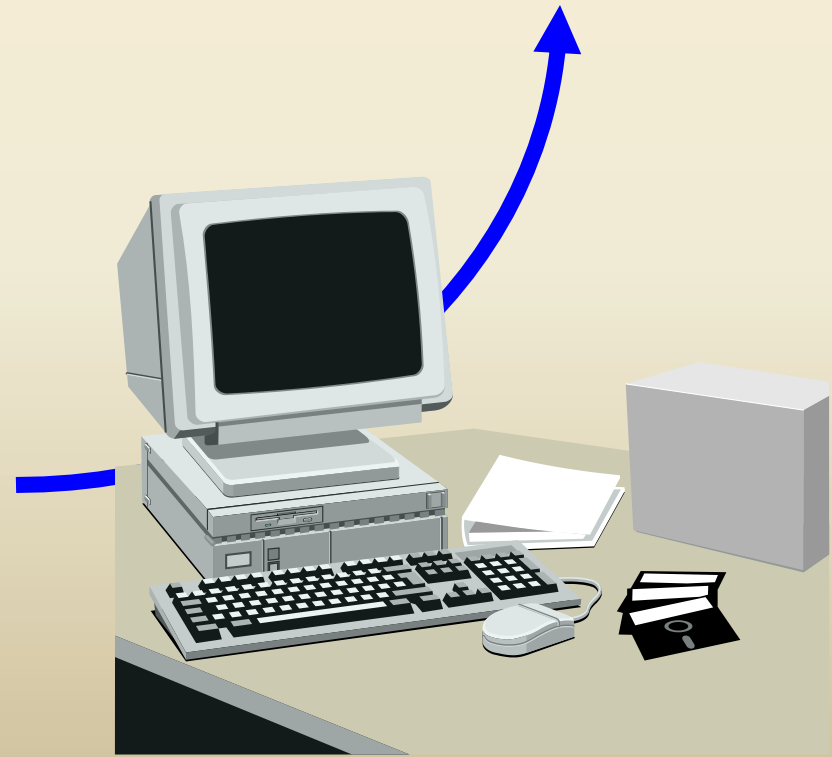
No total 3969 perfis de solo
(10457 camadas) constituem a
base de dados

Relatório de levantamento de solos

Projeto Radambrasil

Levantamento da Embrapa

Outros levantamento (IAC,...)



Mapa dos estoques de carbono



Análise da Base de dados

Calculo dos estoques para cada perfil
para a camada 0-30 cm

2694 valores

No total 3969 perfis de solo
(10457 camadas) constituem a
base de dados

Statistic on the CS by SVA

		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
S1	N	24	26	22	61	61	13	22	4	10	4	116	2	2	3	
	Average	6.62	4.03	6.93	5.24	4.91	12.83	8.13	4.60	2.67	6.24	2.93	3.38	3.41	5.98	
	Min.	2.24	1.64	3.23	1.90	0.99	7.20	3.57	2.30	1.13	4.44	0.65	3.04	2.93	2.90	
	Max.	25.79	9.48	17.05	17.28	17.28	29.91	29.25	6.50	4.25	7.30	9.24	3.71	3.89	7.73	
	Median	5.09	3.22	5.83	4.67	4.09	9.88	6.42	4.80	2.44	6.60	2.42	3.38	3.41	7.30	5.09
SE	1.18	0.38	0.83	0.37	0.38	1.89	1.28	0.90	0.35	0.64	0.15	0.33	0.48	1.54		
S2	N	30	89	123	34	120	14	14	7	197	3	46		1	1	2
	Average	5.08	5.83	5.66	3.73	4.87	10.07	8.76	2.46	4.35	4.47	2.73		5.04	4.13	4.68
	Min.	2.46	2.15	1.72	1.61	1.19	4.10	4.33	0.80	0.85	3.97	0.80				4.62
	Max.	10.50	18.10	13.06	9.39	11.71	15.51	12.35	5.65	9.62	4.78	5.96				4.74
	Median	4.75	5.19	5.23	3.08	4.43	10.25	9.09	1.98	4.31	4.66	2.58				4.68
SE	0.38	0.29	0.20	0.32	0.21	0.75	0.61	0.66	0.13	0.25	0.17				0.06	
S3	N	95	219	121	104	179	15	31	9	140	2	124	2	6	4	4
	Average	5.39	5.64	4.59	4.55	4.17	6.07	7.09	3.62	4.08	6.12	2.86	3.52	4.64	3.36	5.33
	Min.	1.56	1.06	1.11	0.97	1.15	1.11	0.80	1.05	0.40	6.07	0.74	2.86	2.97	2.58	1.70
	Max.	16.25	27.31	12.87	14.16	11.93	13.01	26.23	5.71	14.02	6.17	6.47	4.17	8.74	4.24	10.02
	Median	4.89	4.69	4.29	4.00	3.74	5.68	5.16	3.81	3.60	6.12	2.62	3.52	3.99	3.31	4.81
SE	0.28	0.25	0.19	0.22	0.15	0.87	1.00	0.53	0.18	0.05	0.11	0.65	0.88	0.39	1.97	
S4	N	7	8	9	2	7		1	3	33		15	4	1	14	6
	Average	5.10	4.62	8.17	2.59	3.70		3.85	3.44	2.09		1.66	3.74	8.64	5.43	5.27
	Min.	2.11	2.50	2.13	1.71	1.04			1.11	0.77		0.75	3.01		0.83	1.79
	Max.	11.25	5.98	18.97	3.46	8.02			4.83	4.30		2.95	4.85		14.89	7.39
	Median	4.11	5.06	6.33	2.59	2.70			4.37	1.92		1.51	3.54		5.02	6.17
SE	1.22	0.48	2.12	0.88	0.92			1.17	0.14		0.17	0.40		1.01	0.98	
S5	N	34	24	29	17	11	5	5	37	30	2	10	7		50	11
	Average	4.76	5.55	4.57	3.42	5.71	8.17	9.50	4.53	7.90	3.38	2.94	8.76		8.79	16.35
	Min.	0.94	1.98	1.68	1.48	1.36	5.41	2.93	0.85	1.40	3.19	1.65	1.48		0.89	2.32
	Max.	10.09	14.70	14.42	8.86	16.10	10.69	17.21	14.58	25.93	3.57	6.06	15.54		44.42	68.31
	Median	4.36	5.27	3.58	3.27	5.36	8.54	7.42	3.46	6.65	3.38	2.51	10.52		5.92	9.05
SE	0.40	0.61	0.56	0.43	1.17	0.98		2.89	0.51	1.09	0.19	0.40	2.11	1.22	6.09	
S6	N	2	5	4	23	22		5	2	9	3	99	13		17	2
	Average	7.87	4.17	41.25	3.51	4.08		4.07	2.90	4.90	7.76	2.50	2.22		9.97	12.09
	Min.	1.69	1.45	2.14	0.86	1.83		2.32	1.42	0.25	3.88	0.48	1.42		0.56	4.29
	Max.	14.04	6.64	79.30	11.37	8.34		7.19	4.38	16.83	14.42	9.98	3.47		58.30	19.89
	Median	7.87	4.81	41.78	3.18	3.16		3.28	2.90	4.99	3.29	2.09	2.17		3.72	12.09
SE	6.17	1.02	21.58	0.46	0.40		0.86	1.48	1.59	3.34	0.16	0.16		3.77	7.80	



Mapa dos estoques de carbono



Análise da Base de dados

2694 valores

No total 3969 perfis de solo (10457 camadas) constituem a base de dados

		V1	V2	V3	V4
S1	N	24	26	22	61
	Average	6.62	4.03	6.93	5.24
	Min.	2.24	1.64	3.23	1.90
	Max.	25.79	9.48	17.05	17.28
	Median	5.09	3.22	5.83	4.67
	SE	1.18	0.38	0.83	0.37
S2	N	30	89	123	34
	Average	5.08	5.83	5.66	3.73
	Min.	2.46	2.15	1.72	1.61
	Max.	10.50	18.10	13.06	9.39
	Median	4.75	5.19	5.23	3.08
	SE	0.38	0.29	0.20	0.32



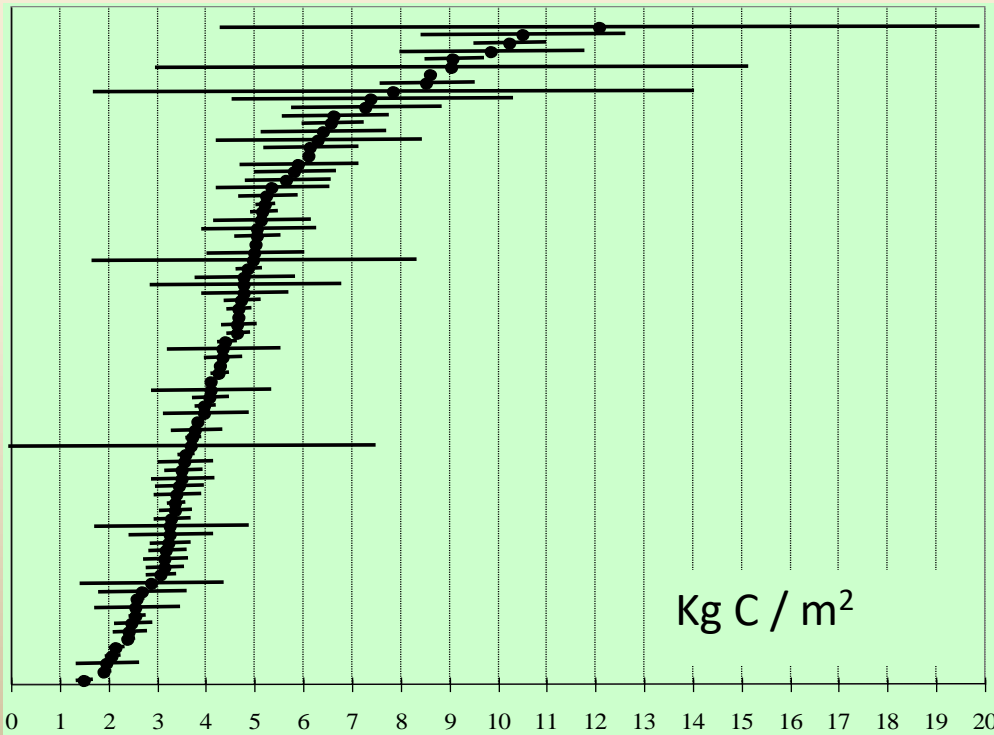
Mapa dos estoques de carbono



Análise da Base de dados

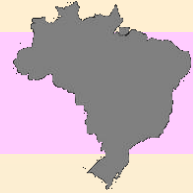
No total 3969 perfis de solo (10457 camadas) constituem a base de dados

Valores medianas e desvio padrão



Mapa dos estoques de carbono

de acordo com a vegetação nativa e o tipo de solo



Mapa de solo
+
Mapa de vegetação

Mapa de associações “solo – vegetação”



Mapa de carbono



Base de dados de
Perfis de solo sob
vegetação nativa

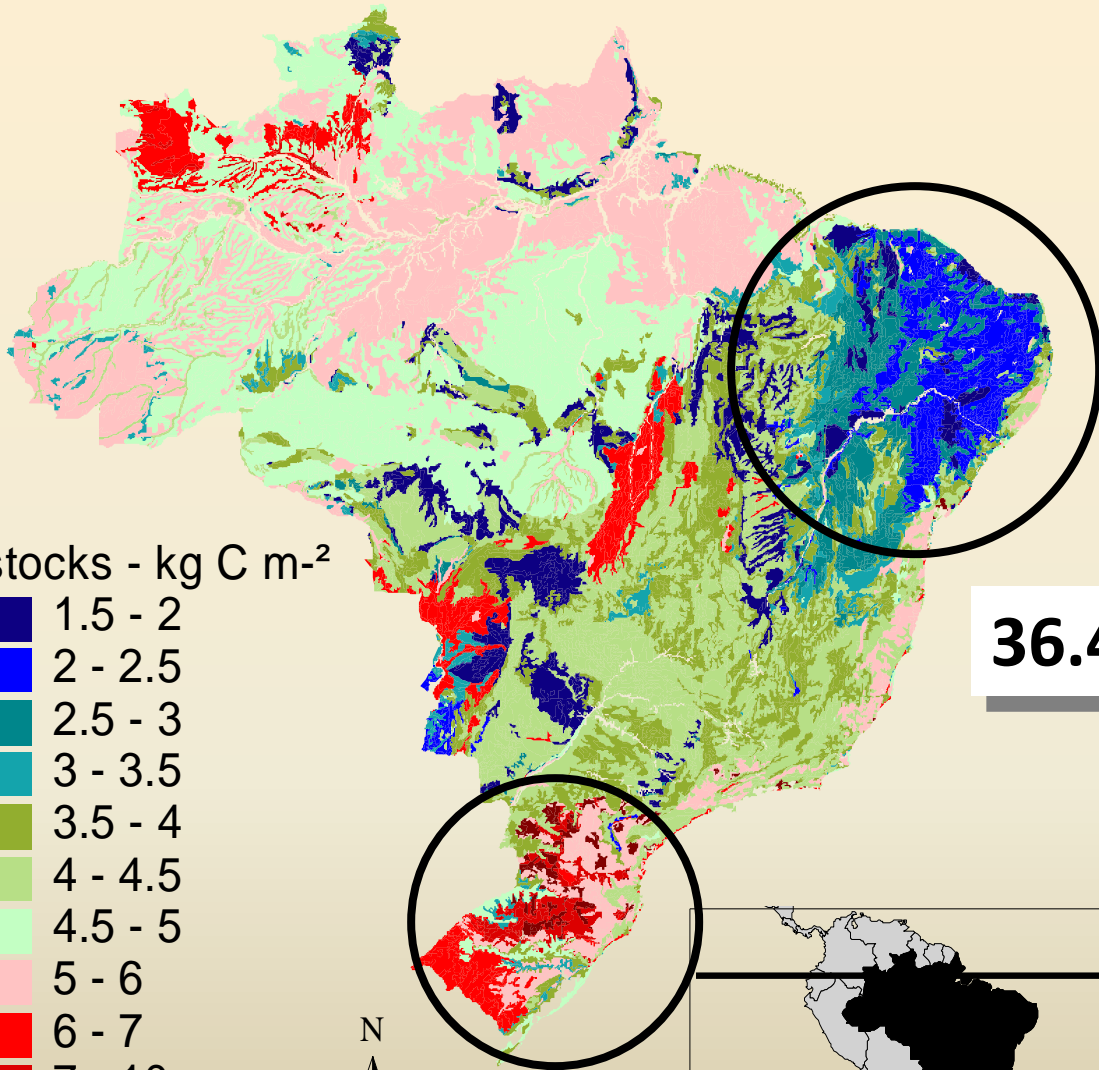
Estoque representativo de cada associação



Mapa dos estoques de carbono



0-30 cm



C stocks - kg C m⁻²



36.4 ± 3.4 Pg C

0 900 1800 Kilometers



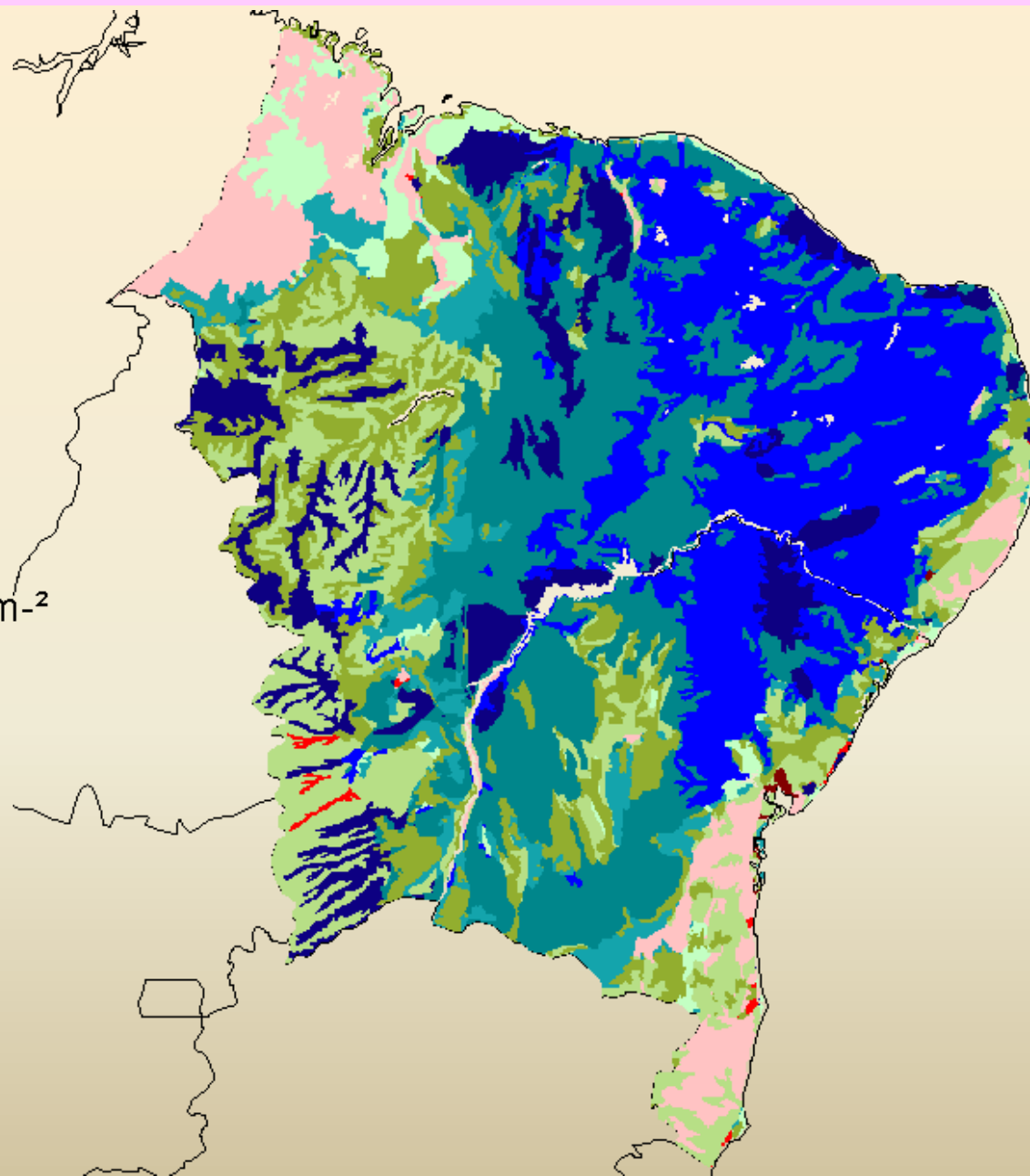
1 Pg = 10¹⁵ g =
1 Bilhão de toneladas

Mapa dos estoques de carbono



0-30 cm

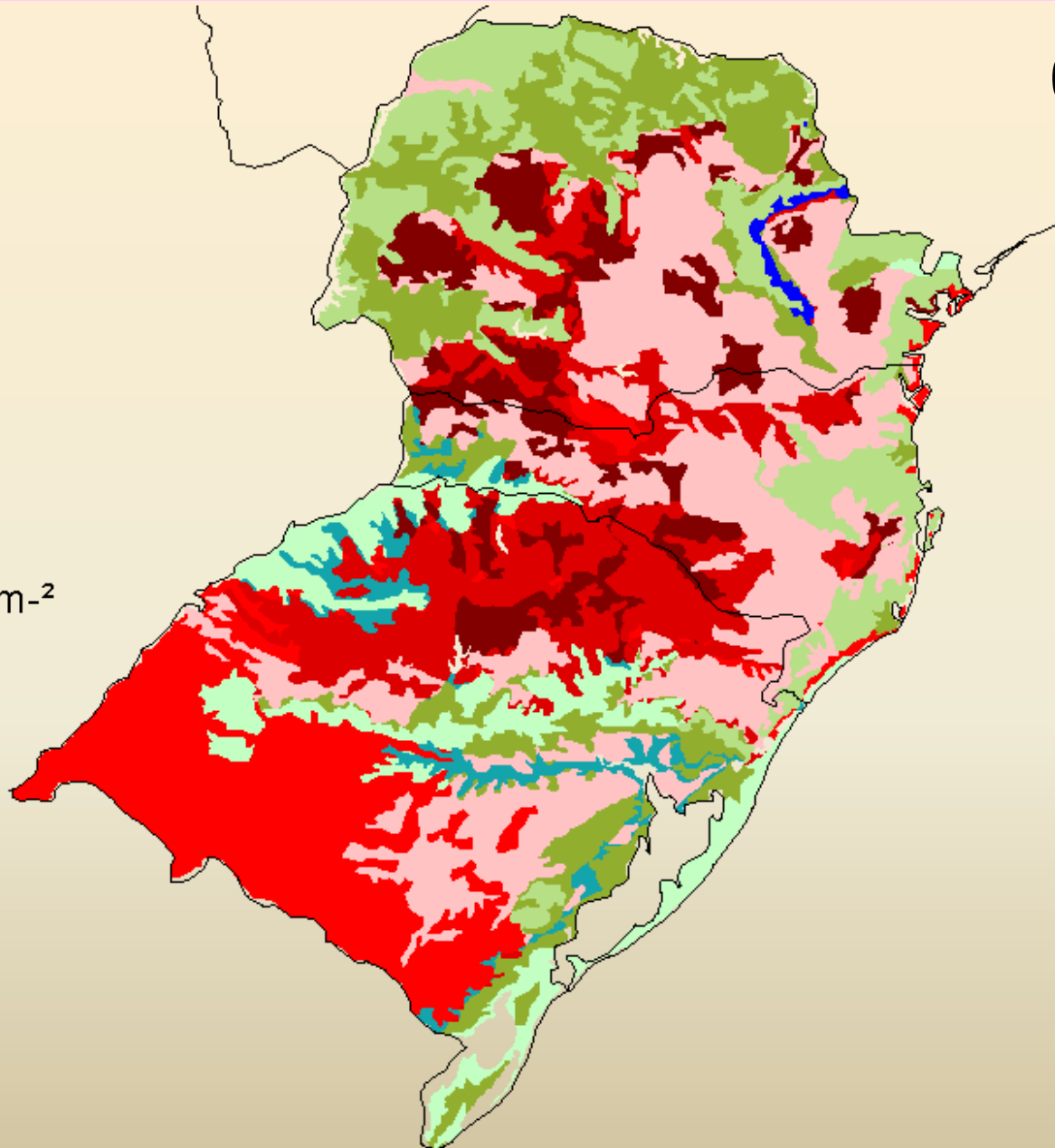
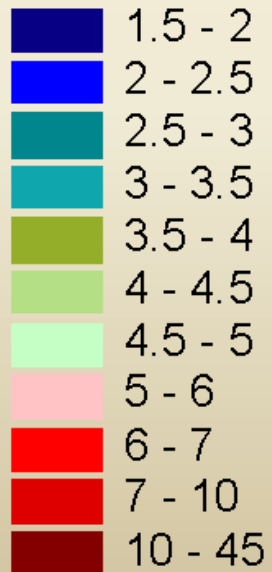
C stocks - kg C m⁻²



Mapa dos estoques de carbono

0-30 cm

C stocks - kg C m⁻²



Solução alternativa

Para cada Estado brasileiro

STEPS 1 AND 2					STEP 3		
A Land-use/ Management Systems	B Soil type	C Soil Carbon (Mg C/ha)	D Land Area (t-20) (Mha)	E Land Area (t) (Mha)	F Soil Carbon (t-20) (Tg)	G Soil Carbon (t) (Tg)	H Net change in Soil Carbon in Mineral Soils (Tg per 20 yr)
					F = (C x D)	G = (C x E)	H = (G - F)
Uso 1							
Uso 2							
Uso n							
Totals							

Note that land areas in columns D and E, summed over all land-use/management systems used in the inventory should be equal. Total land areas within each soil type, across all land-use systems, should also remain constant over the inventory period.

Estatísticas do IBGE

Informações de uso da terra



$$\text{Soil Carbon}_{\text{managed}} = \text{Soil Carbon}_{\text{native}} \times \text{Base factor} \times \text{Tillage factor} \times \text{Input factors}$$

de acordo com a vegetação nativa e os tipos de solo

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil
Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

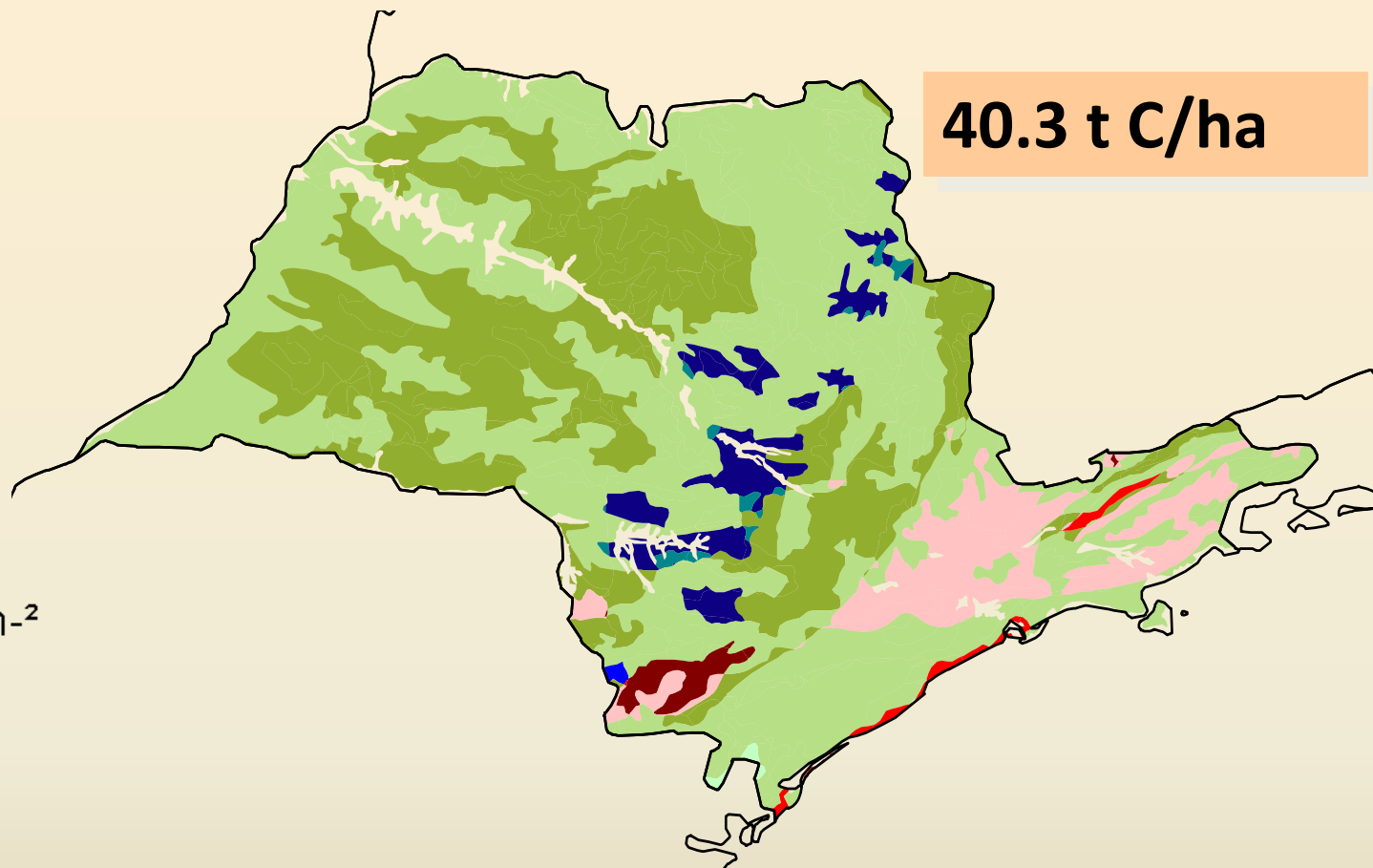
Cronossequências

Pares

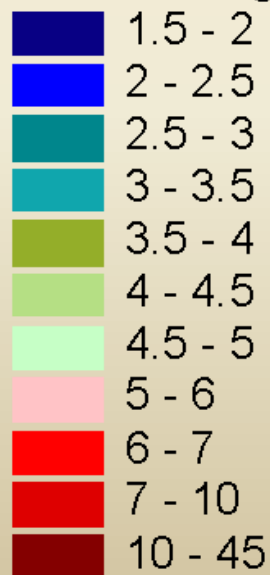
Estoques representativo de cada estado

Exemplo do Estado
de São Paulo

40.3 t C/ha



C stocks - kg C m⁻²



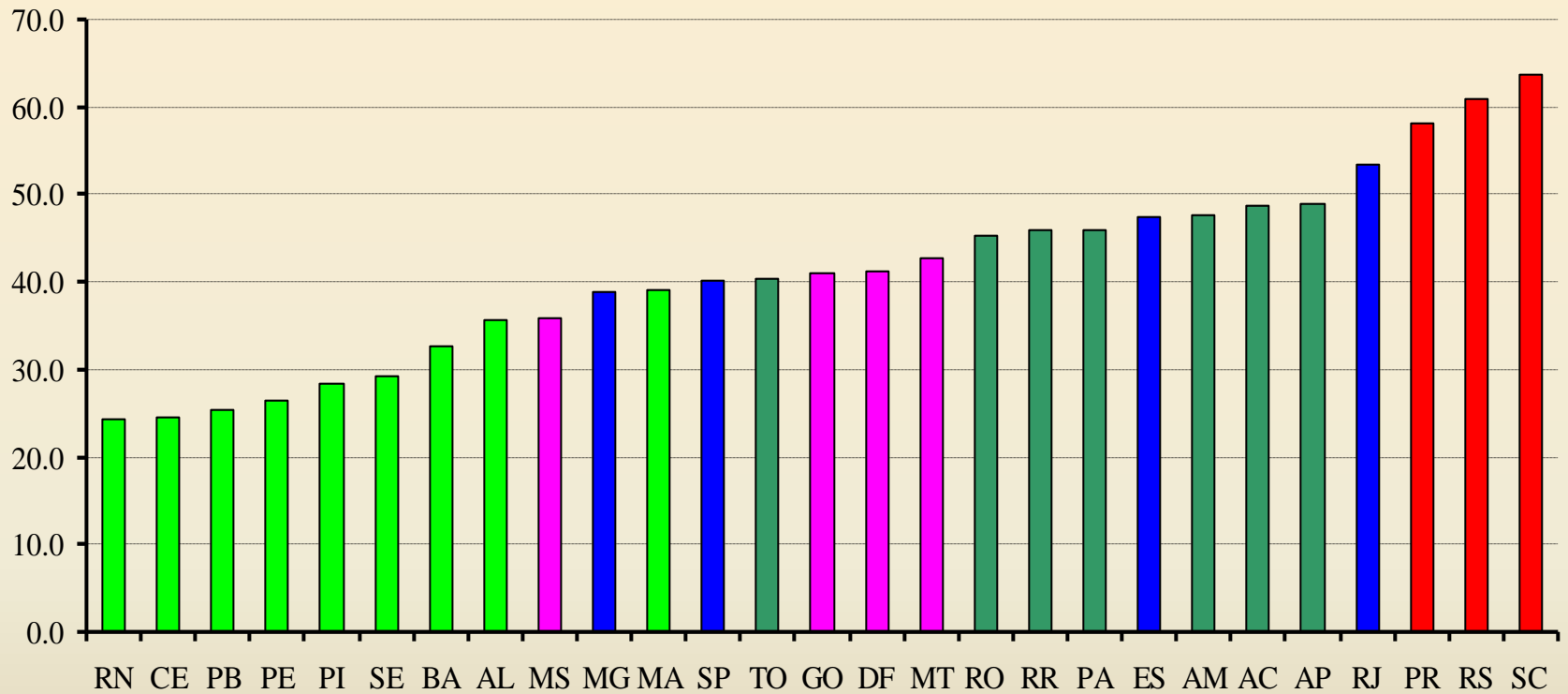
Superfície total do Estado: 248,286 km²

Superfície das Associações: 247,191 km²

Estoque total: 995,2 Tg C (ou Milhões de toneladas)

Estoques representativo de cada estado

t C/ha



■ Norte

■ Nordeste

■ Centro

■ Sudeste

■ Sul

Solução alternativa

Para cada Estado brasileiro

STEPS 1 AND 2					STEP 3		
A Land-use/ Management Systems	B Soil type	C Soil Carbon (t/ha)	D Land Area (t-20) (Mha)	E Land Area (t) (Mha)	F Soil Carbon (t-20) (Tg)	G Soil Carbon (t) (Tg)	H Net change in Soil Carbon in Mineral Soils (Tg per 20 yr)
					F = (C x D)	G = (C x E)	H = (G - F)
Uso 1		X					
Uso 2		X					
Uso n		X					
Totals							

Note that land areas in columns D and E, summed over all land-use/management systems used in the inventory should be equal. Total land areas within each soil type, across all land-use systems, should also remain constant over the inventory period.

Estatísticas do IBGE

Informações de uso da terra



$$\text{Soil Carbon}_{\text{managed}} = \text{Soil Carbon}_{\text{native}} \times \text{Base factor} \times \text{Tillage factor} \times \text{Input factors}$$

de acordo com a vegetação nativa e os tipos de solo

Solução alternativa

TABLE 5-10^a
COEFFICIENTS USED IN DEFAULT CALCULATION PROCEDURES

System	SG ^b	BF	Tillage Factor ^c			Input Factors ^d				
			No tillage	Red. tillage	Full tillage	Low input	Med. input	High input	Mature fallow	Shortened fallow
Temperate										
(>20 years)										
Tropical										
Long-term cultivated	A,B,C,D	0.6	1.1	1.0	0.9	0.8	0.9	1.1/1.2		
Long-term cultivated	E	0.5	1.1	1.0	0.8	0.8	0.9	1.1/1.2		
Wetland (Paddy) rice	All soils	1.1	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
Shifting cultivation (including fallow)	All soils	0.8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.0	0.8
Abandoned/ Degraded land	All soils	0.9								
Unimproved pasture	All soils		ND	ND	ND					
Improved pasture	All soils	1.1								

$$\text{Soil Carbon}_{\text{managed}} = \text{Soil Carbon}_{\text{native}} \times \text{Base factor} \times \text{Tillage factor} \times \text{Input factors}$$

Solução alternativa

Para cada Estado brasileiro

STEPS 1 AND 2					STEP 3		
A Land-use/ Management Systems	B Soil type	C Soil Carbon (t) (Mg C/ha)	D Land Area (t-20) (Mha)	E Land Area (t) (Mha)	F Soil Carbon (t-20) (Tg)	G Soil Carbon (t) (Tg)	H Net change in Soil Carbon in Mineral Soils (Tg per 20 yr)
					F = (C x D)	G = (C x E)	H = (G - F)
Uso 1		X1	X	X			
Uso 2		X2	X	X			
		Xn	X	X			
Uso n							
Totals							

Note that land areas in columns D and E, summed over all land-use/management systems used in the inventory should be equal. Total land areas within each soil type, across all land-use systems, should also remain constant over the inventory period.

Estatísticas do IBGE

Informações de uso da terra



$$\text{Soil Carbon}_{\text{managed}} = \text{Soil Carbon}_{\text{native}} \times \text{Base factor} \times \text{Tillage factor} \times \text{Input factors}$$

de acordo com a vegetação nativa e os tipos de solo

RESULTADOS



Calculo dos fluxos médios anuais em Gg* de CO₂ para dois períodos de 20 anos:

1970-1990

1975-1995

1 Gg = 10⁹ g =
1000 toneladas

States/Region	1970-1990	1975-1995
Acre	805	789
Amapá	2,148	3,876
Amazonas	1,173	622
Pará	7,653	6,007
Rondônia	3,939	3,649
Roraima	699	884
Tocantins	6,100	2,709
North Region	22,517	18,536
Alagoas	1,500	593
Bahia	9,772	8,694
Ceará	-240	-722
Maranhão	8,040	4,224
Paraíba	-210	-847
Pernambuco	182	-845
Piauí	2,076	772
Rio Grande do Norte	-29	-239
Sergipe	342	176
Northeast Region	21,433	11,806
Distrito Federal	291	239
Goiás	7,385	-74
Mato Grosso	18,800	20,985
Mato Grosso do Sul	4,249	1,379
Center Region	30,725	22,530
Espírito Santo	1,300	675
Minas Gerais	3,282	-1,629
Rio de Janeiro	-909	-1,806
São Paulo	3,076	-877
Southeast Region	6,749	-3,637
Paraná	6,910	-425
Rio Grande do Sul	4,819	-2,303
Santa Catarina	106	-110
South Region	11,835	-2,838
BRAZIL	93,259	46,396

RESULTADOS



Período 1975 -1995
46396 Gg CO₂.ano

Qual é a margem de variação?

Calculo dos fluxos médios
anuais em Gg* de CO₂ para
dois períodos de 20 anos:

1970-1990

1975-1995

1 Gg = 10⁹ g =
1000 toneladas

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

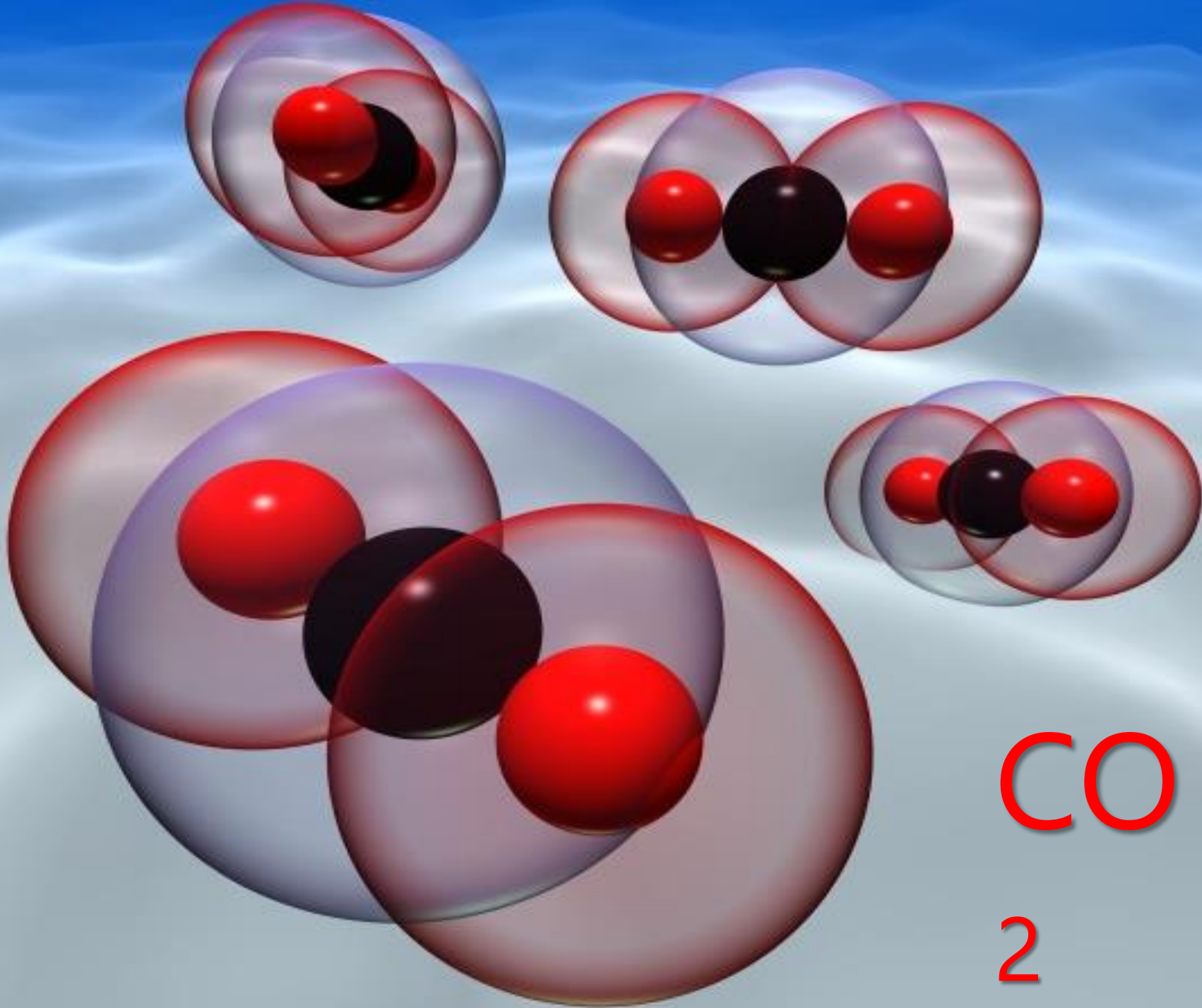
Analizando amostras de terra

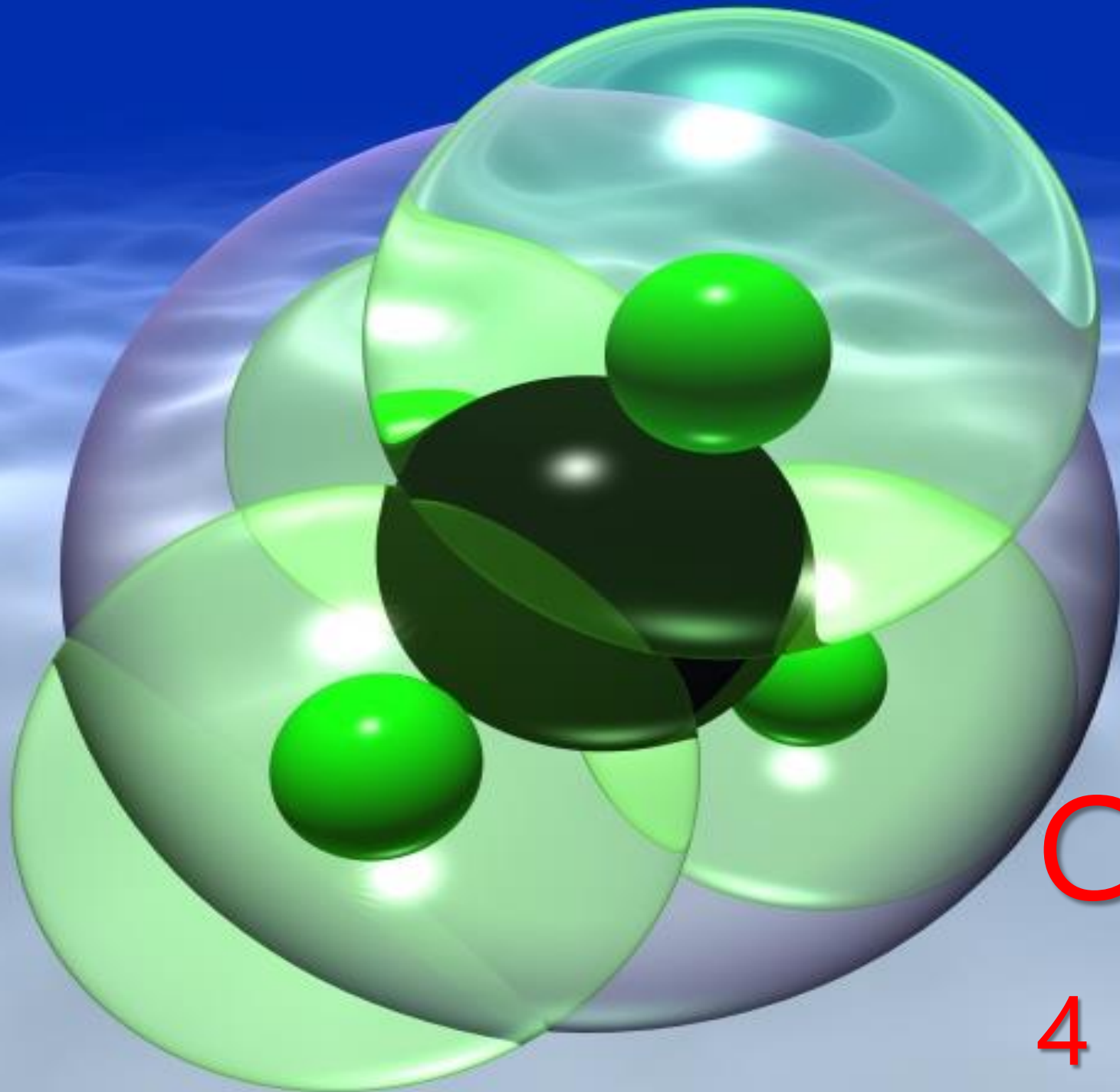
Cronossequências

Pares



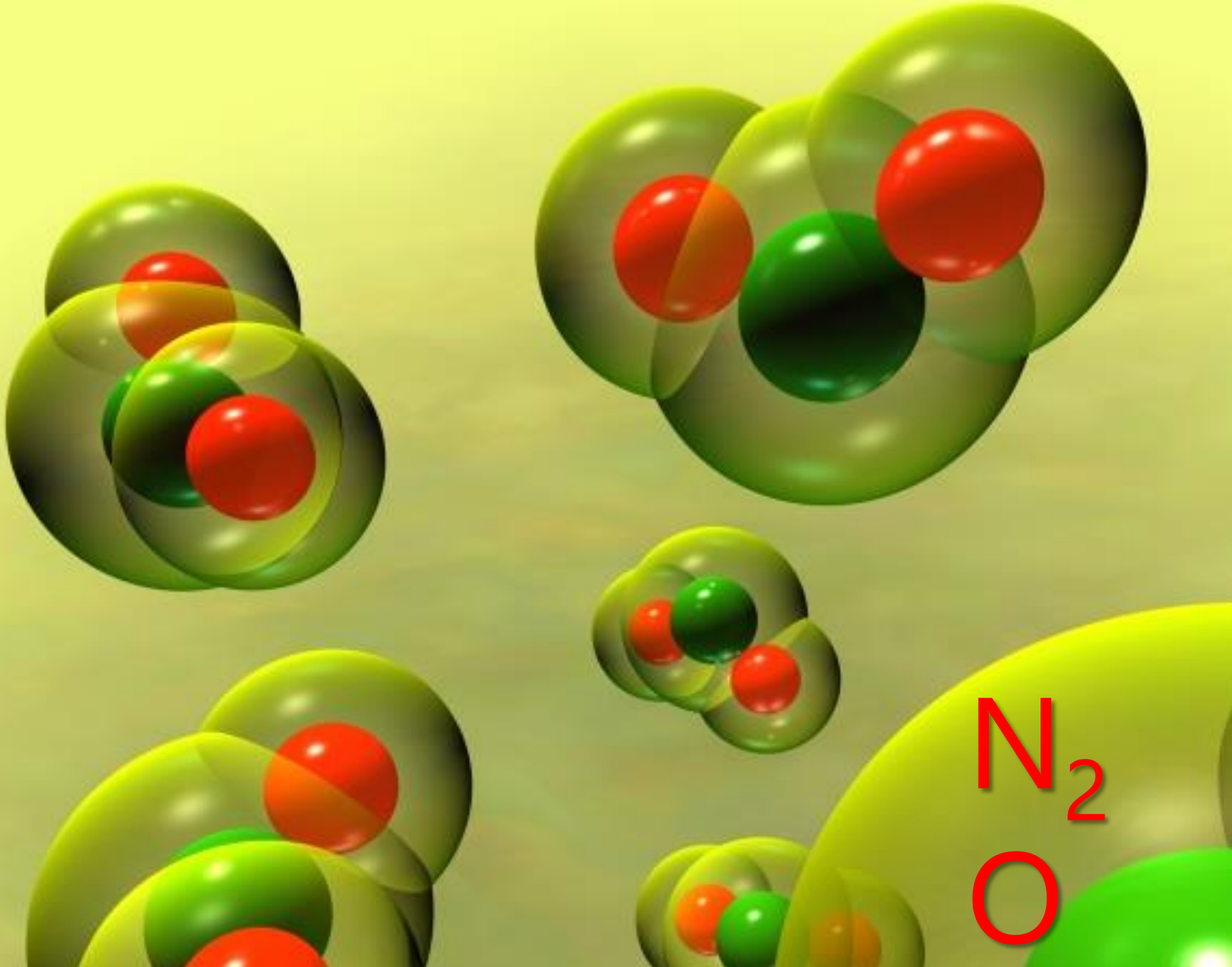
**EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA NO BRASIL:
a importância da agricultura e das pastagens**





CH

4



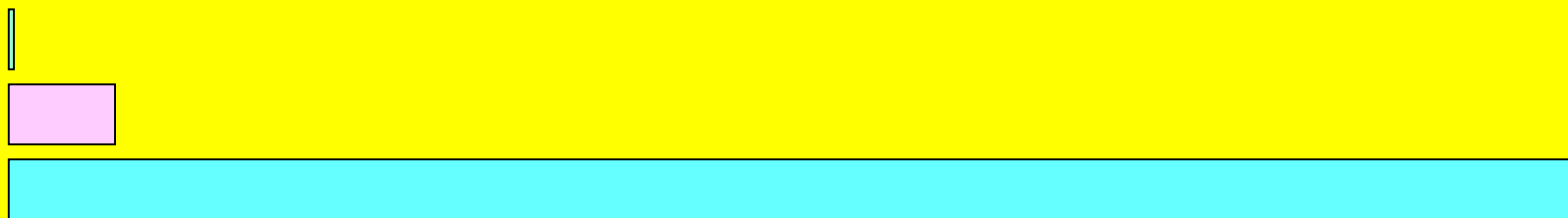
Potencial de aquecimento glob

CO_2	CH_4	N_2O
1	25	298

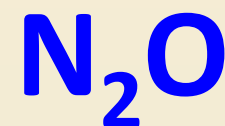
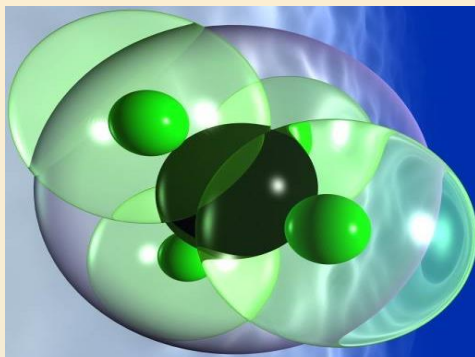
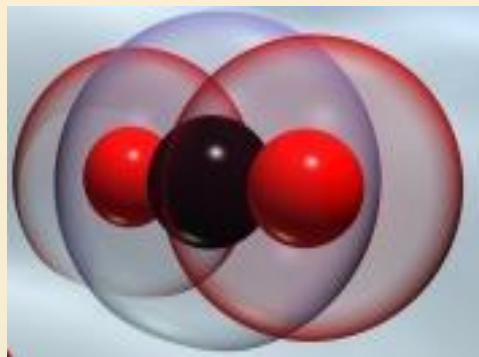
Equivalente CO_2

1 kg $\text{CH}_4 = 25$ kg CO_2

1 kg $\text{N}_2\text{O} = 298$ kg CO_2



Principais gases do efeito estufa emitidos na agropecuária



Potencial de
Aquecimento
Global

1

25

298

Equivalente em CO_2

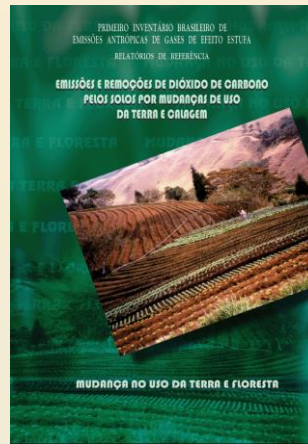
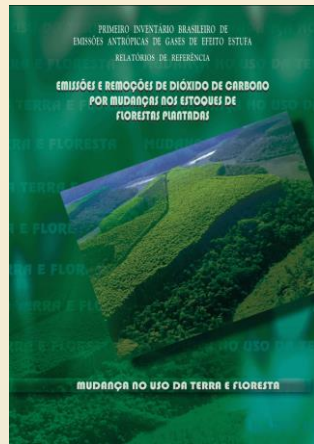
$\text{CO}_2\text{eq} \rightarrow \text{Ceq}$

Review

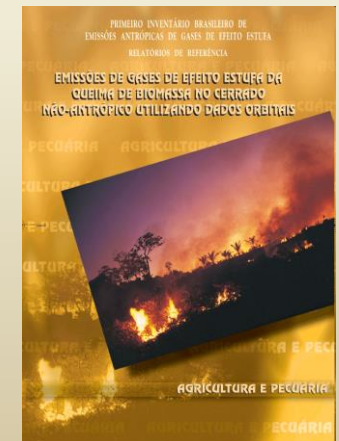
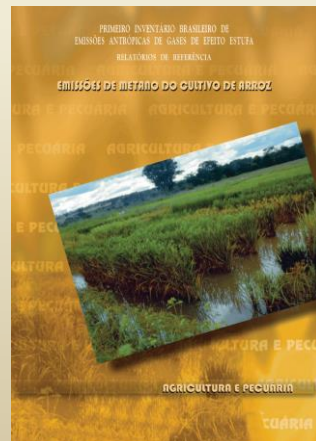
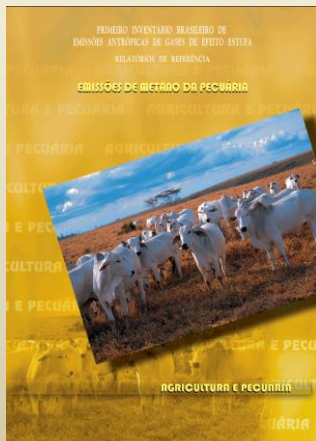
BRAZILIAN GREENHOUSE GAS EMISSIONS: THE IMPORTANCE OF AGRICULTURE AND LIVESTOCK

Carlos Clemente Cerri¹; Stoecio Malta Ferreira Maia²; Marcelo Valadares Galdos²; Carlos Eduardo Pellegrino Cerri^{3*}; Brigitte Josefine Feigl¹; Martial Bernoux⁴

Sistemática de atualização



Terras abandonadas Florestas plantadas Solos (CO₂)



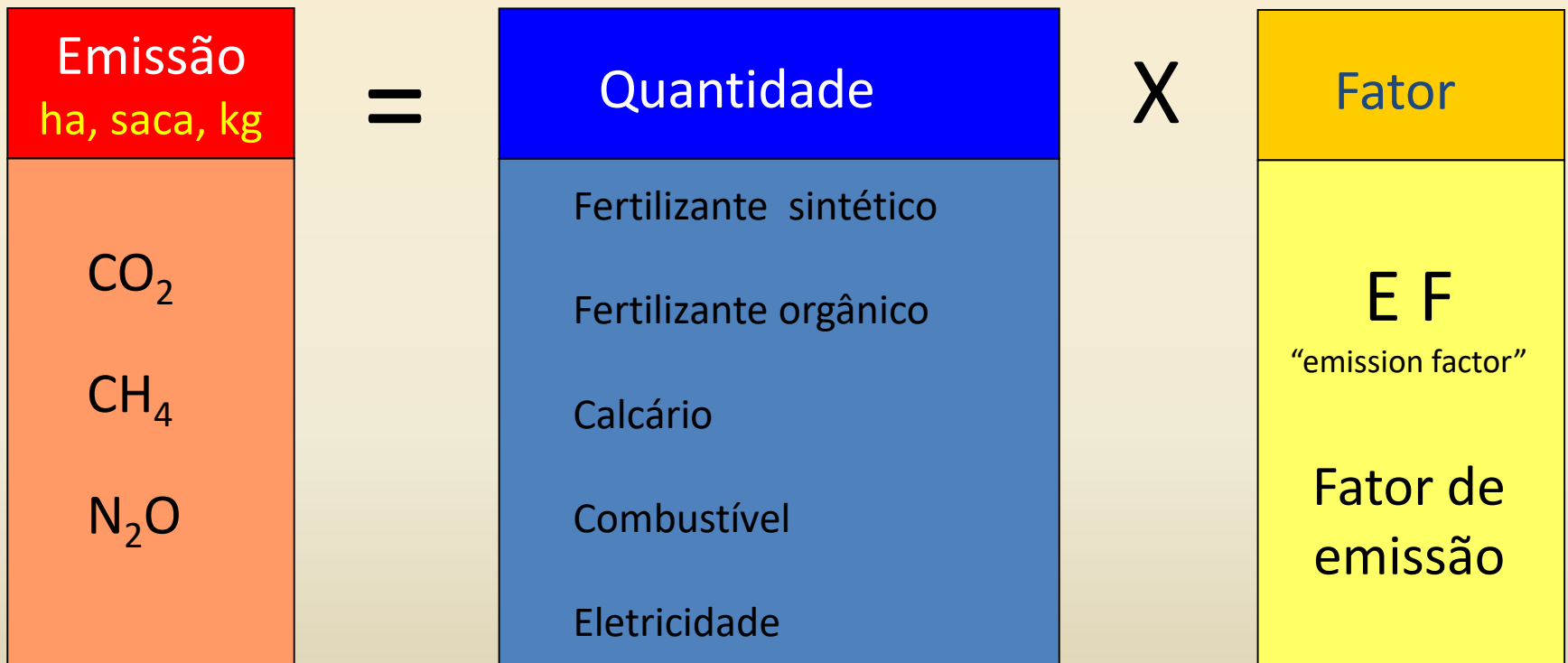
Pecuária

Arroz inundado

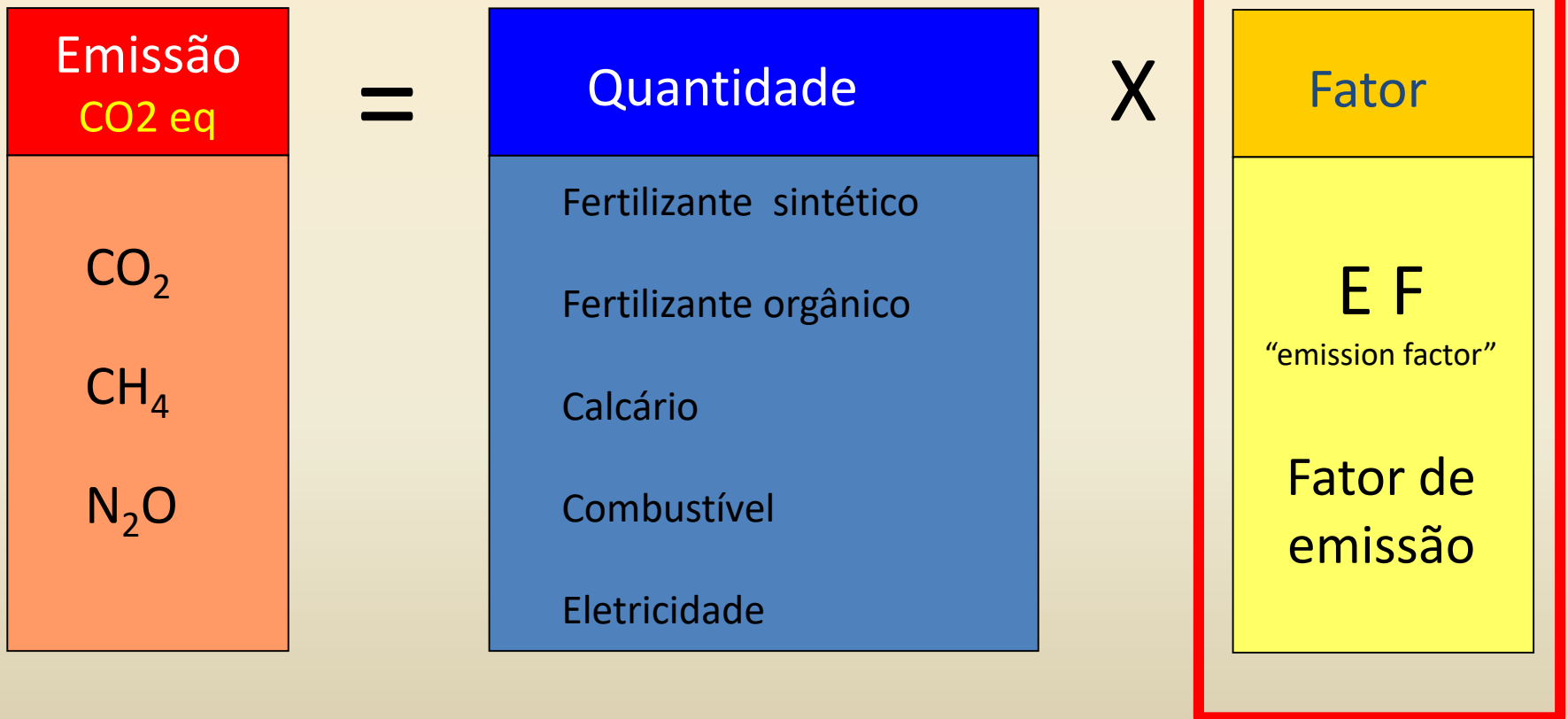
Queima de resíduos Solos (N₂O)

Queima do Cerrado

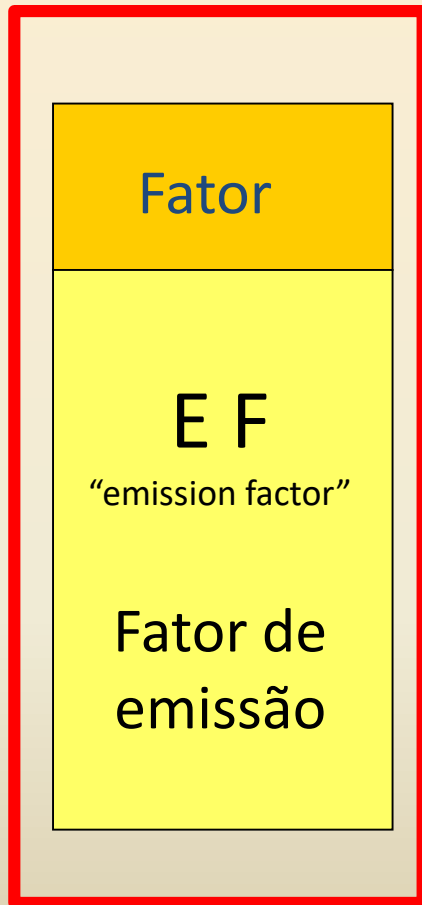
Princípio do cálculo das emissões



Princípio do cálculo das emissões



Princípio do cálculo das emissões



- “Default”: dados da Literatura
- Medidas diretas no campo

Distribuição relativa (%) das emissões dos 3 setores

Conversão de florestas em outros usos

70

Fermentação entérica

15

Manejo dejetos animais

0,6

Animais em pastagem

4,6

Esterco

0,3

Decomposição MOS (solos minerais)

3,3

Decomposição MOS (solos Orgânicos)

0,5

Calagem

0,5

Cultivo de arroz

0,5

Queima de resíduos agrícolas

0,3

Fertilizantes sintéticos

0,4

Fixação biológica N

0,6

Resíduos de colheita

0,9

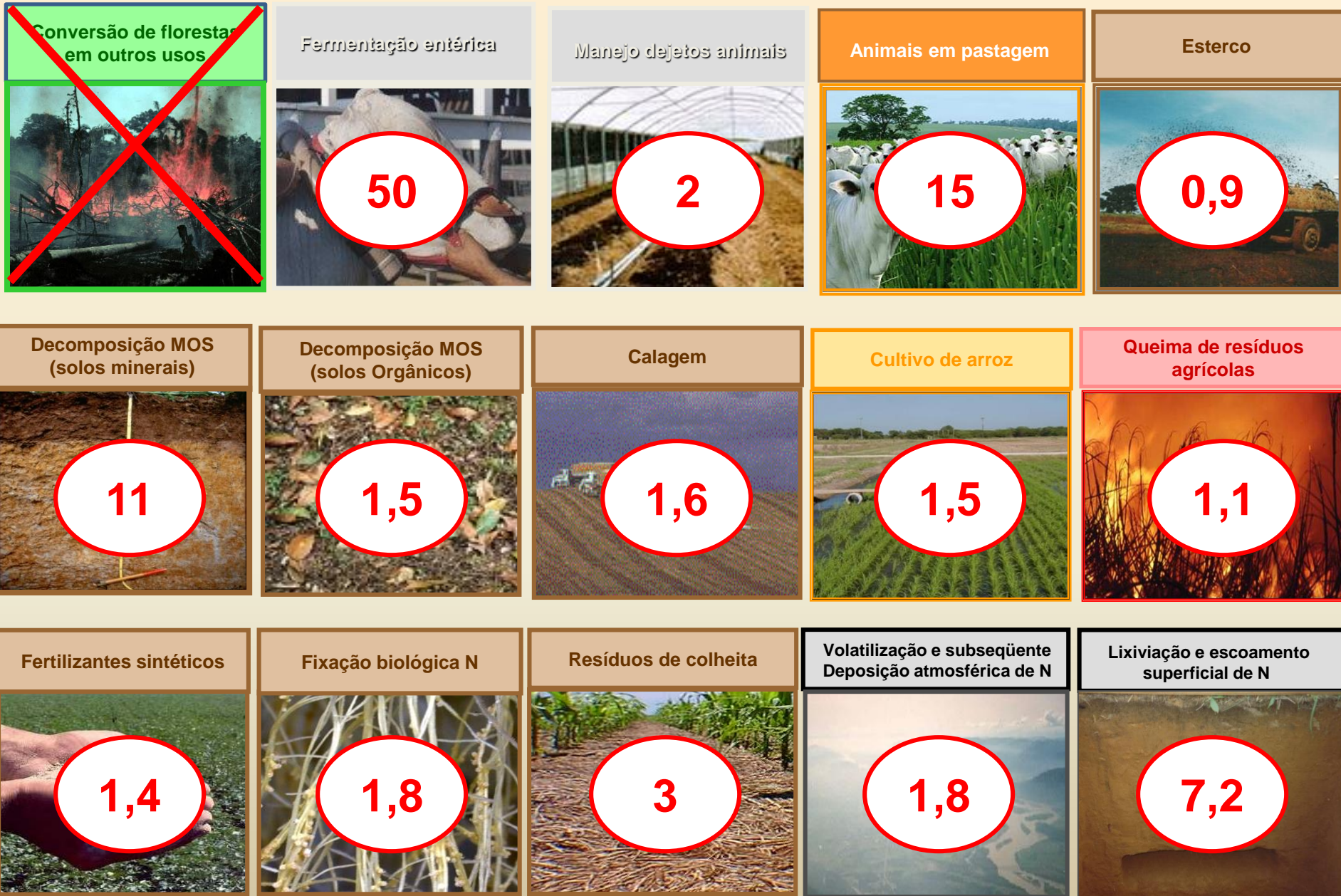
Volatilização e subsequente Deposição atmosférica de N

0,6

Lixiviação e escoamento superficial de N

2,1

Distribuição relativa (%) das emissões da agropecuária (excluindo desmatamento)



Princípio do cálculo das emissões

Fator

E F

“emission factor”

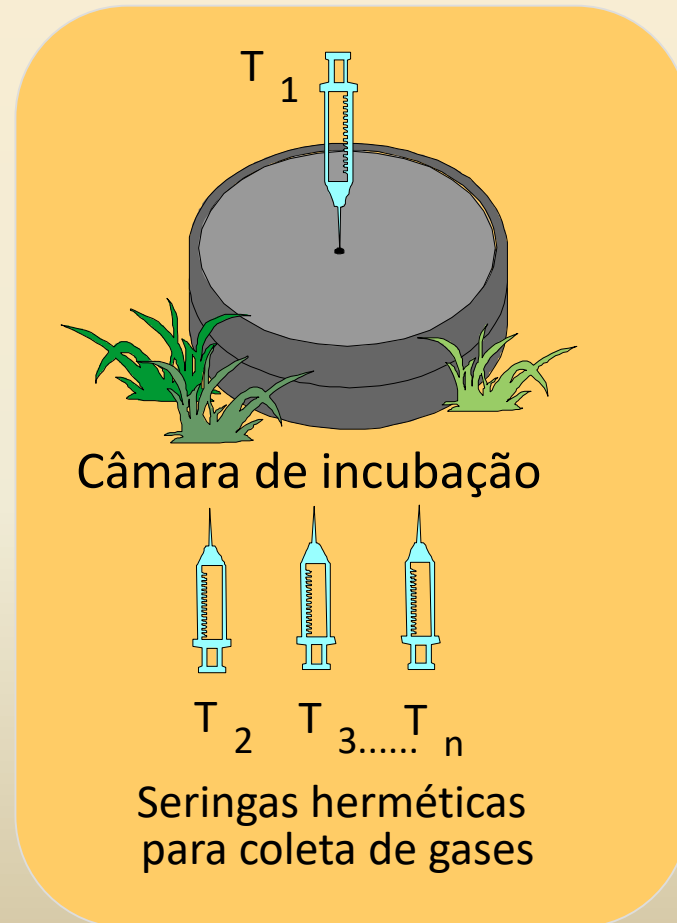
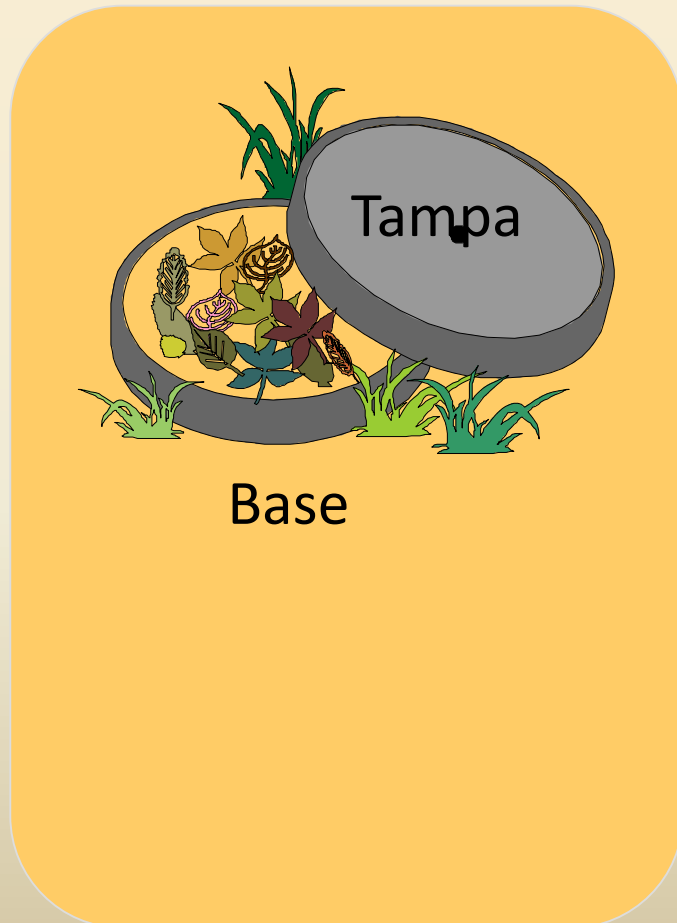
**Fator de
emissão**

“Default”: dados da Literatura

Medidas diretas no campo

Amostragem em campo

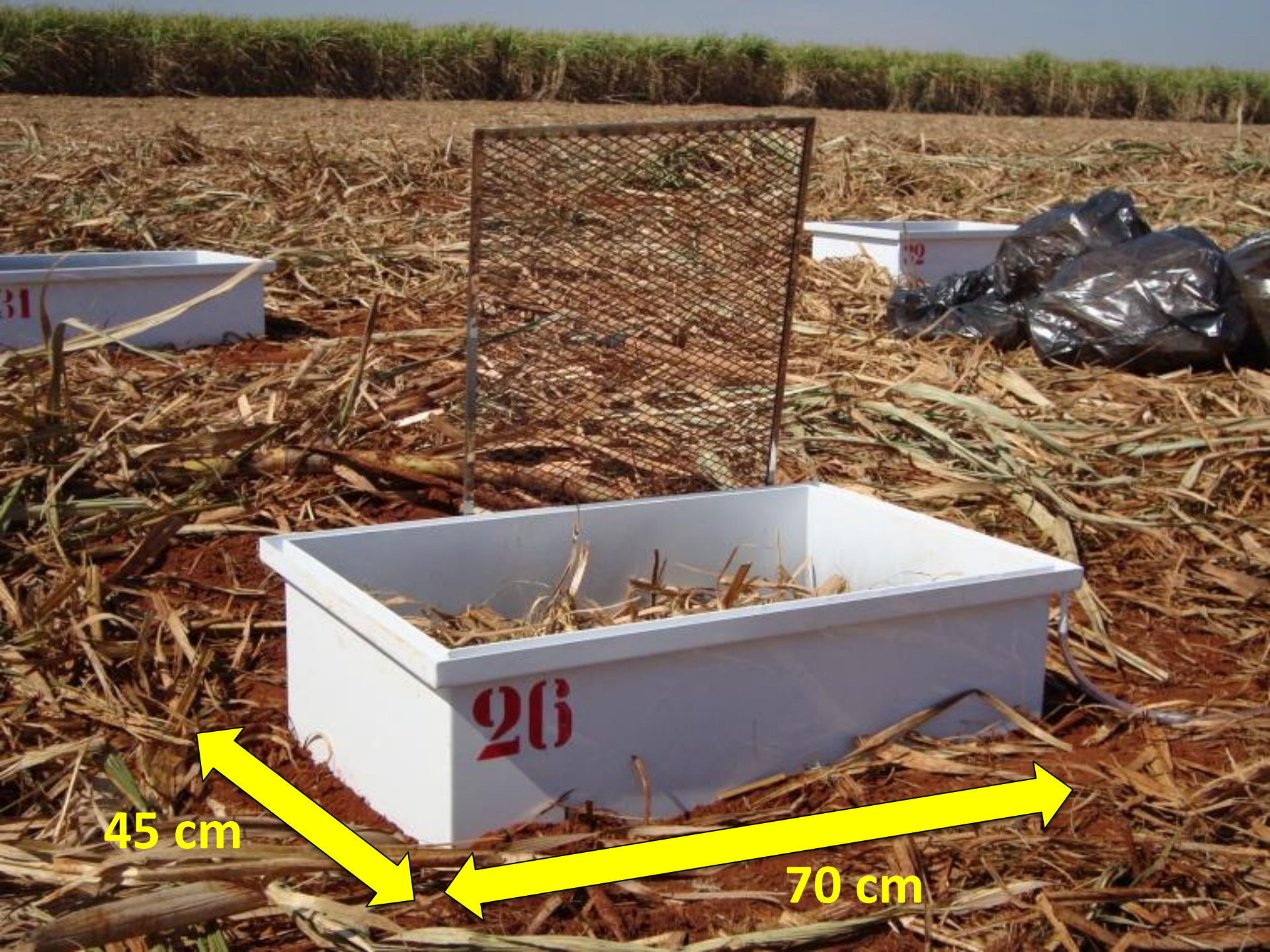
Sistema de coleta das amostras de gases











45 cm

70 cm

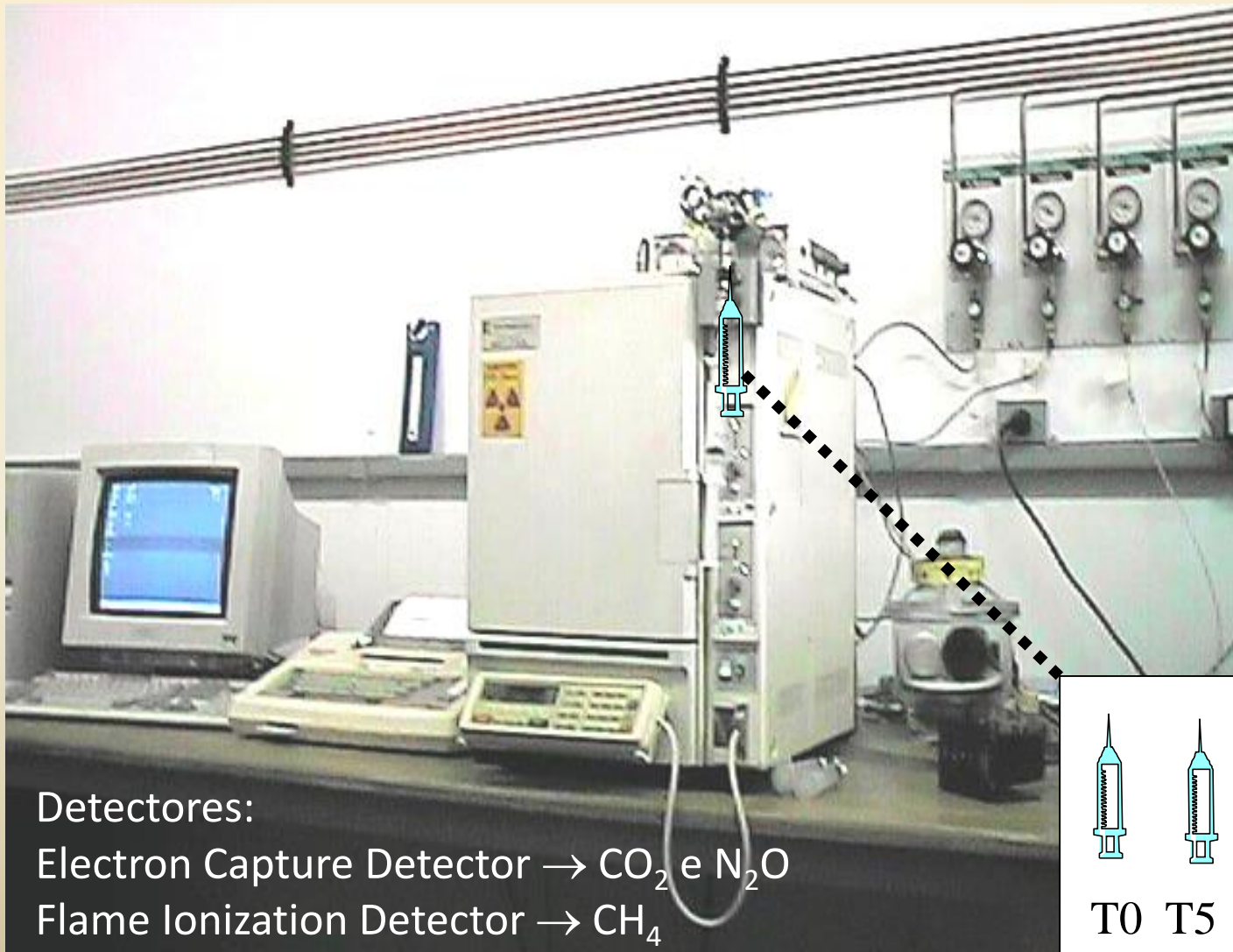








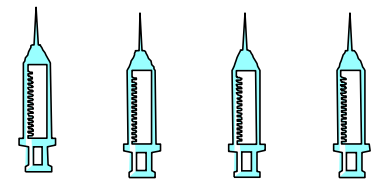
Análise cromatográfica das amostras no laboratório



Detetores:

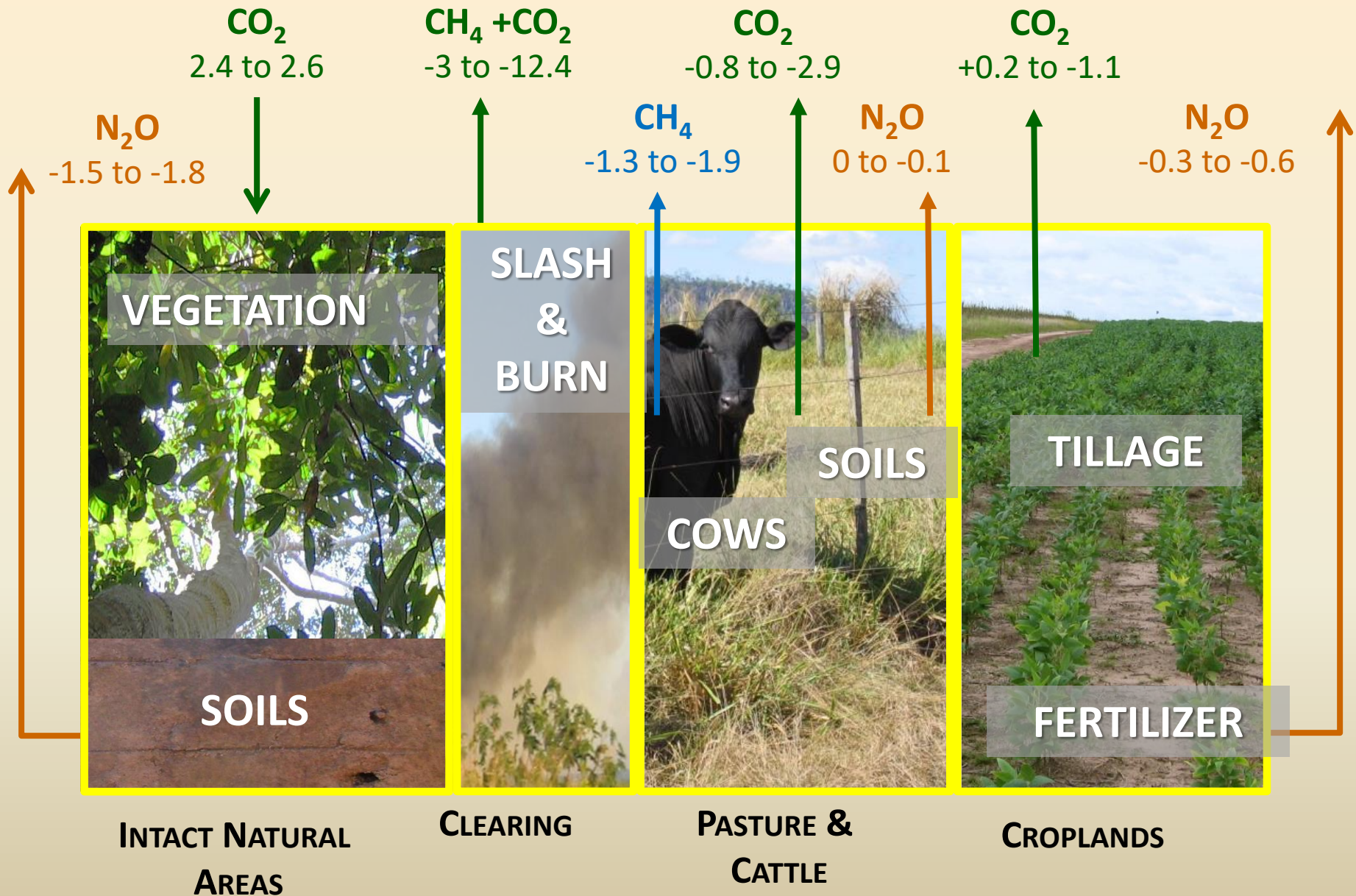
Electron Capture Detector \rightarrow CO_2 e N_2O

Flame Ionization Detector \rightarrow CH_4



T0 T5 T10 T20

Results: LCLUC GHG emissions (Pg CO₂-e)



ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

Geral do Brasil

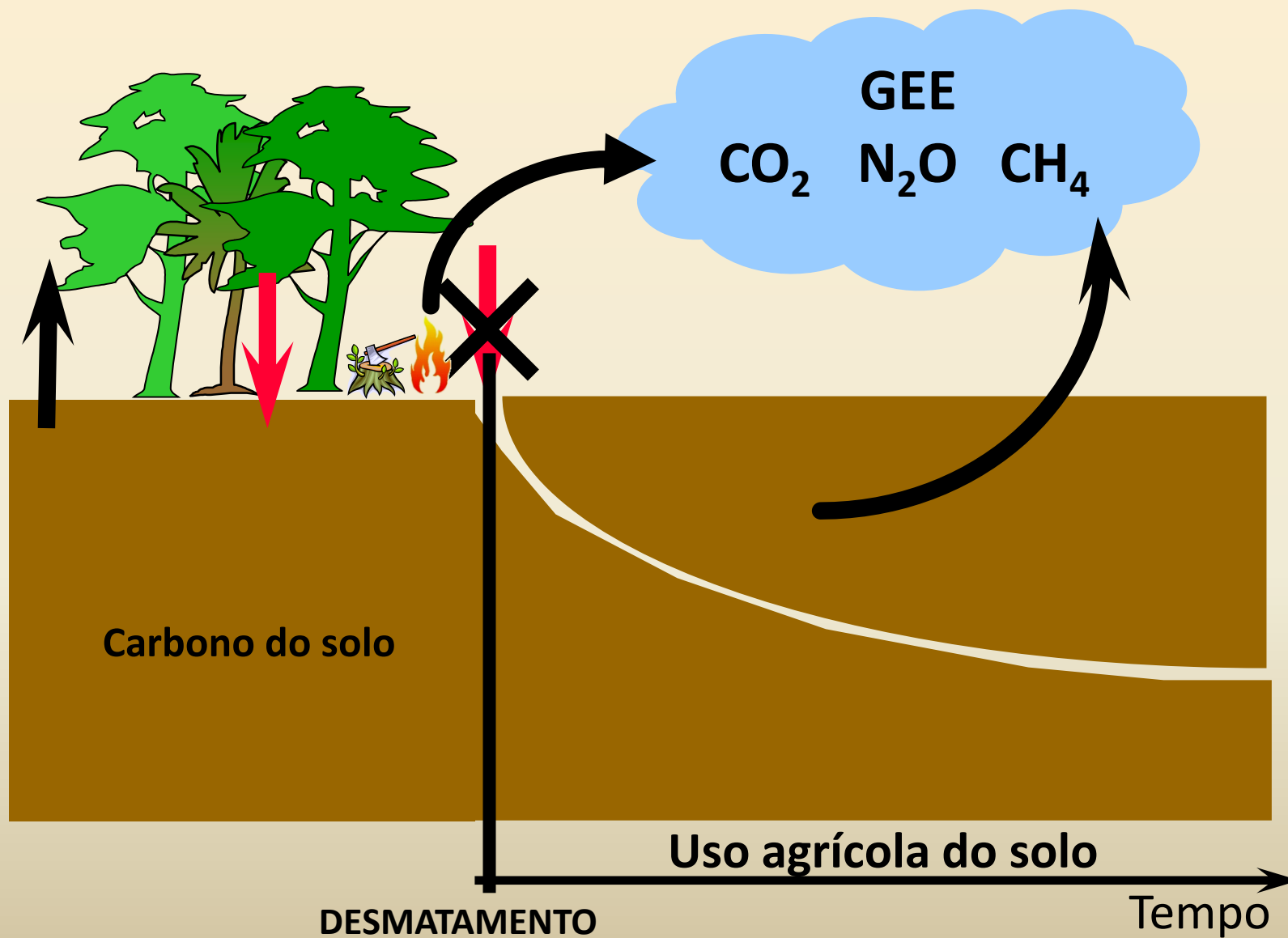
Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

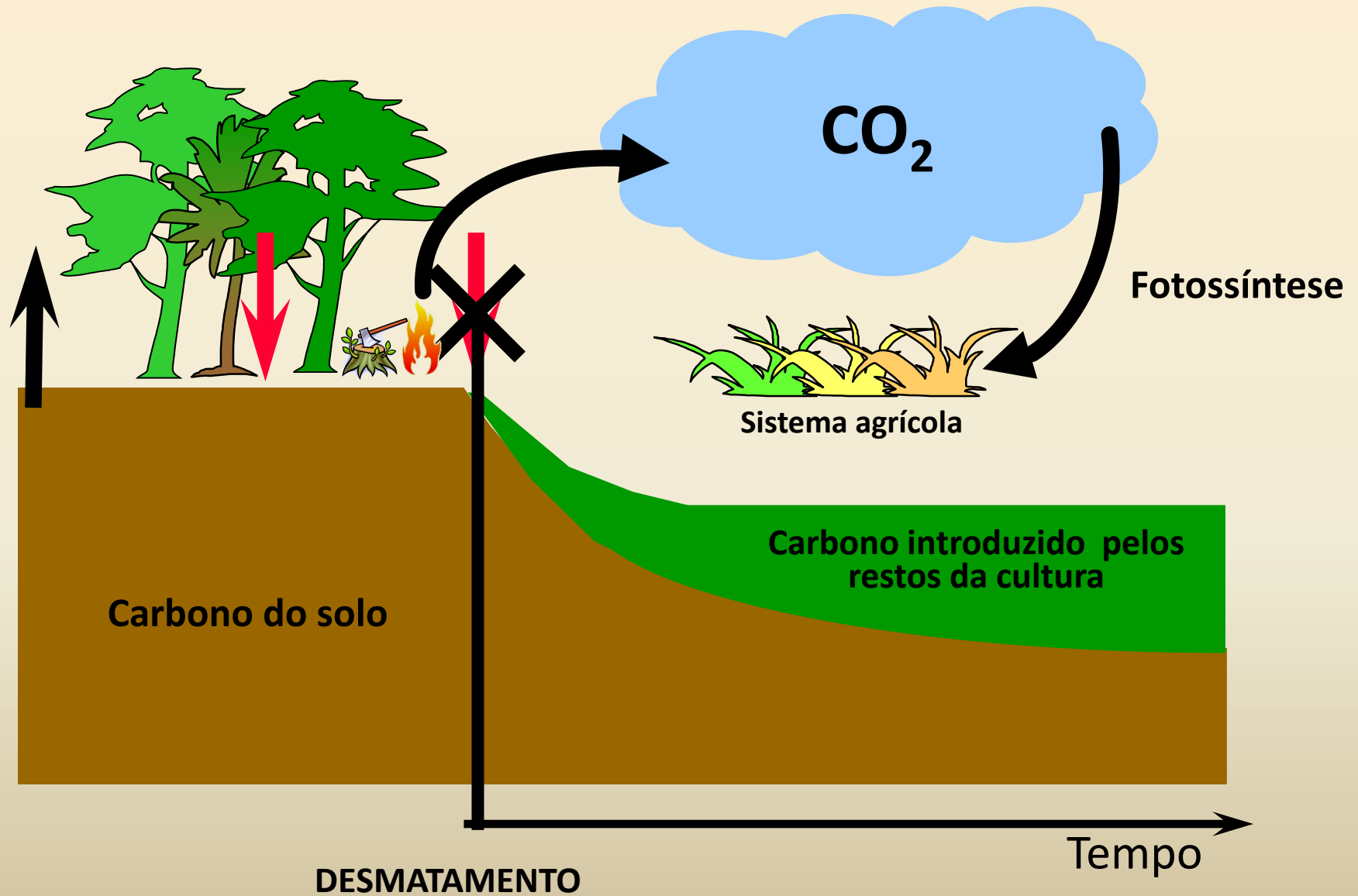
Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

Considerações finais

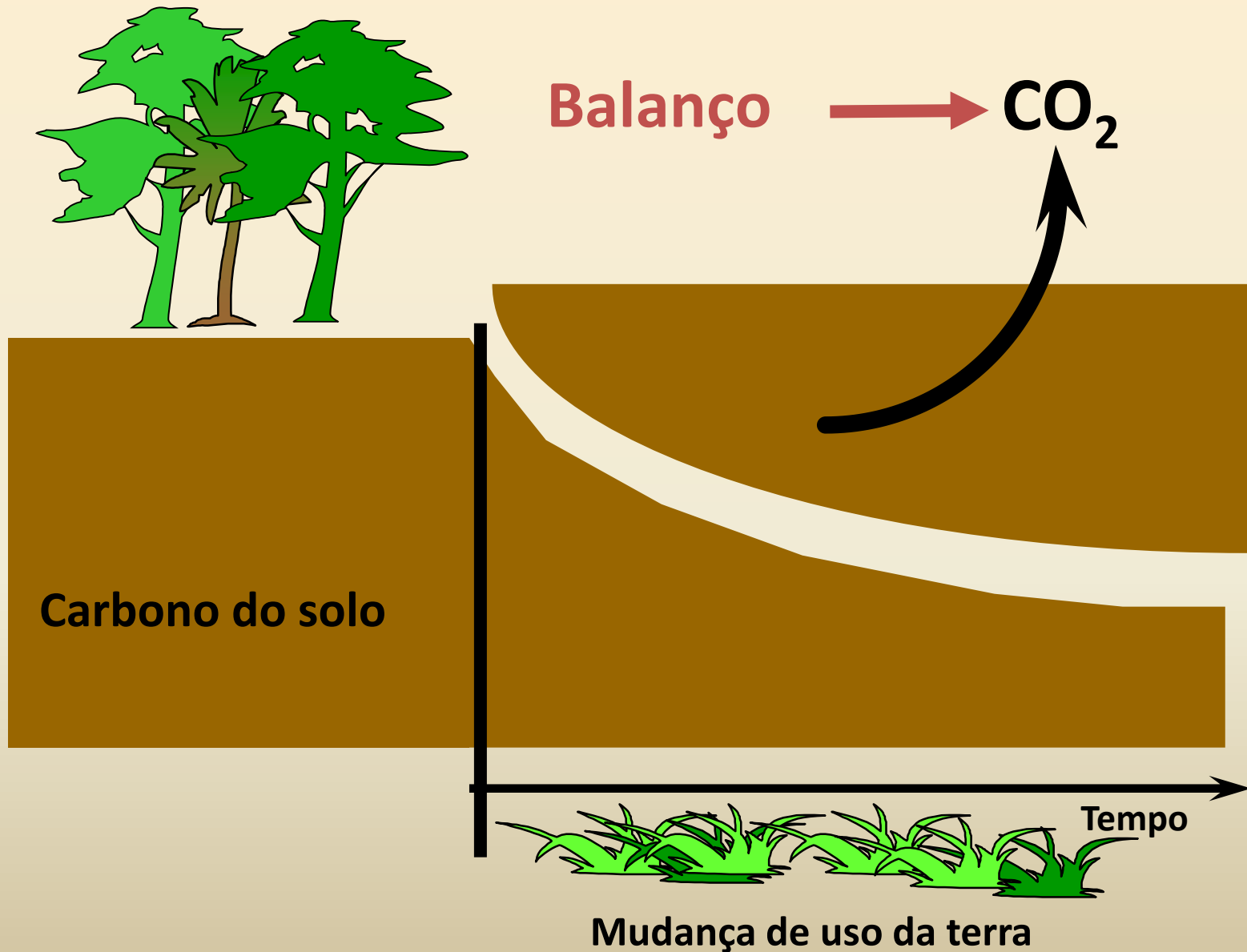
Dinâmica do carbono no solo



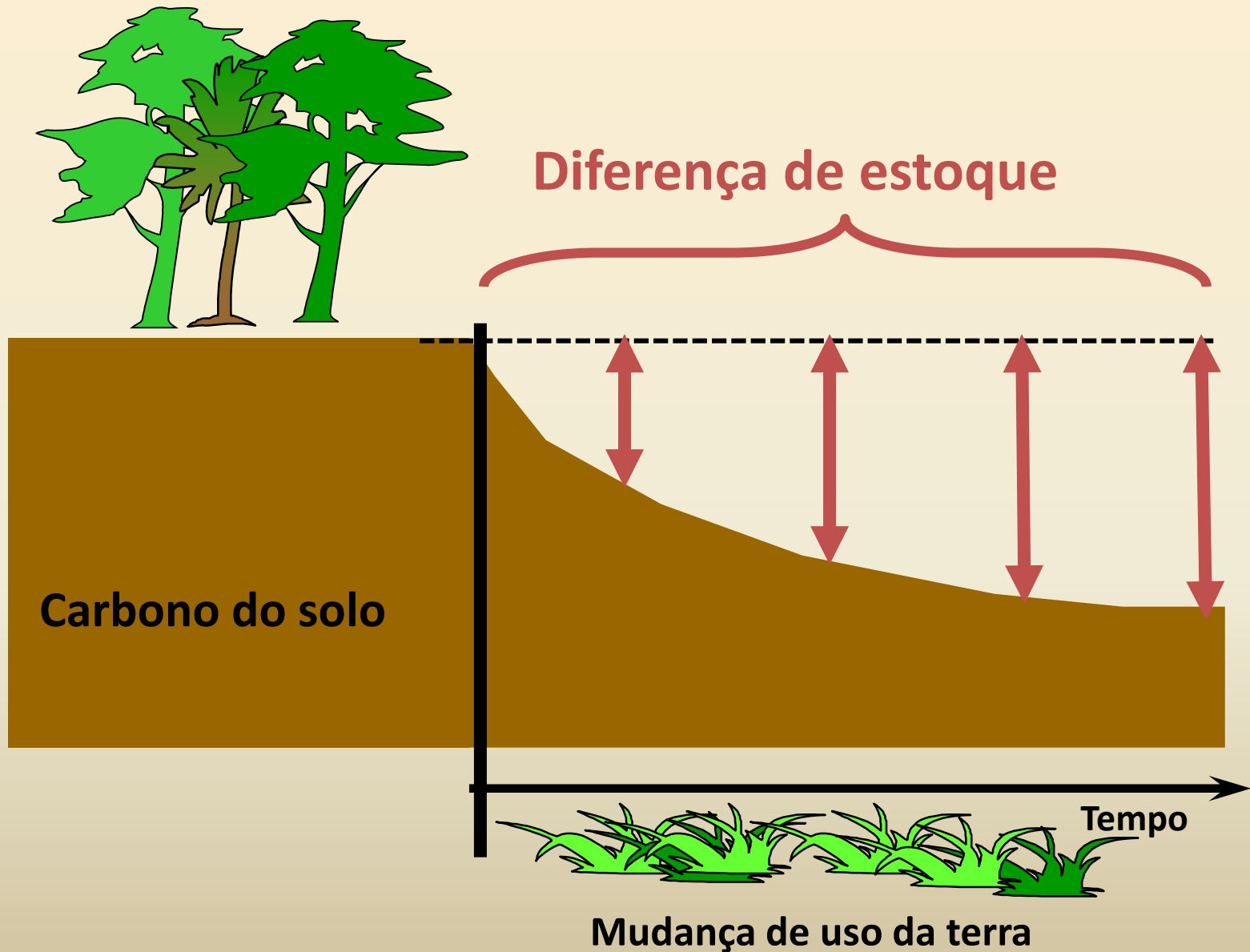
Dinâmica do carbono no solo



Determinação indireta: mudança nos estoques de C



Determinação indireta: mudança nos estoques de C



Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil
Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

Cronossequências

Pares

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

Geral do Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

Considerações finais

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE na mudança de uso da terra no Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Floresta Amazônica em pastagens

Floresta Amazônica em palma

Cerradão em soja

Caatinga em agricultura

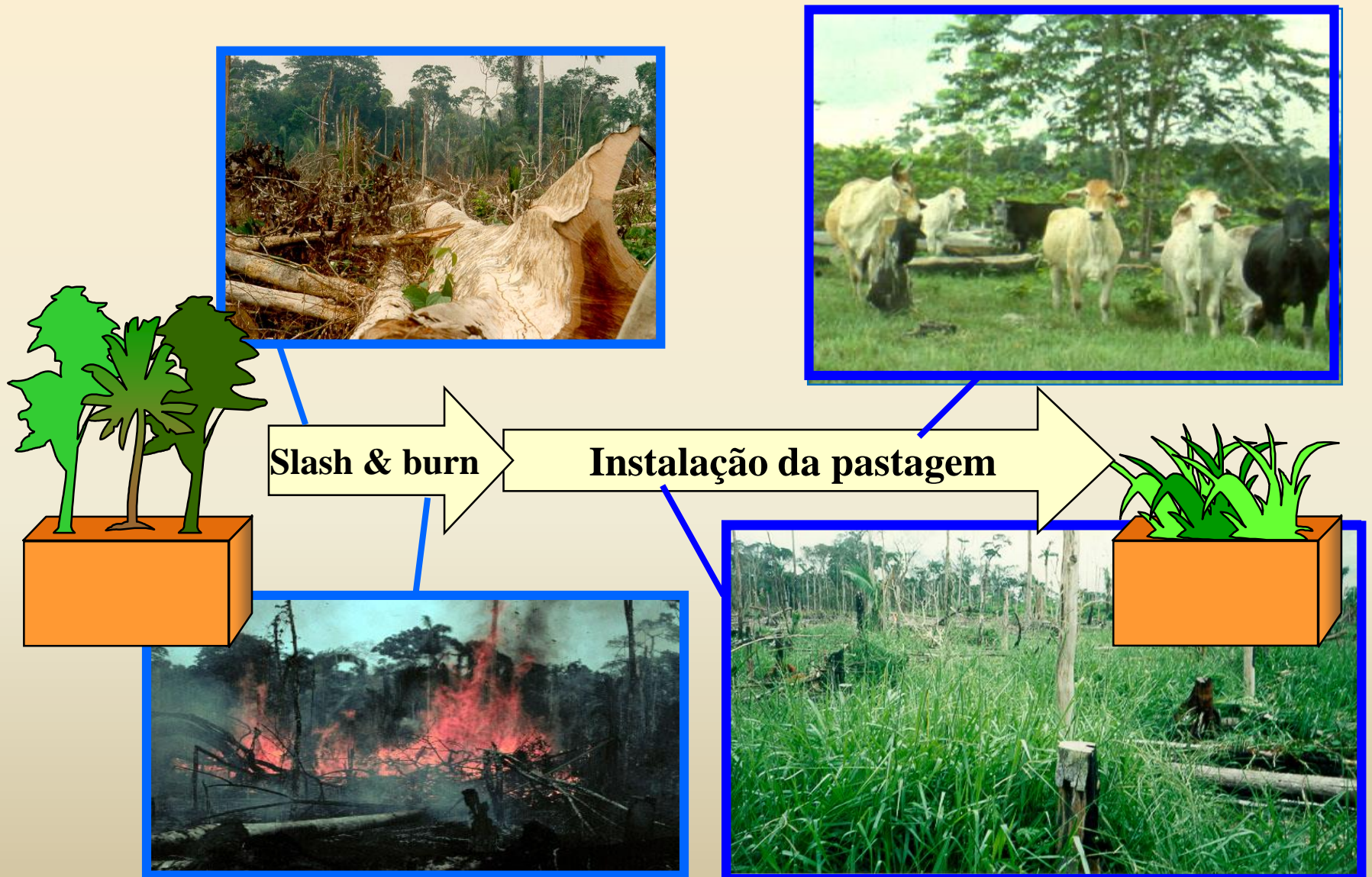
Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Pastagem em soja e outras culturas

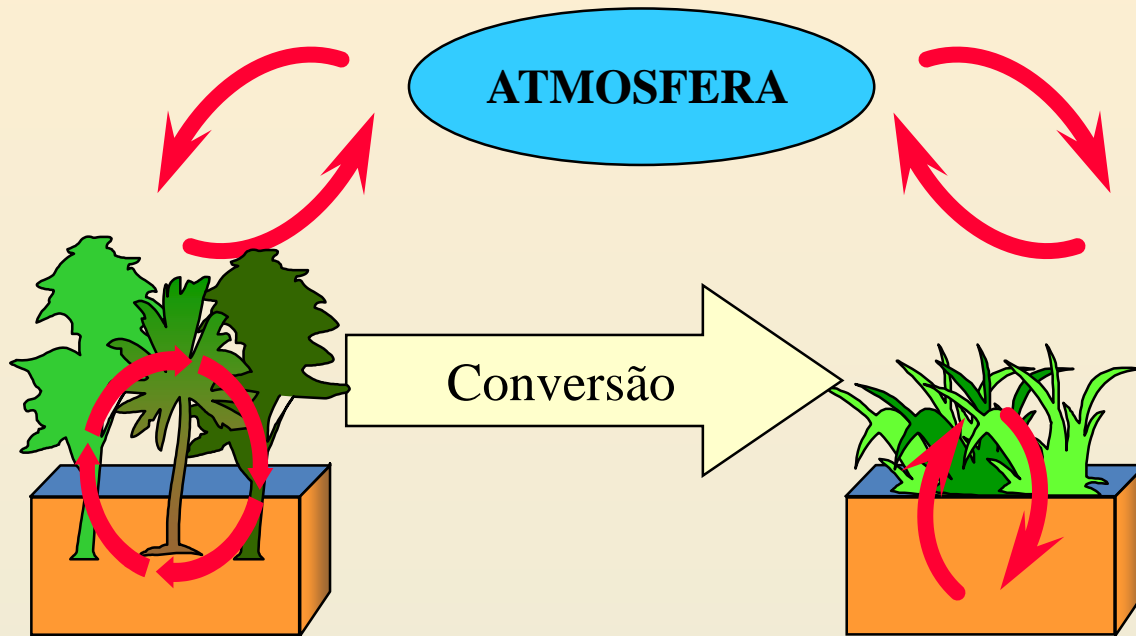
Pastagem em cana-de-açúcar

Pastagem em reflorestamento

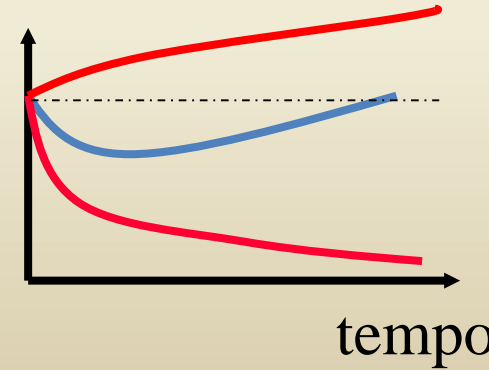
Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



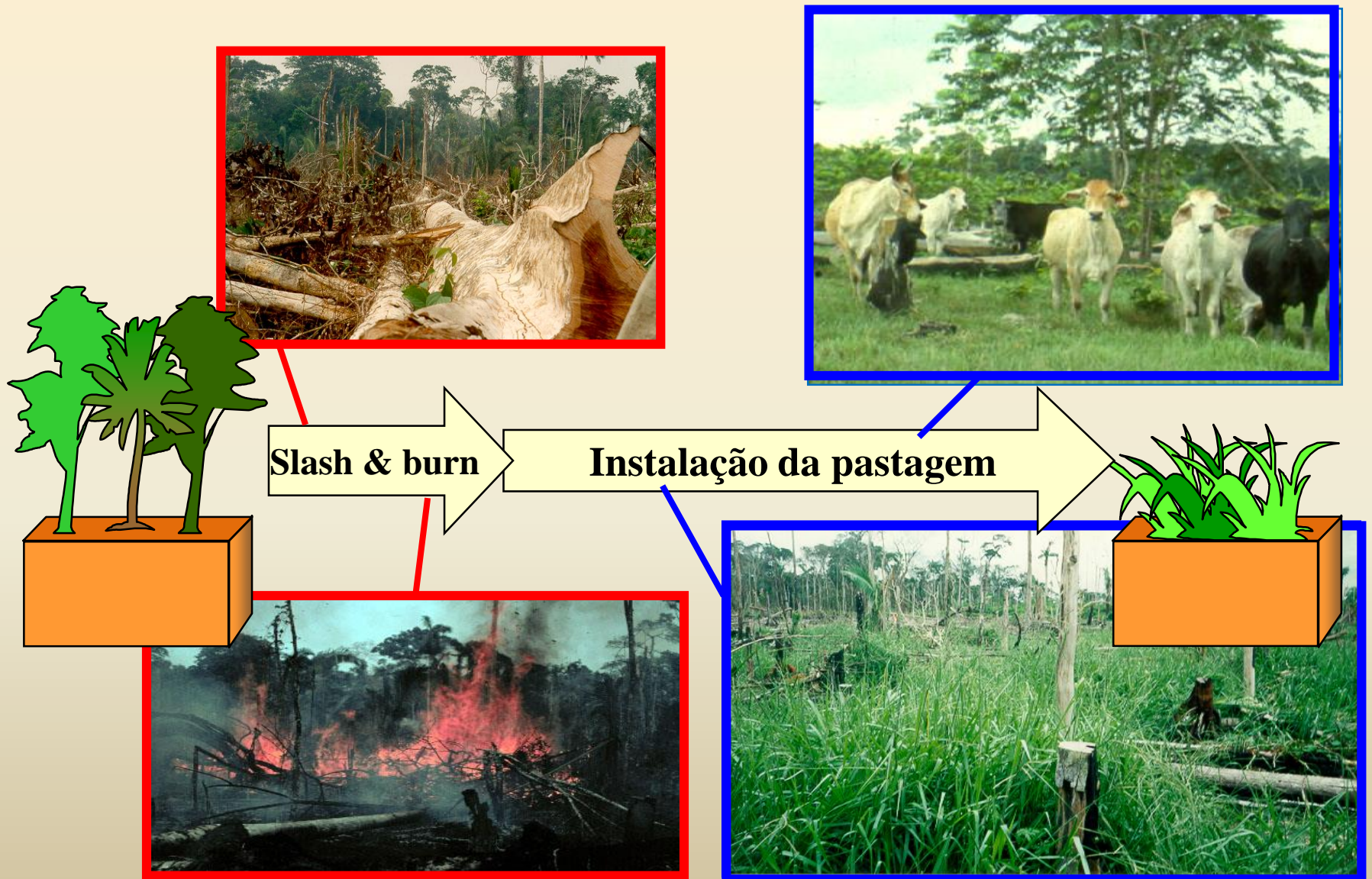
Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



Estoques e fluxos



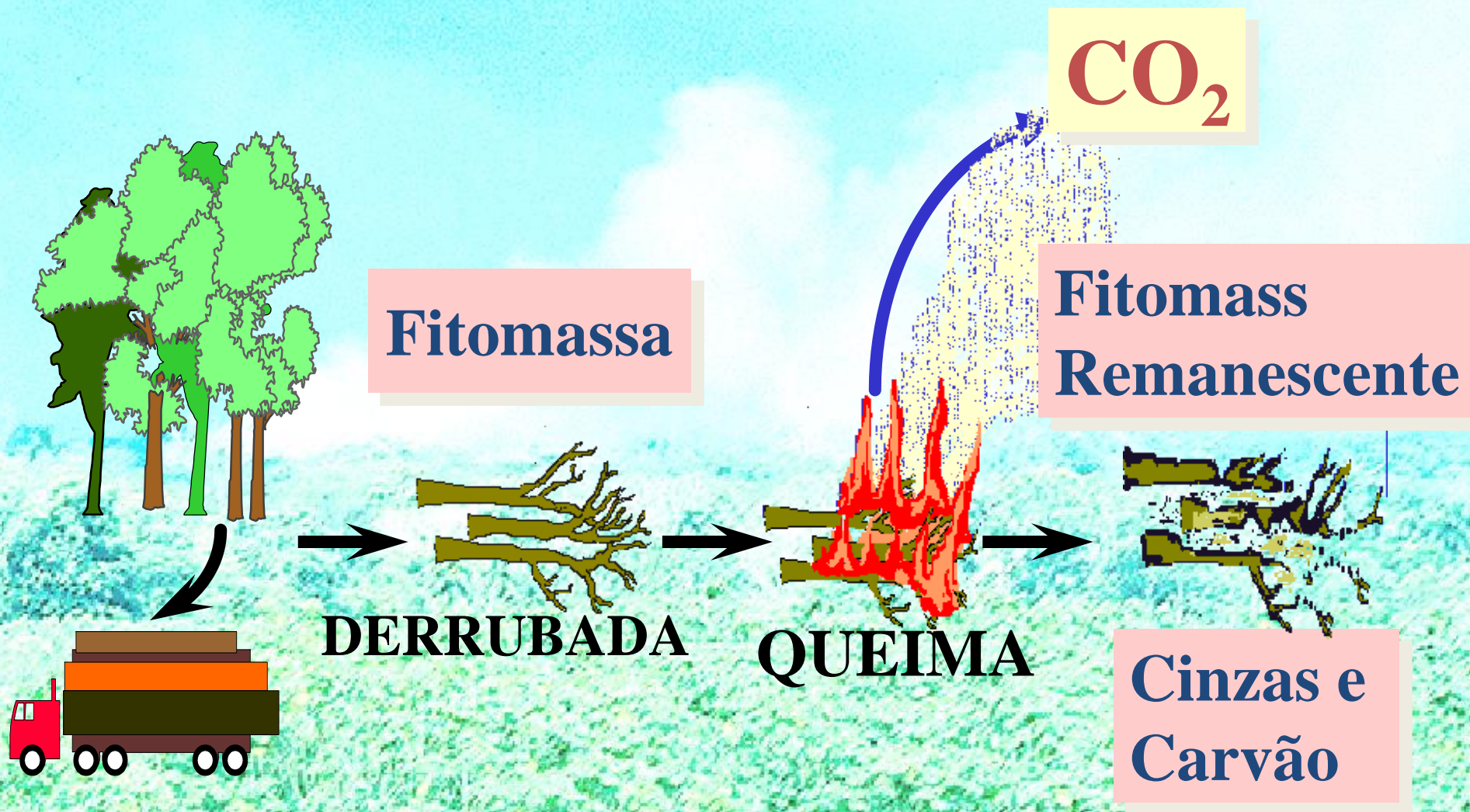
Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



A dense forest with sunlight filtering through the trees, creating a dappled light effect on the foliage. The text is overlaid in the center.

FITOMASSA AÉREA

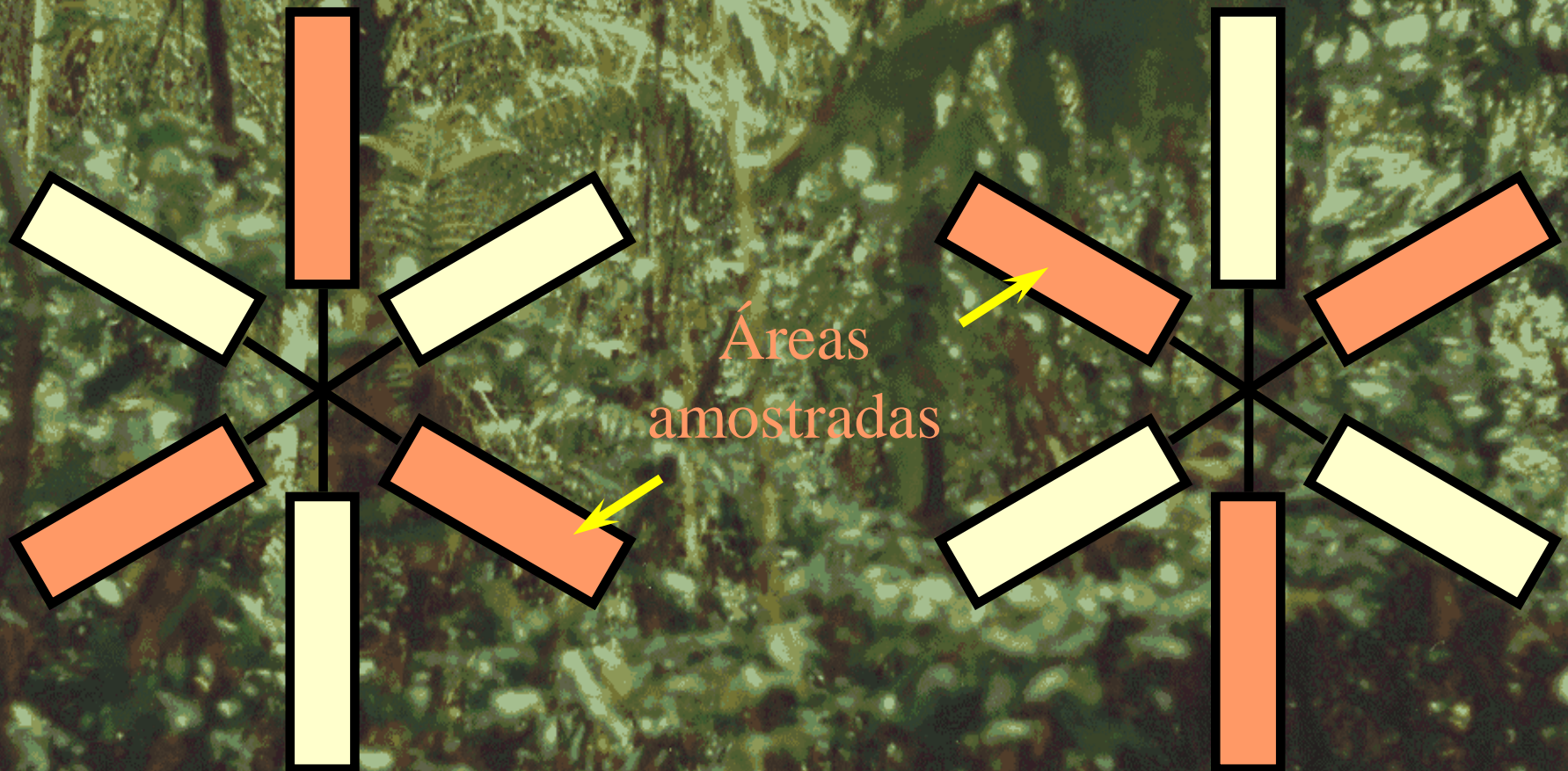
DERRUBADA E QUEIMA



ESTOQUES

FLUXOS

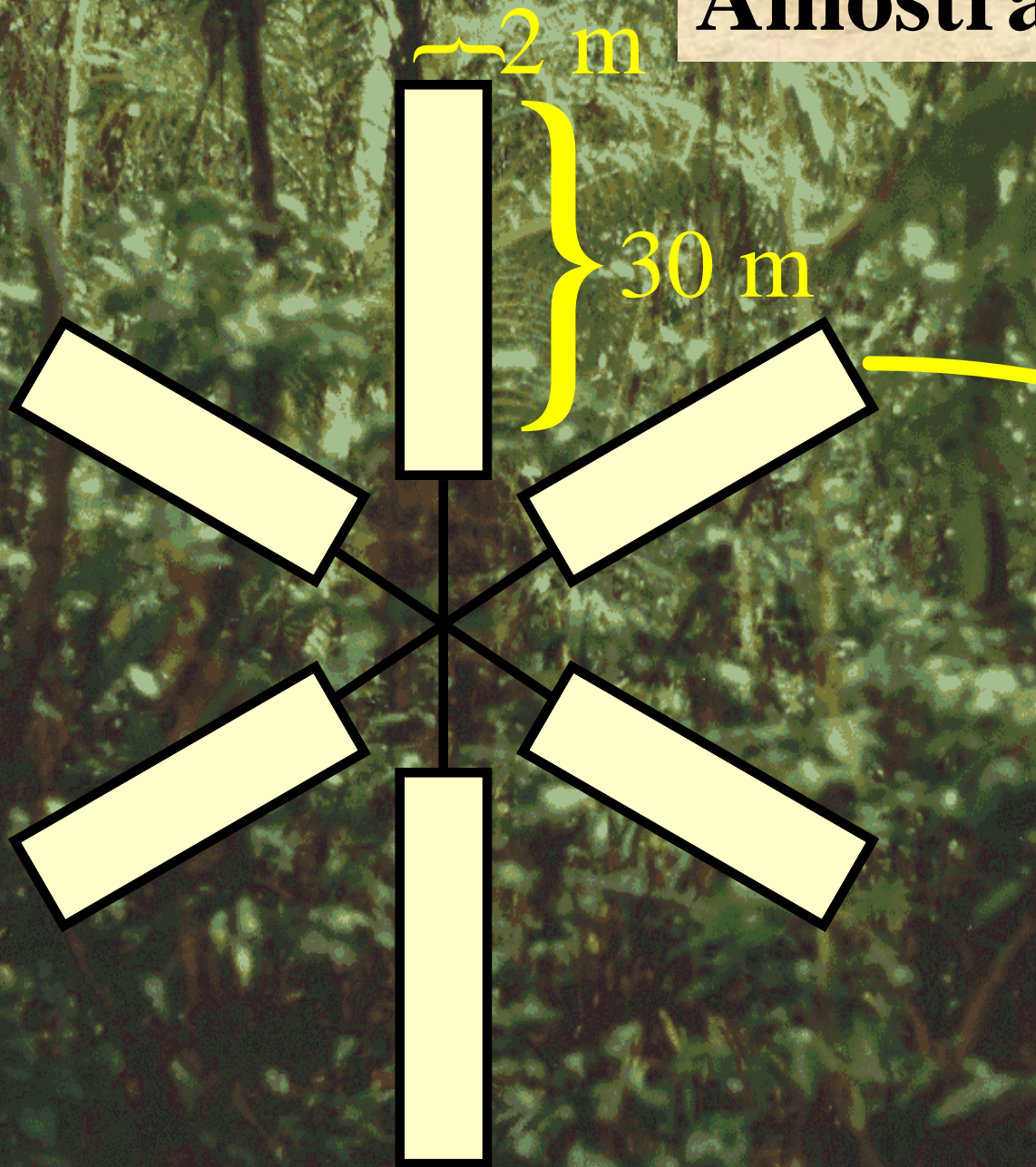
Amostragem destrutiva



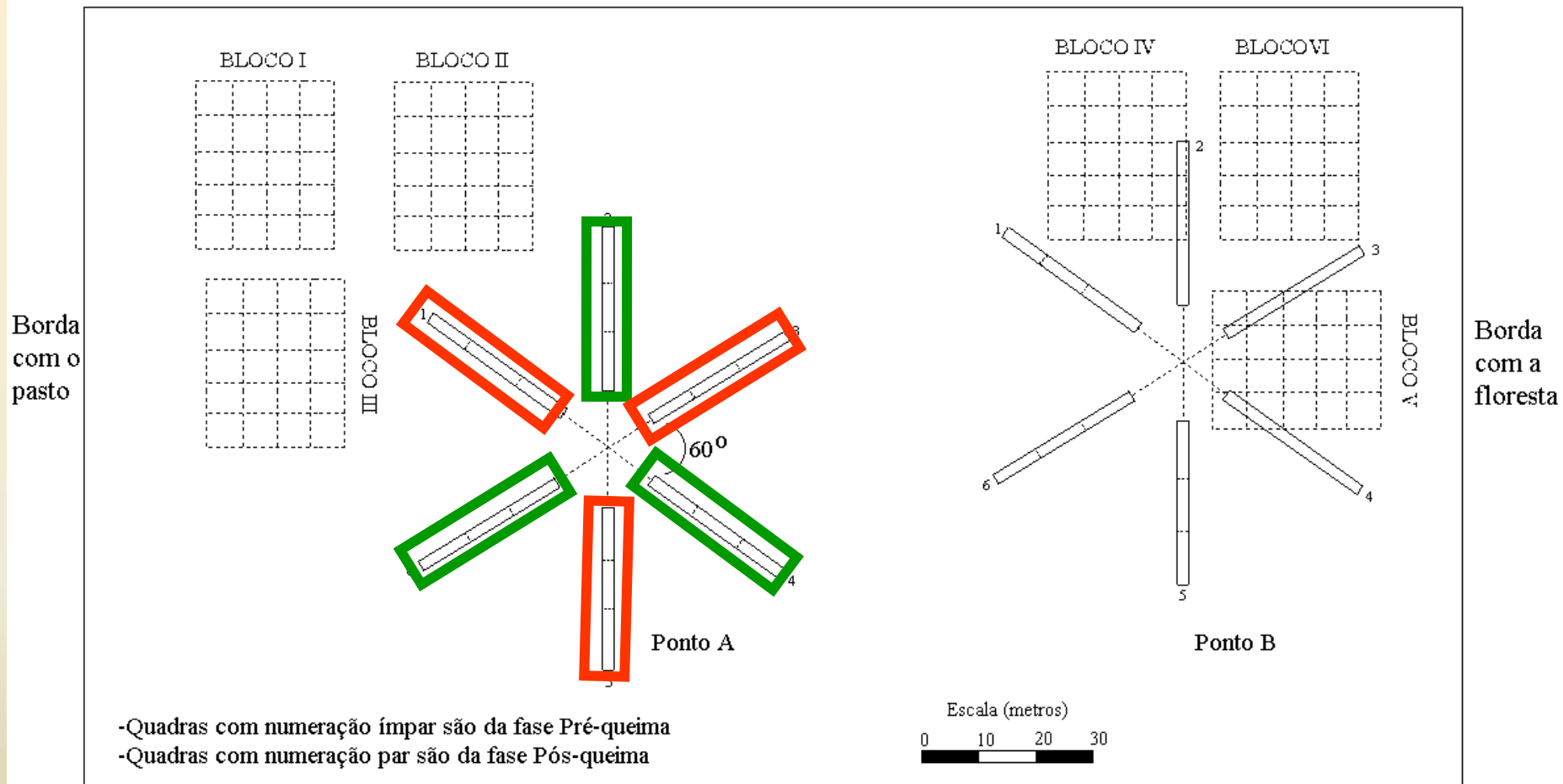
**Antes a
queima**

**Após a
queima**

Amostragem destrutiva



Borda com a floresta



Borda com capoeira

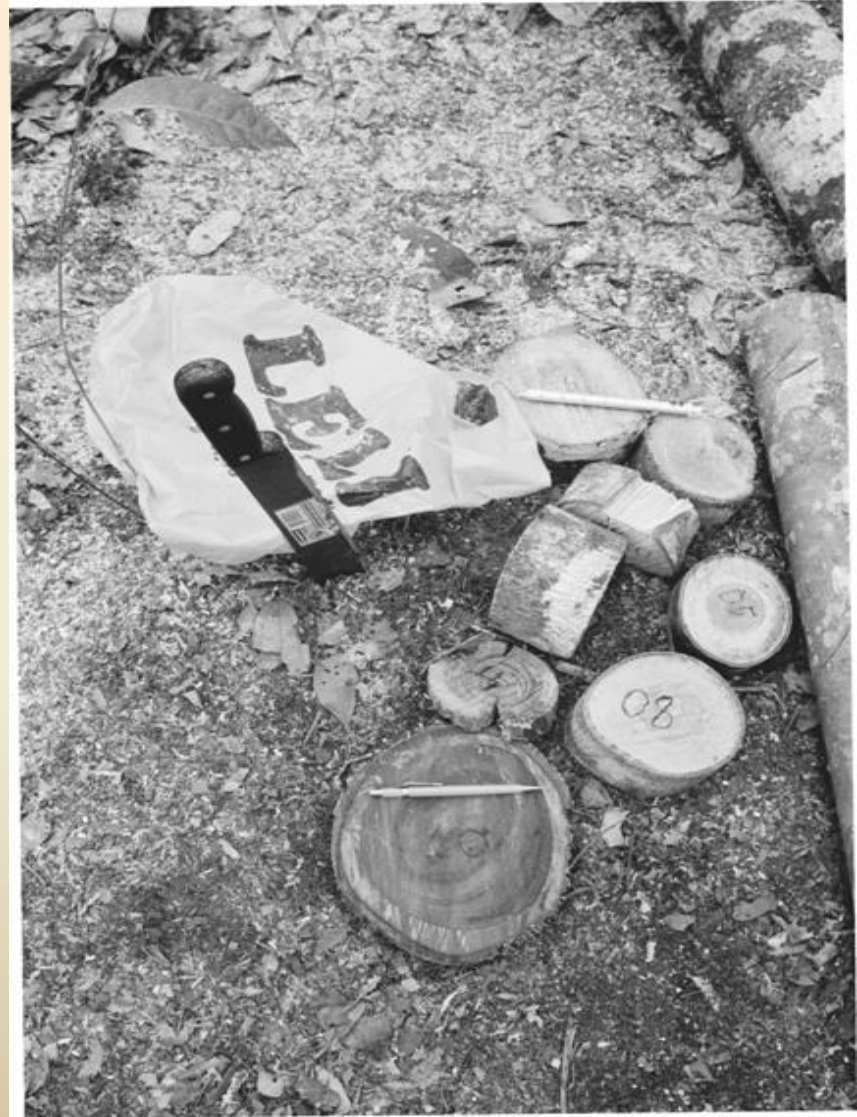




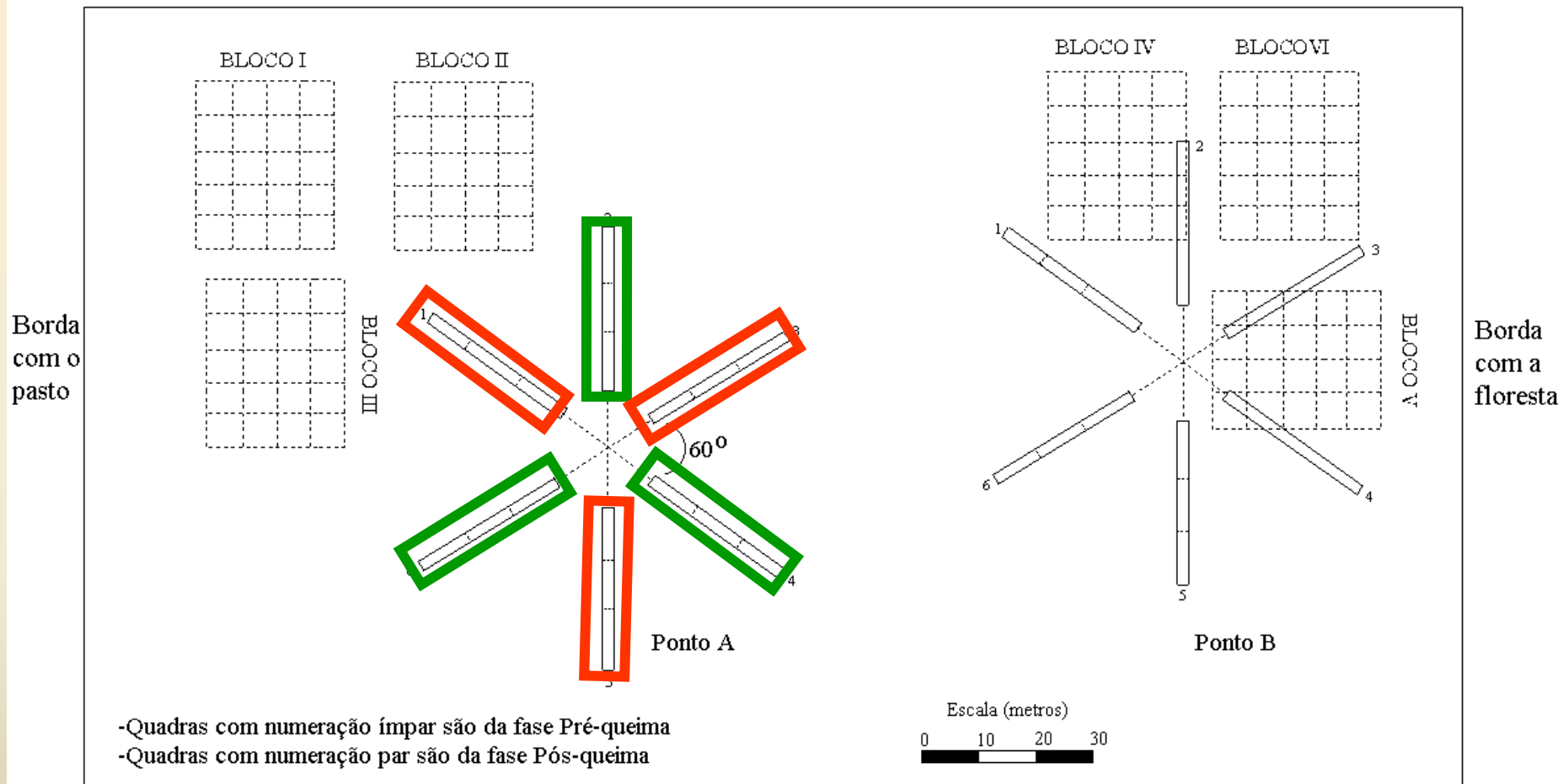




Weighing the biomass fractions in Feliz Natal – MT. Photo: Ciro A. Righi



Borda com a floresta





Biomass residues after a burn in
Feliz Natal – MT.
Foto: Ciro A. Righi

Partial view of a dy-after burn
activity in Feliz Natal – MT.
Photo: Ciro A. Righi





Post-burn amostration ray in Feliz Natal – MT. Foto: Ciro A. Righi



Charcoal scrapping which were cl
peaces in Feliz.Natal-MT. Pho



View of a post-burn ray where the remaining biomass and charcoal formation were measured in Feliz Natal – MT. Photo: Ciro A. Righi



Partial view of the area with a tree totally burned in Feliz – MT. Photo: Ciro A. Righi





Matéria seca



0-5 5-10 >10 cm

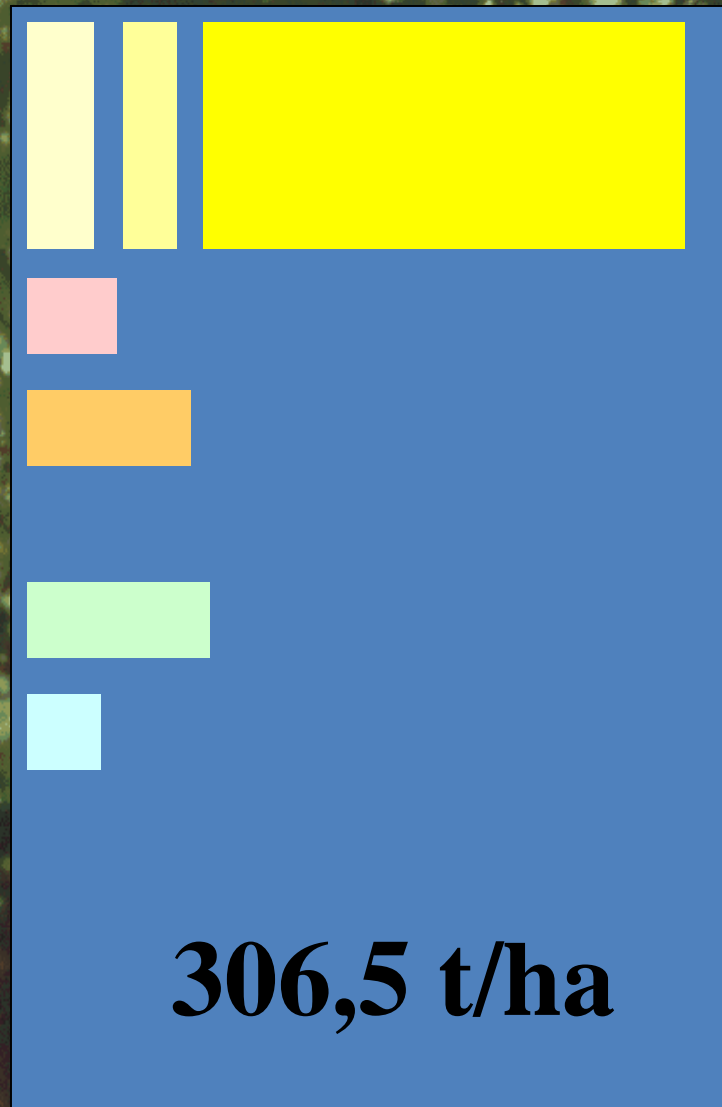
Madeira

Cipós

Palmeiras

Liteira

Troncos
podres



306,5 t/ha

Antes da queima

Matéria seca



0-5 5-10 >10 cm

Madeira



Cipós



Palmeiras



Liteira



Troncos
podres



Carvão



Cinzas



196,6 t/ha

Após a queima

CARBONO



141,3 t C /ha

Antes da queima

CARBONO



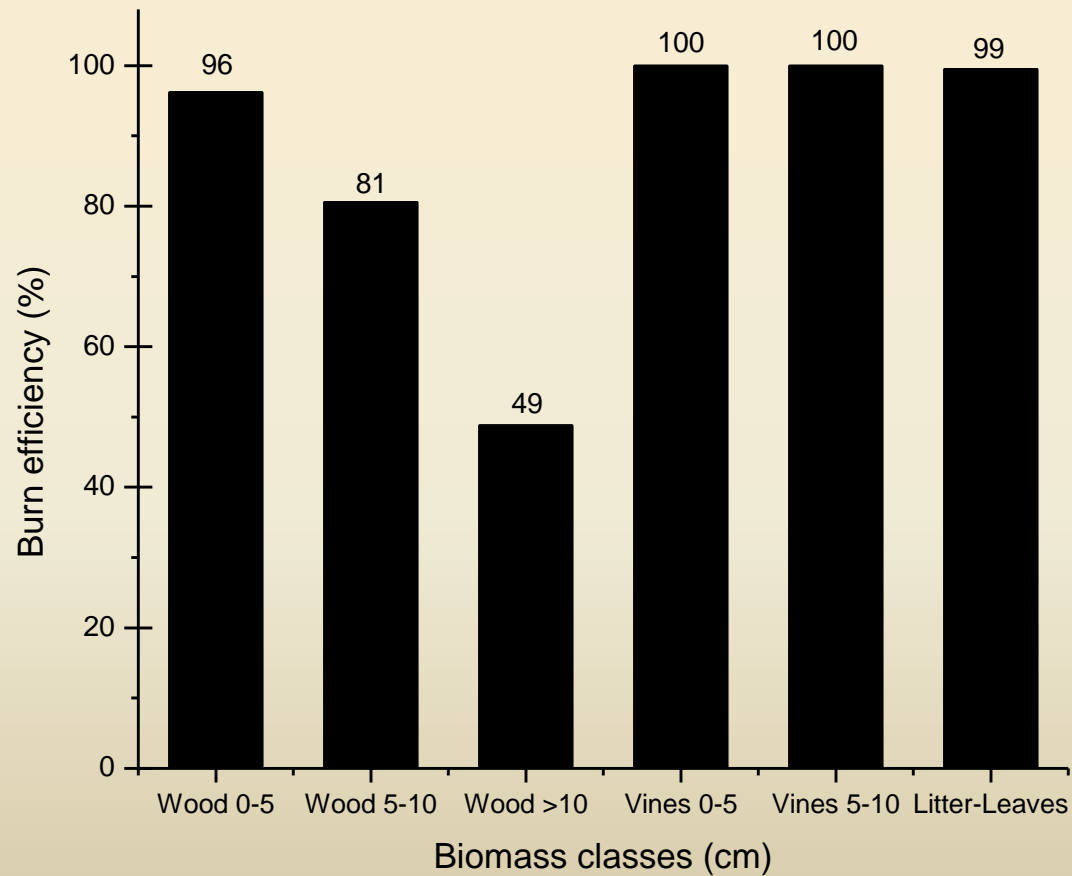
92,1
t C/ha

49,2
t C/ha

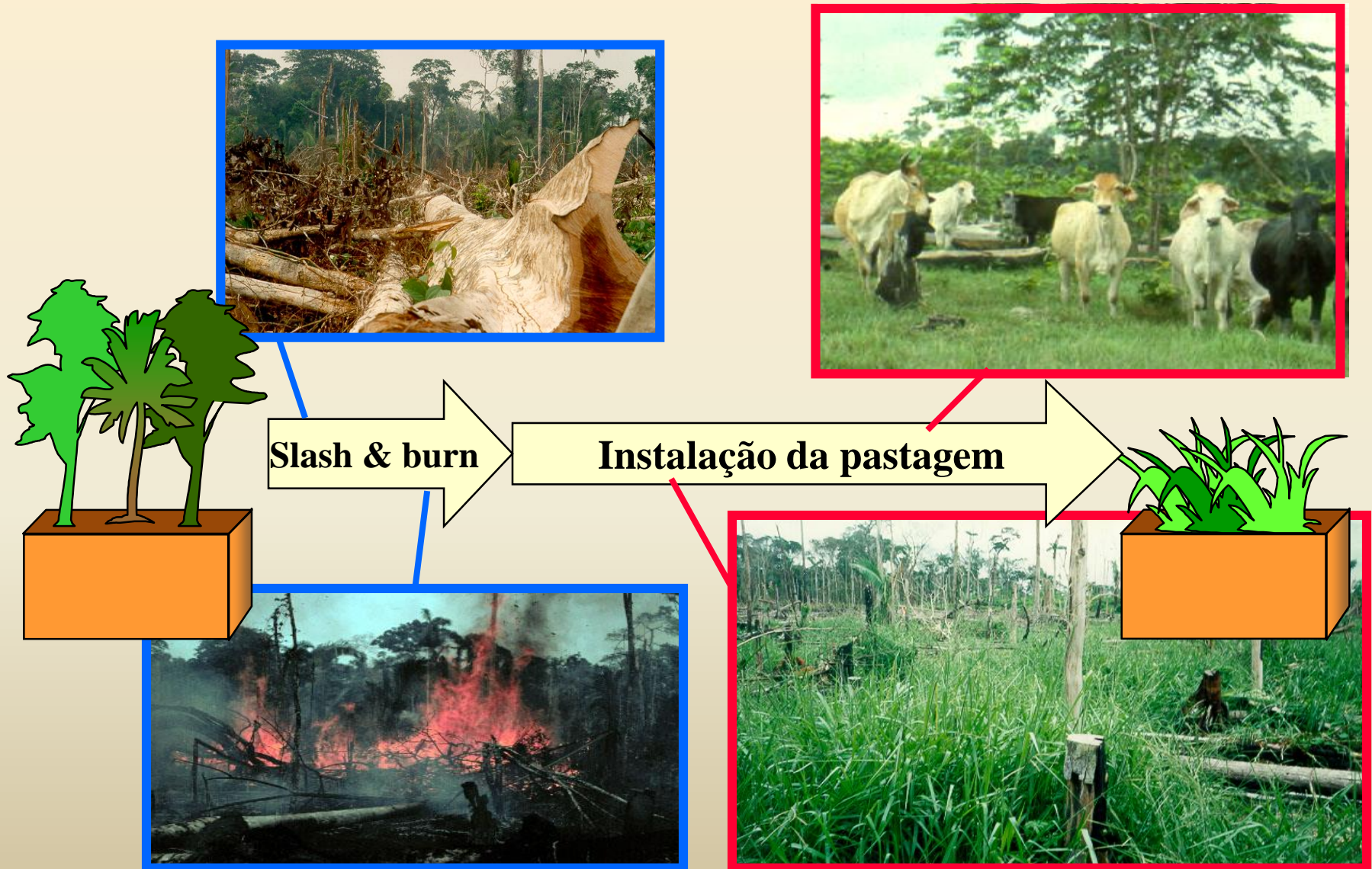


Eficiência da queima = 34.8%
Após a queima

Eficiência da queima (%)



Conversão Floresta Amazônica em Pastagem

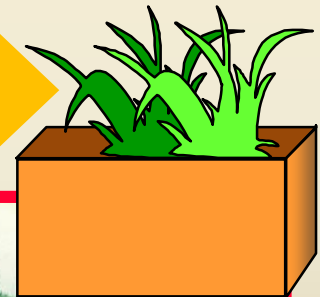


Conversão Floresta Amazônica em Pastagem



Derrubada e queima

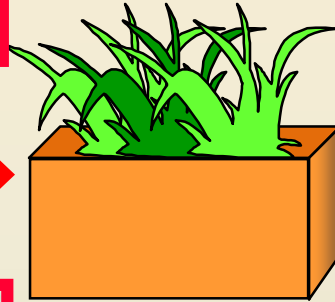
Instalação da Pastagem



Mudança de estoque de C do solo na conversão da floresta Amazônica em pastagem



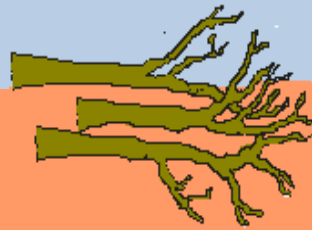
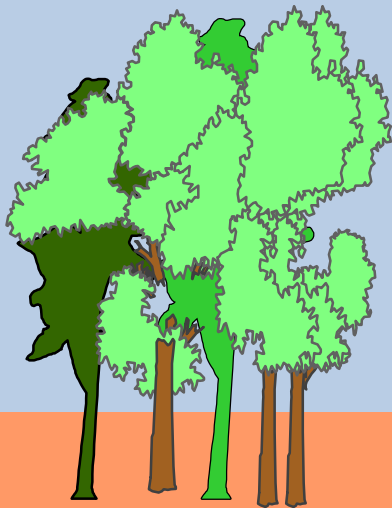
Instalação da Pastagem



Carbono kg m^{-2}

Biomassa inicial

14.3



Corte



Queima



Carvão e Cinzas

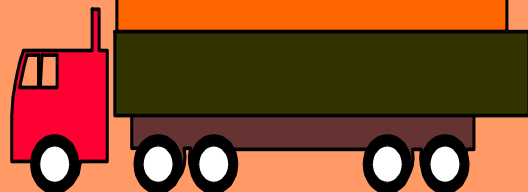
0.5

CO_2

4.9

8.9

Biomassa remanescente

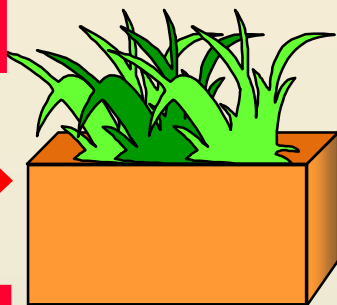


1 árvore/ha = 1.35*

Balanço de Carbono = Estoques + Fluxos + Outros



Estoque de C no sistema solo-planta



Instalação da Pastagem



Fluxo de Gases

Amostragem do solo



Densidade





cm

0

10

20

30

40

50

60

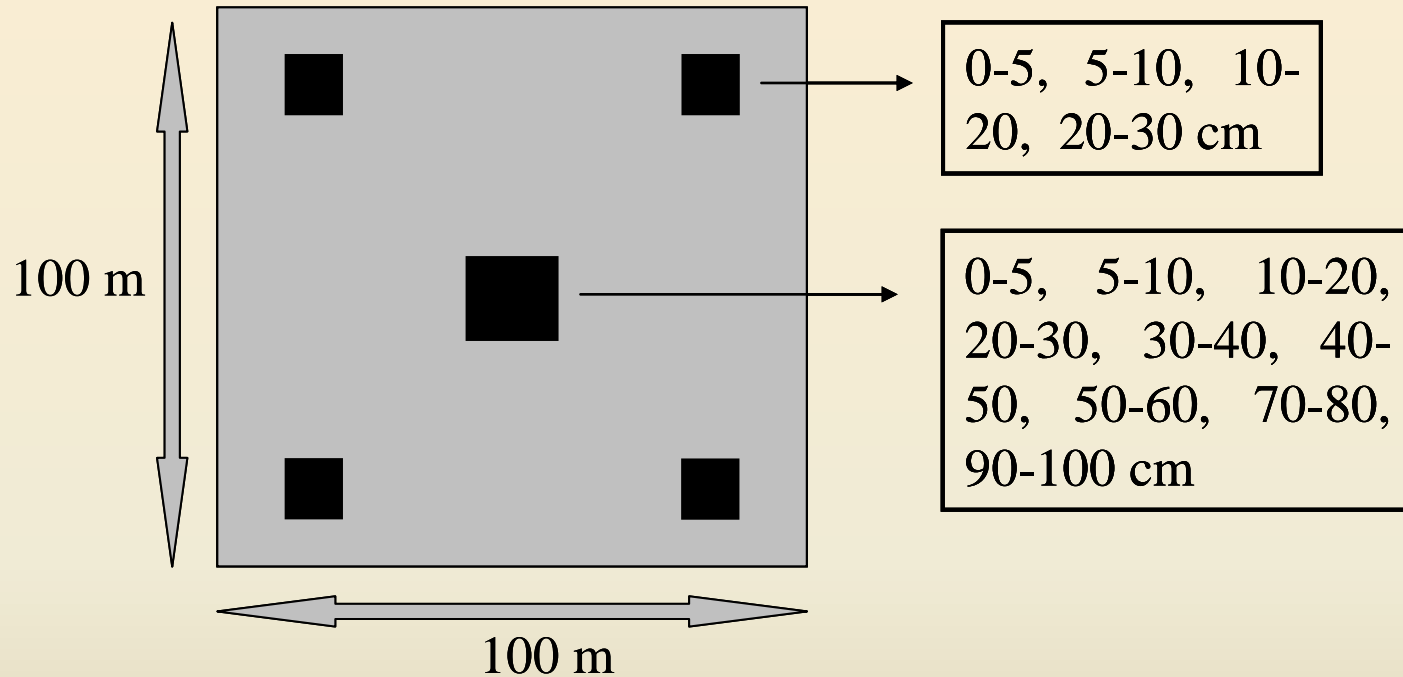
70

80

90

100

Esquema de amostragem do solo



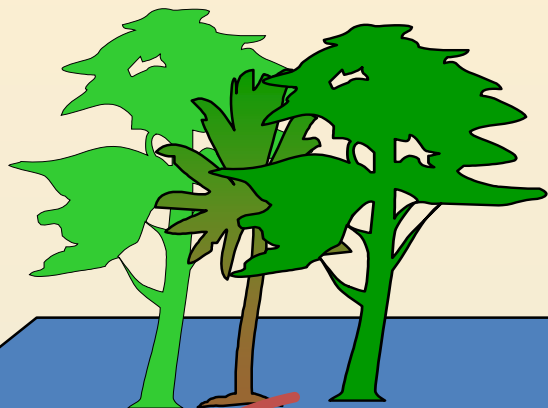
Preparo das amostras de solo



Determinação do C e N



Floresta



**Pastagem bem
manejada**

20 ANOS



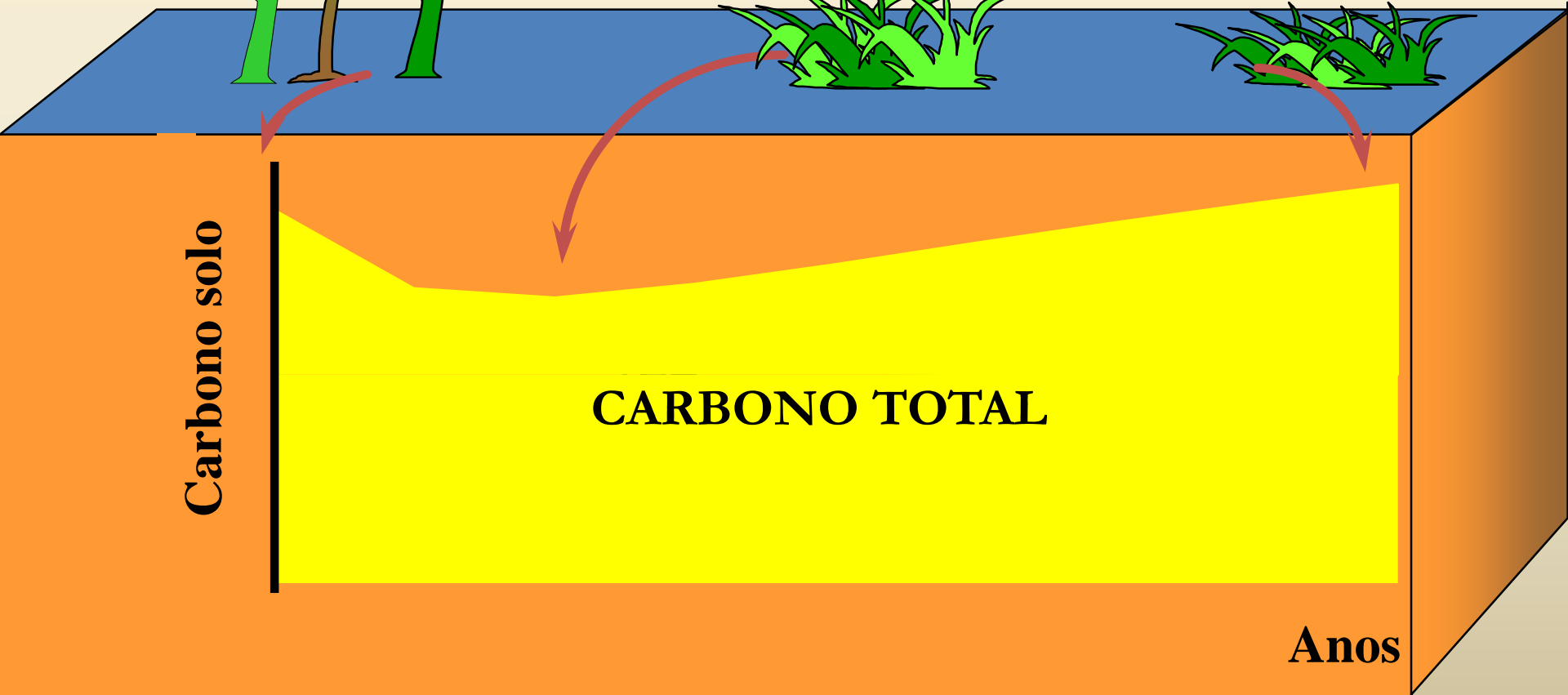
80 ANOS



Carbono solo

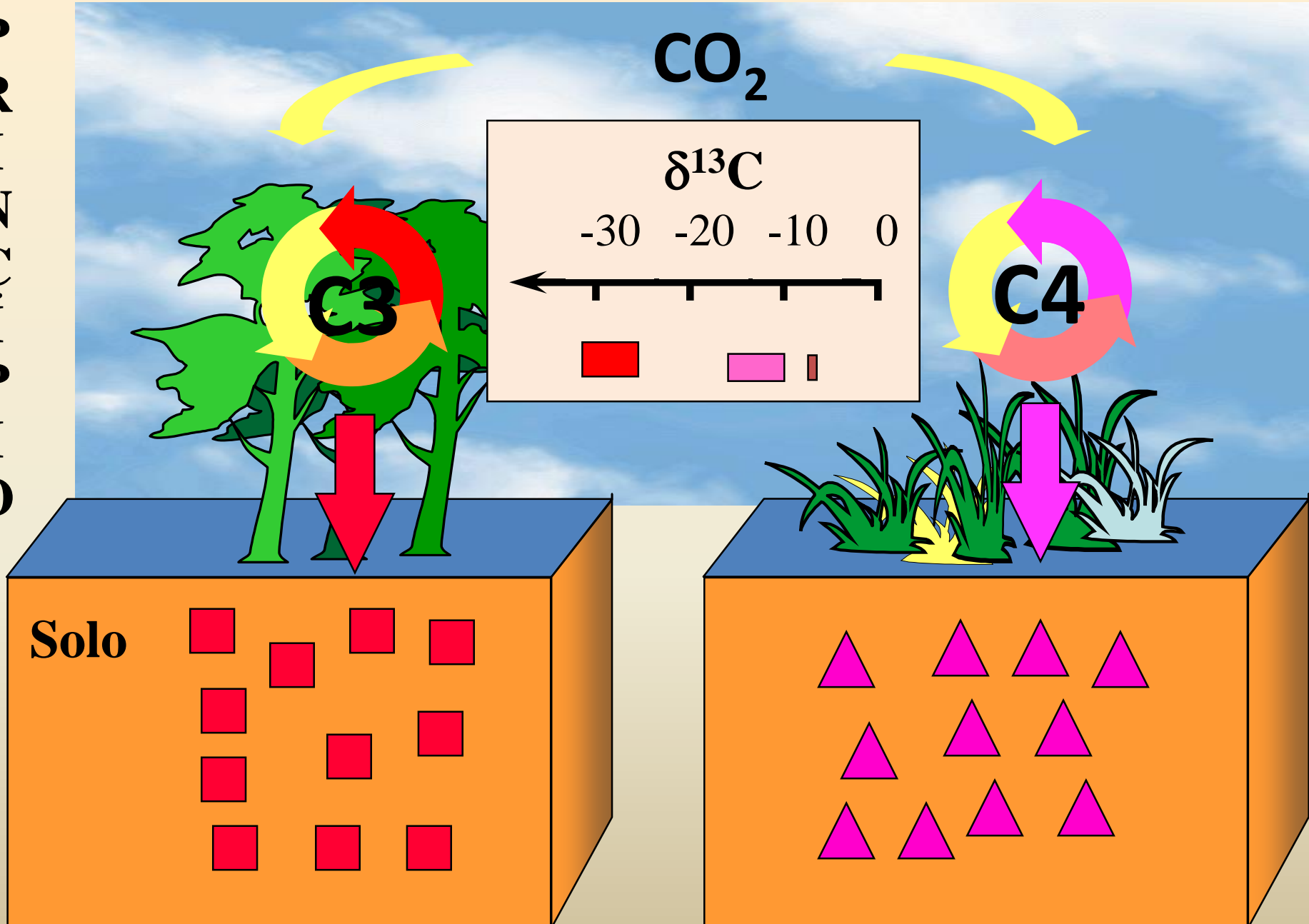
CARBONO TOTAL

Anos



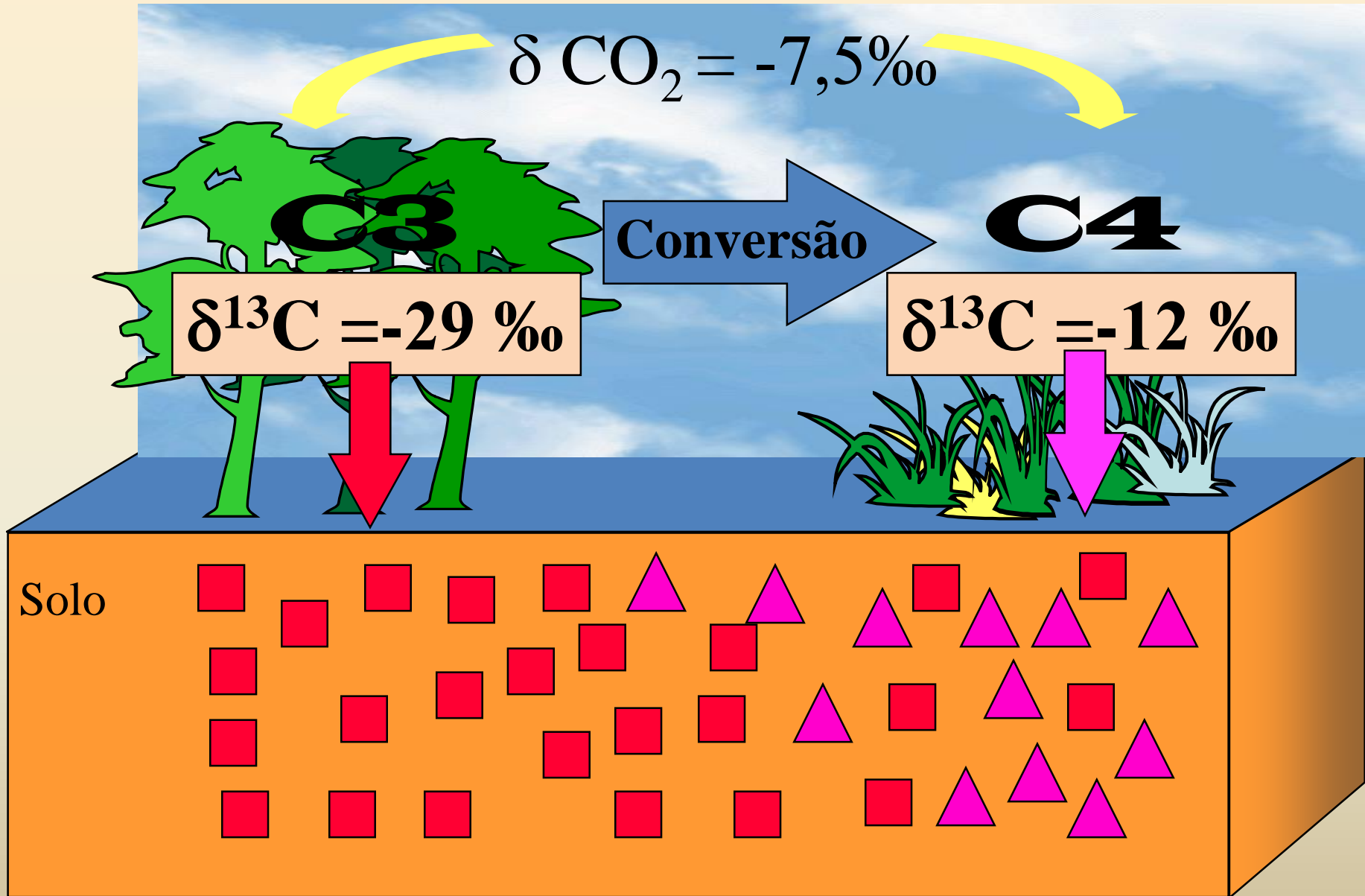
Origem do carbono do solo

P
R
I
N
C
Í
P
I
O



Origem do carbono do solo

P
R
I
N
C
Í
P
I
O



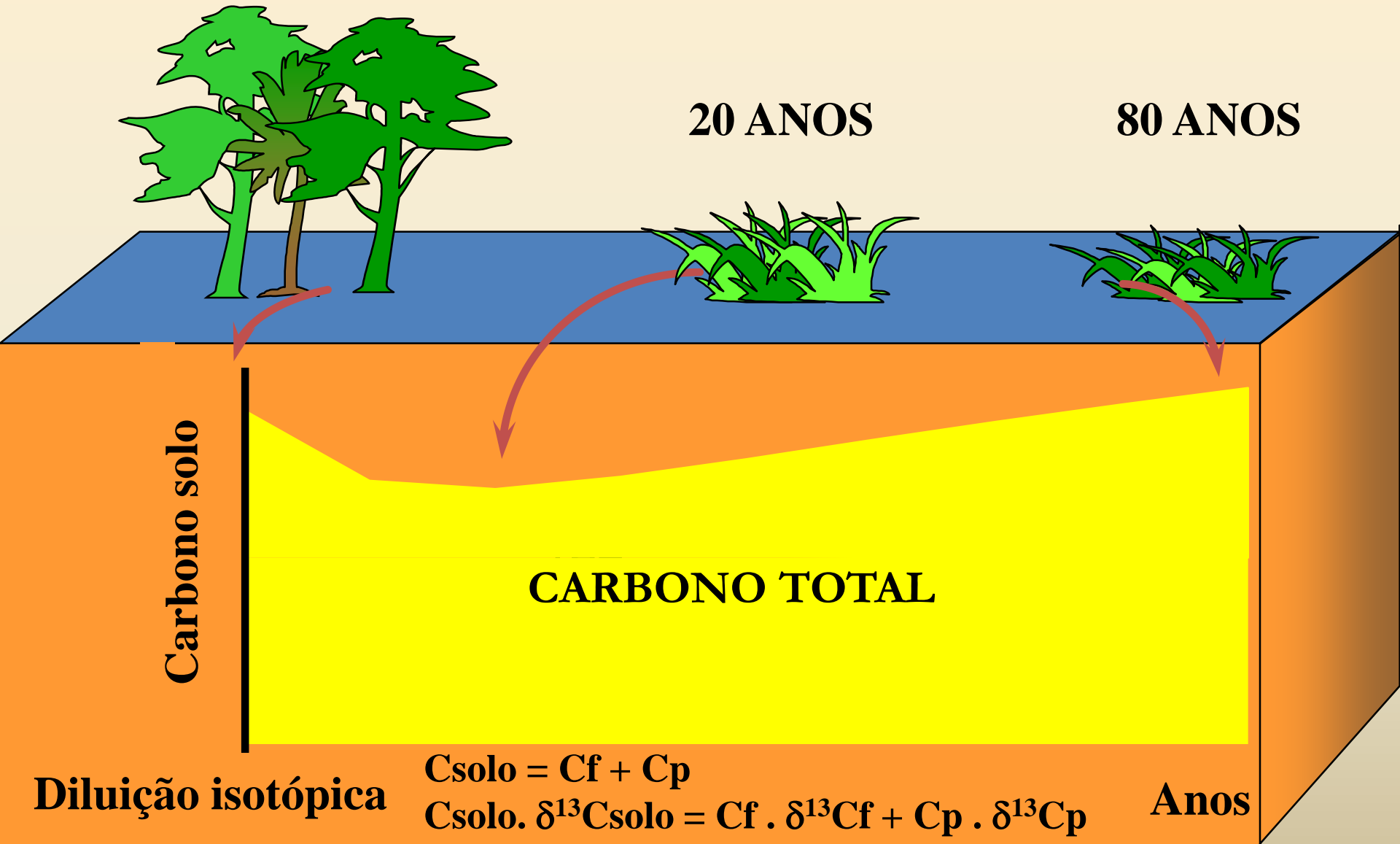
Origem do carbono do solo

Floresta (C3)

Pastagem bem manejada (C4)

20 ANOS

80 ANOS



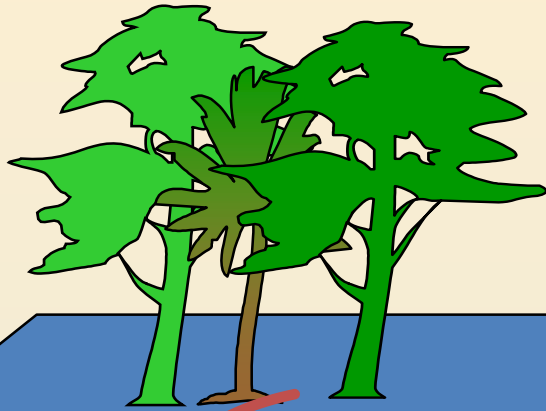
Origem do carbono do solo

Floresta (C3)

$\delta^{13}\text{C} = -29 \text{ ‰}$

Pastagem bem manejada (C4)

$\delta^{13}\text{C} = -14 \text{ ‰}$



20 ANOS



80 ANOS



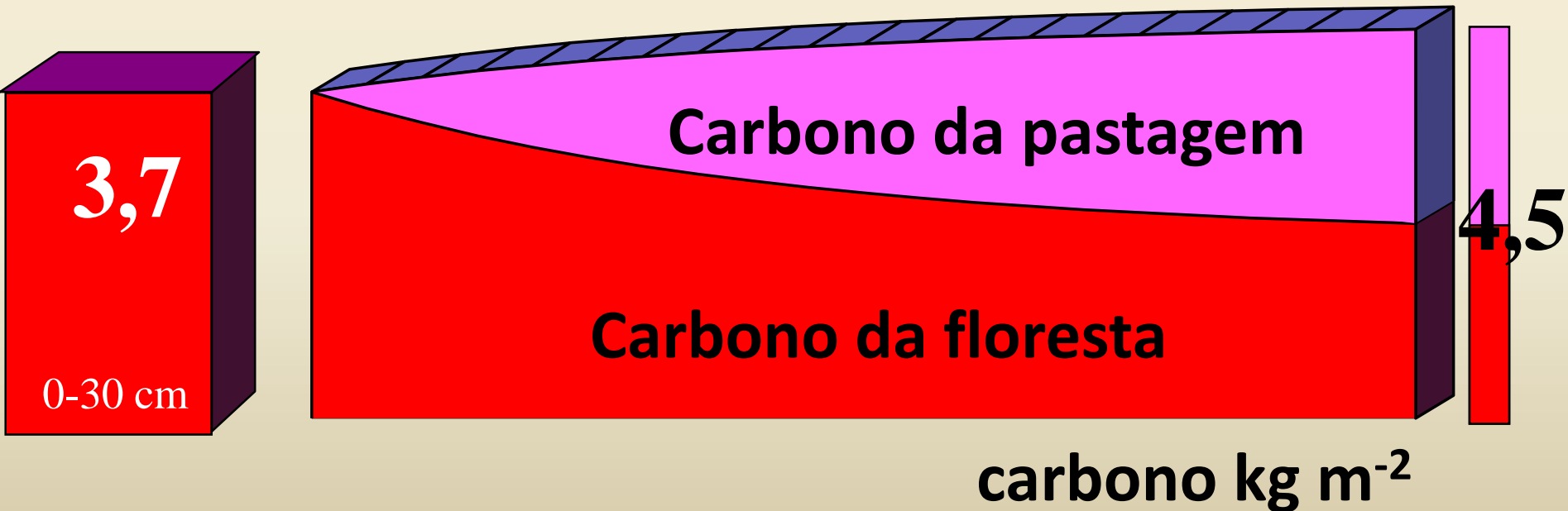
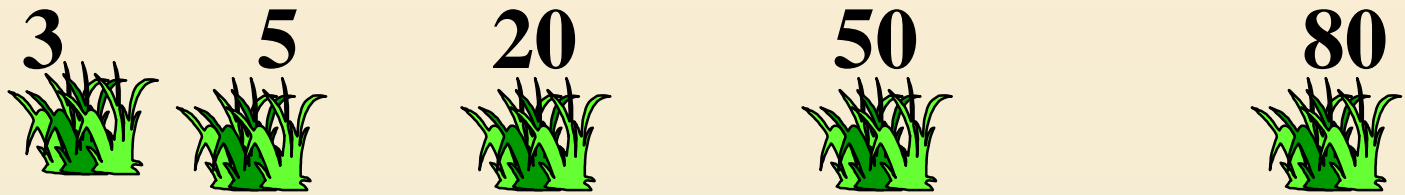
Carbono solo



Anos

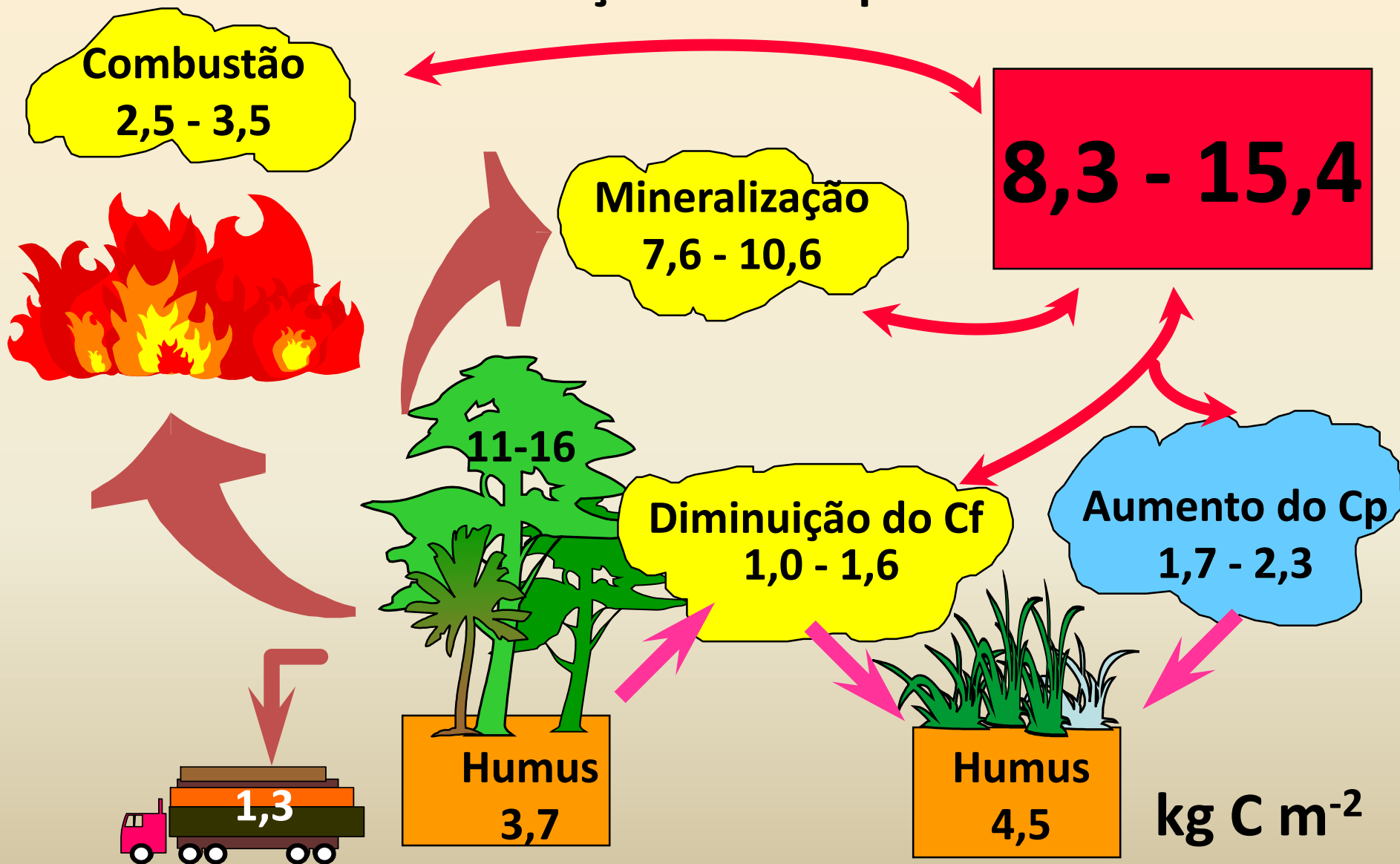
Origem do carbono do solo

Idade da pastagem (anos)



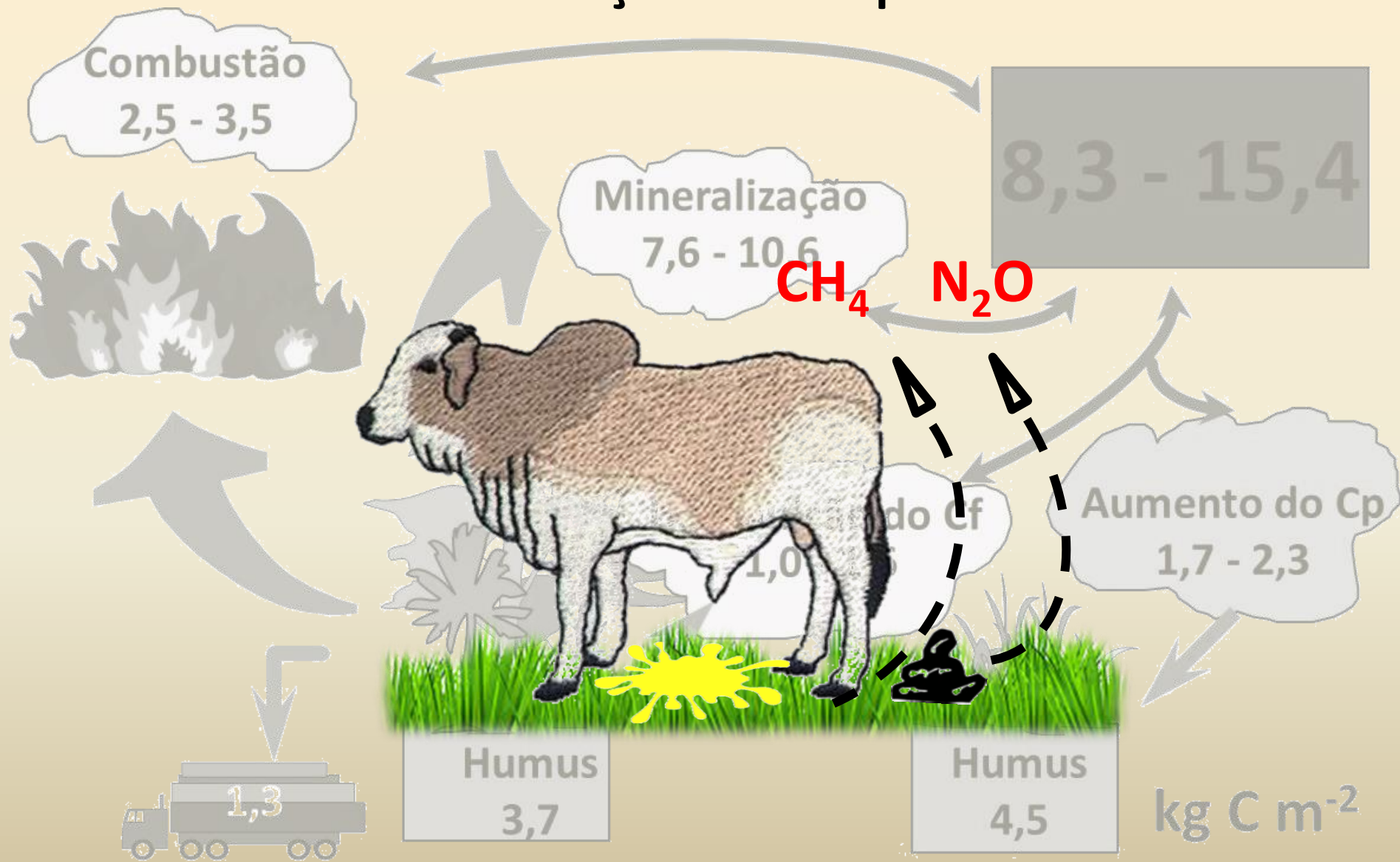
Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

Mudanças de Estoques



Dinâmica do carbono na conversão floresta/pastagem

Mudanças de Estoques



Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE na mudança de uso da terra no Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Floresta Amazônica em pastagens

Floresta Amazônica em palma (dendê)

Cerradão em soja

Caatinga em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Pastagem em soja e outras culturas

Pastagem em cana-de-açúcar

Culturas oleaginosas para produção de biodiesel



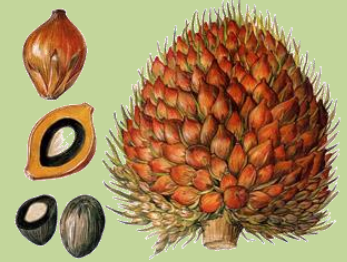
soja



girassol



mamona



dendê

Produtividade (kg ha⁻¹)

3.000

1.600

1.500

20.000

Produção de óleo (L ha⁻¹ ano⁻¹)

540

800

750

4.000

Clima: Afi

Precipitação annual : 2.500 mm

Temperatura média: 26,6 °C



Tailândia

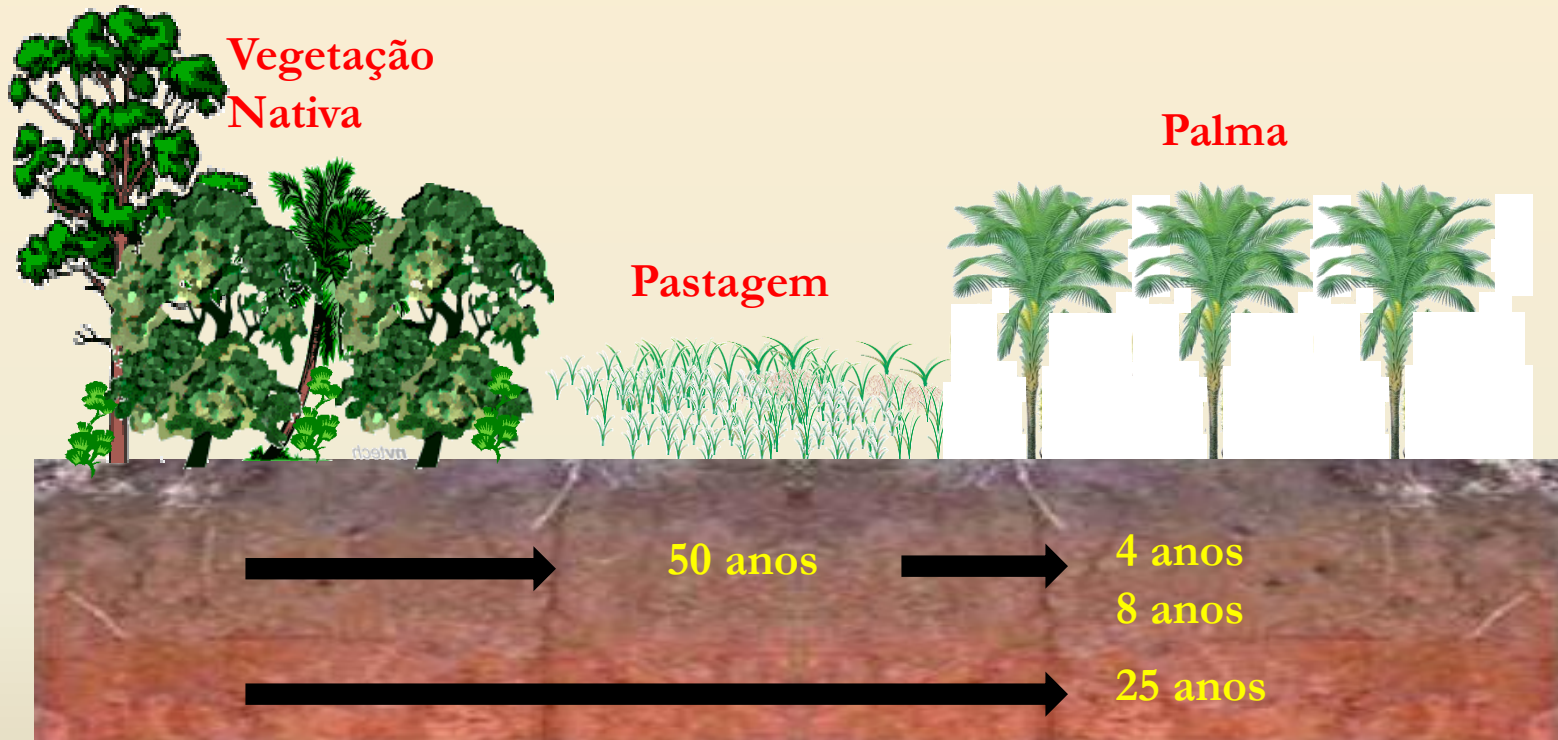
Fazenda Agropalma

48°46'W

2°27'S



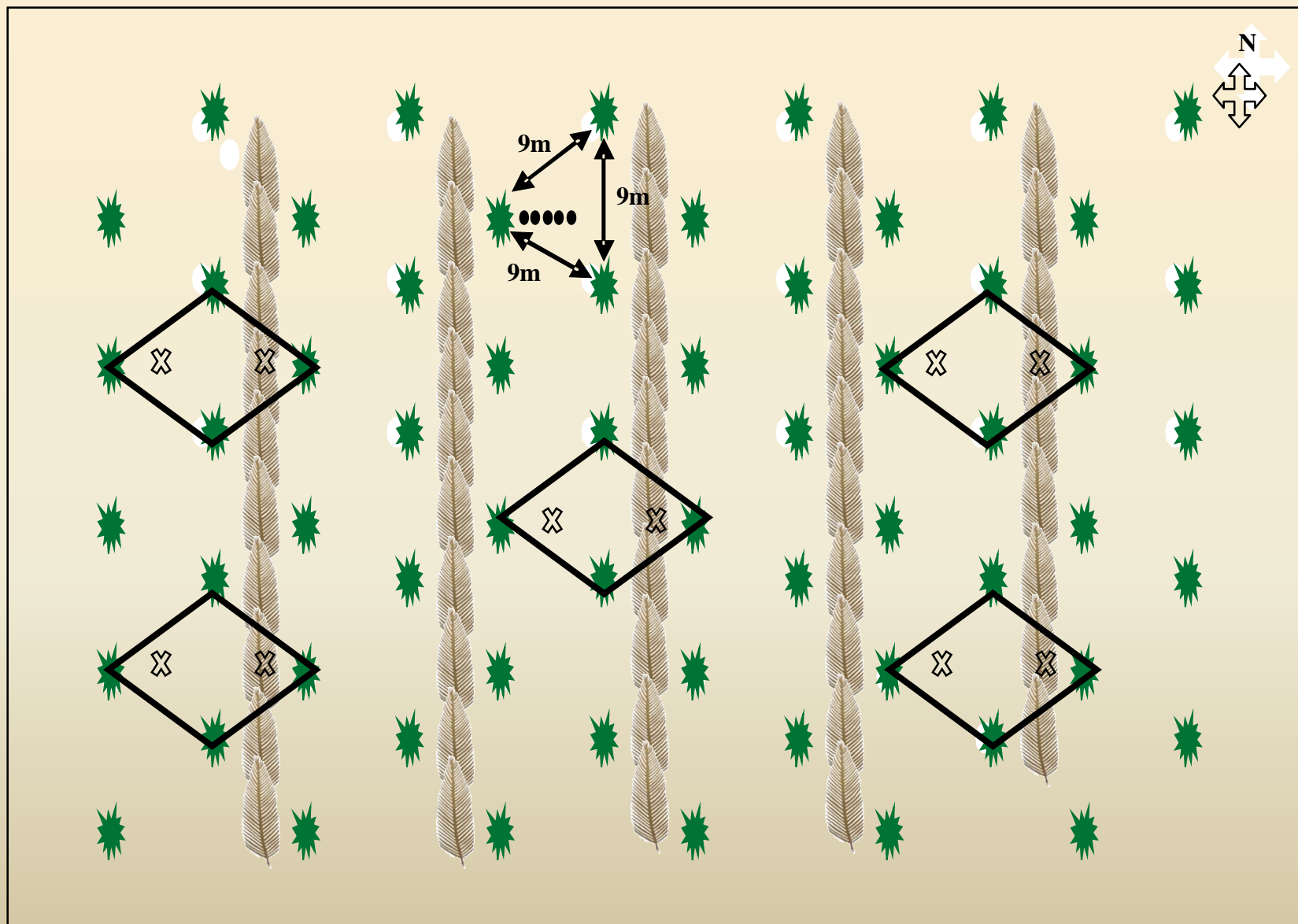
Mudança de uso da terra na região Amazônica



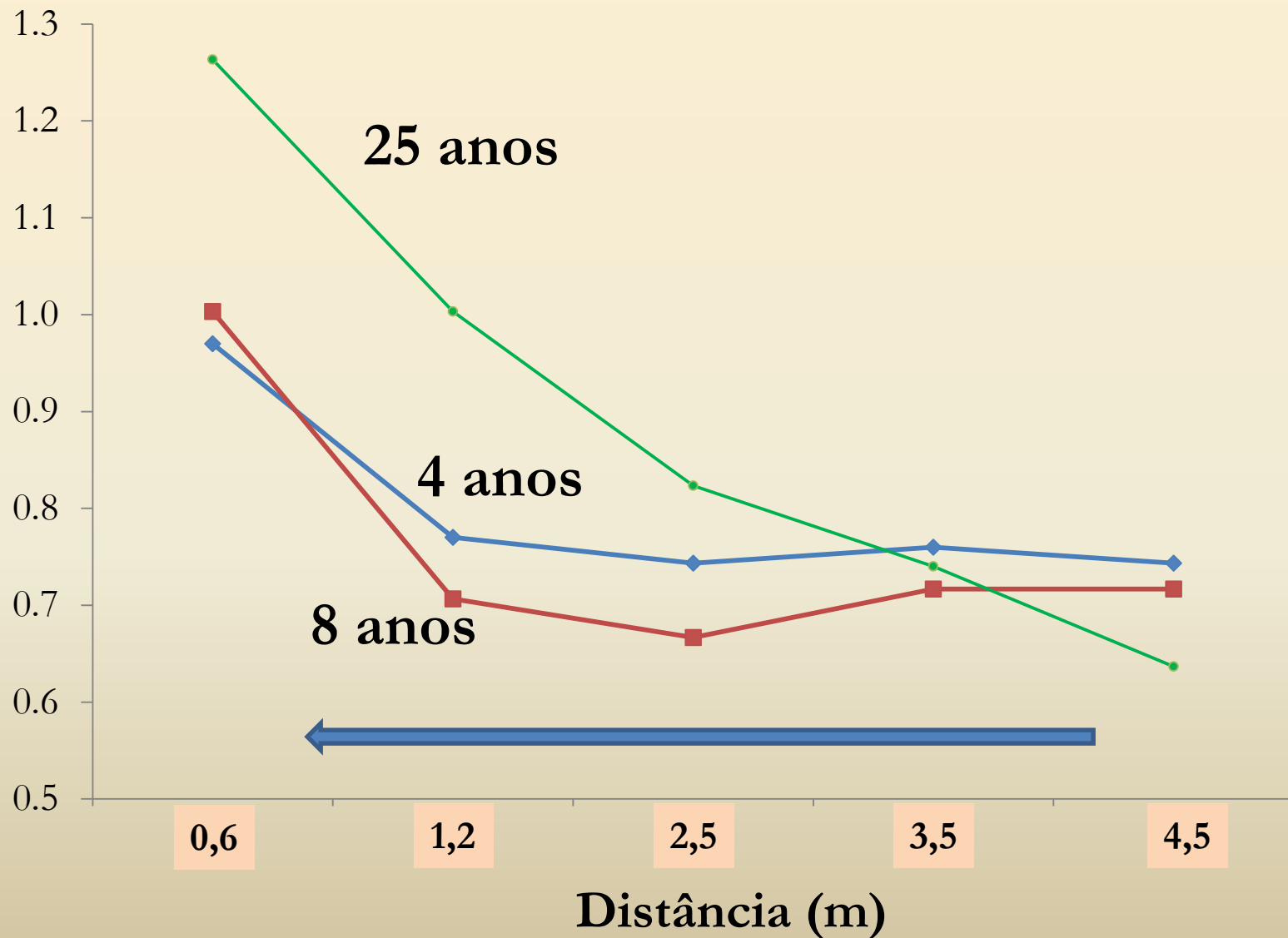
Determinação { **variabilidade espacial do C do solo**
os estoques de C do solo em área total



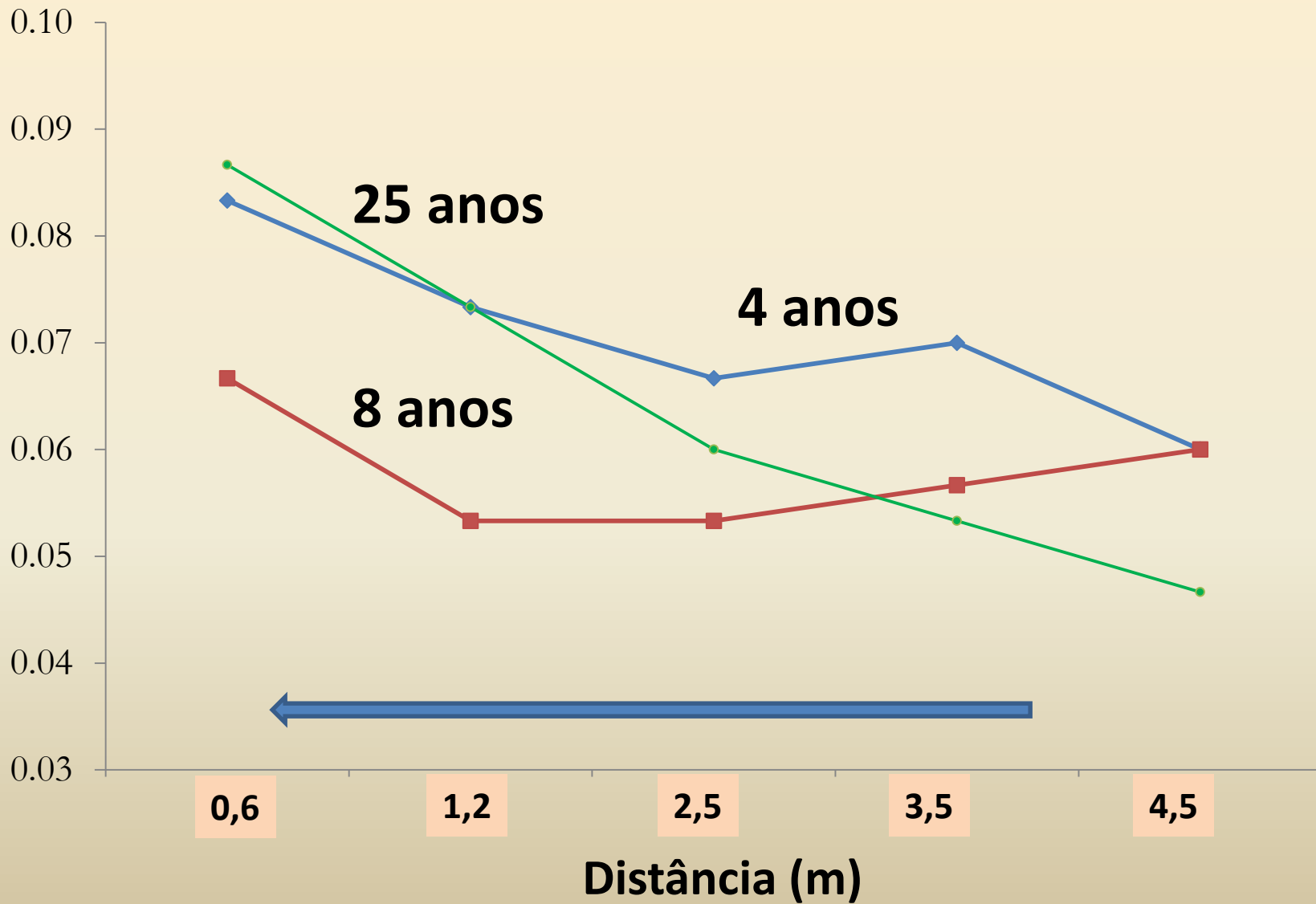
Amostragem do solo em áreas de cultivo comercial



Teor de C (%)

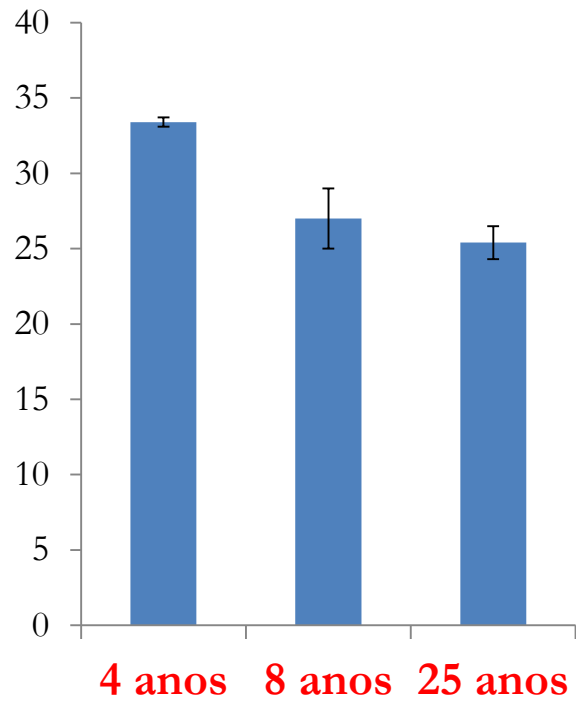


Teor de N (%)

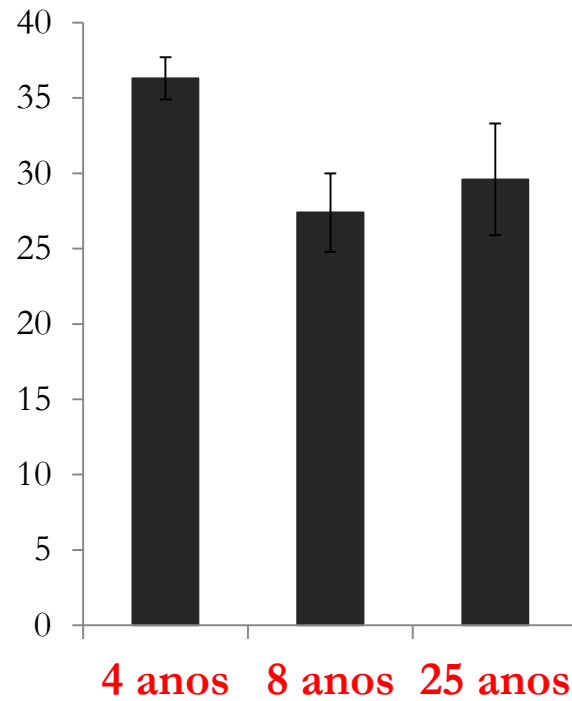


Estoques de C do solo Mg ha⁻¹

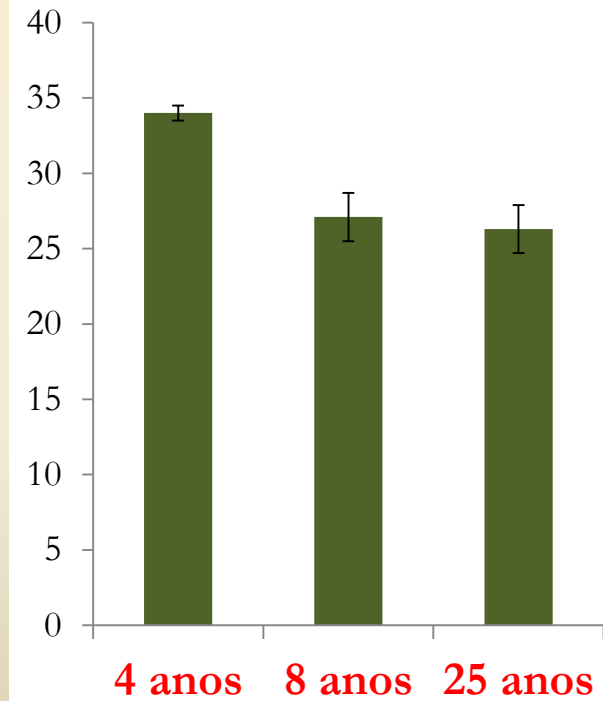
RUA LIMPA



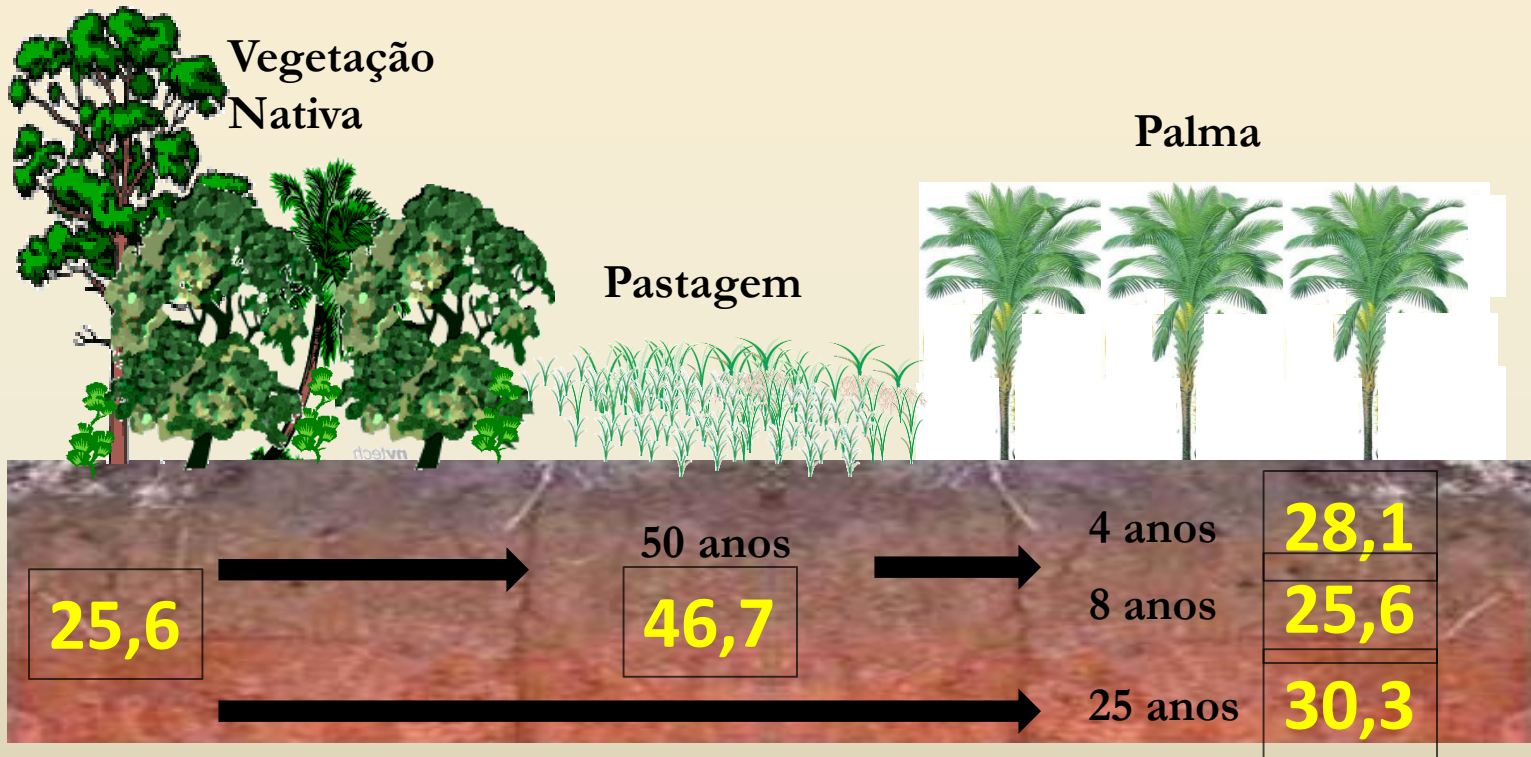
LEIRAS



ÁREA TOTAL



Estoques de C do solo Mg ha⁻¹ 0-30 cm



Avaliação das emissões de GEE nas diferentes fases de cultivo

Viveiro
12 meses



Início da produção
3 anos



Adulta
Após 3 anos



Principais emissões de GEE pelo solo

Viveiro



DOSES

1 - Controle

2 - 0,25 kg/ ha

3 - 0,77 kg/ ha

Principais emissões de GEE pelo solo

Início da produção



DOSES

1 - Controle

2 - 15,4 kg/ ha

Principais emissões de GEE pelo solo

Adulta



DOSES

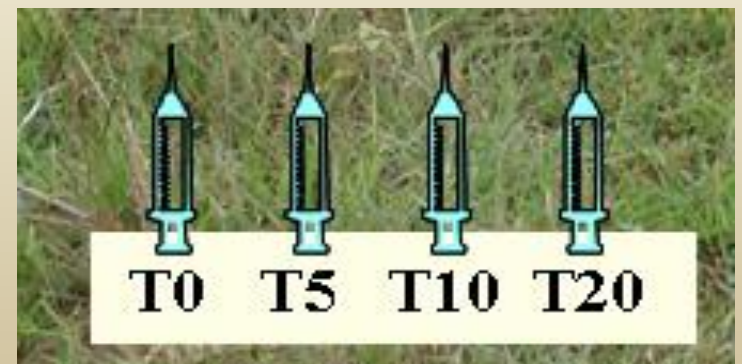
- 1 - Controle
- 2 - 24 kg/ ha
- 3 - 51 kg/ ha
- 4 - 69 kg/ ha

Principais emissões de GEE pelo solo

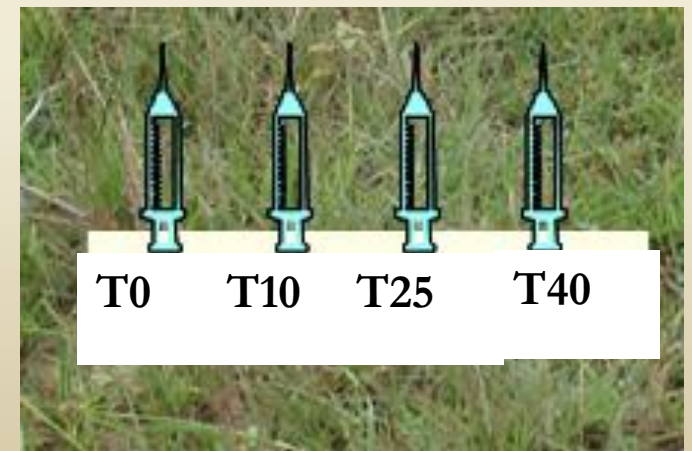
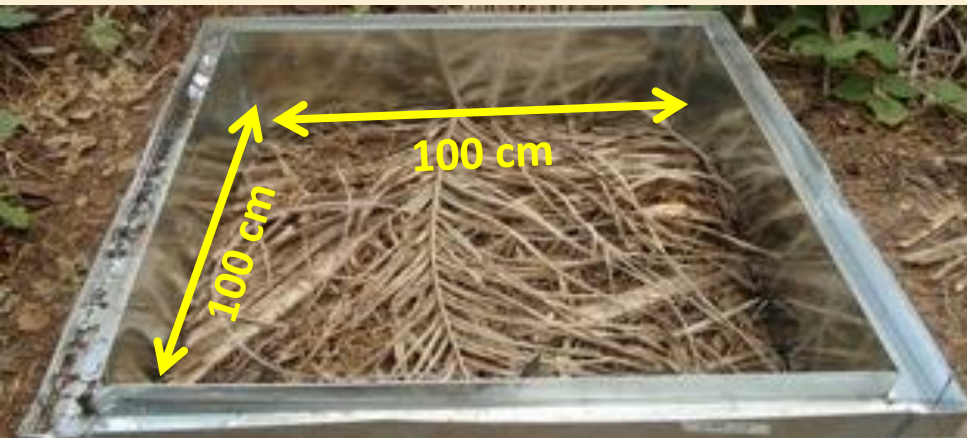
Leira



Determinação das emissões de GEE pelo solo



Determinação das emissões de GEE pelo solo



Emissões

N₂O

CO₂

CH₄

Fase da planta

Viveiro

Plantio Jovem

Plantio Adulto

Fertilizante

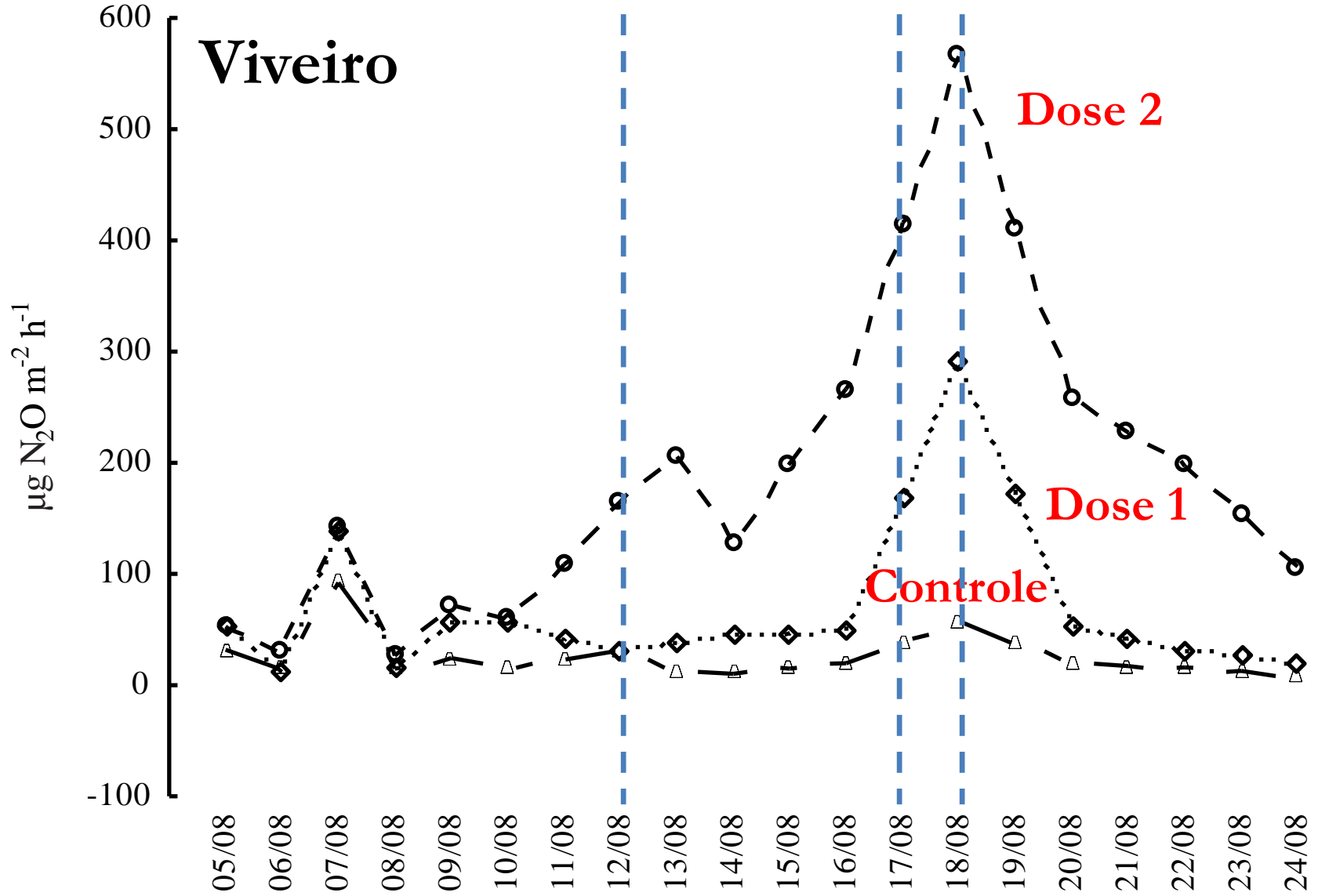
Dose 1

Dose 2

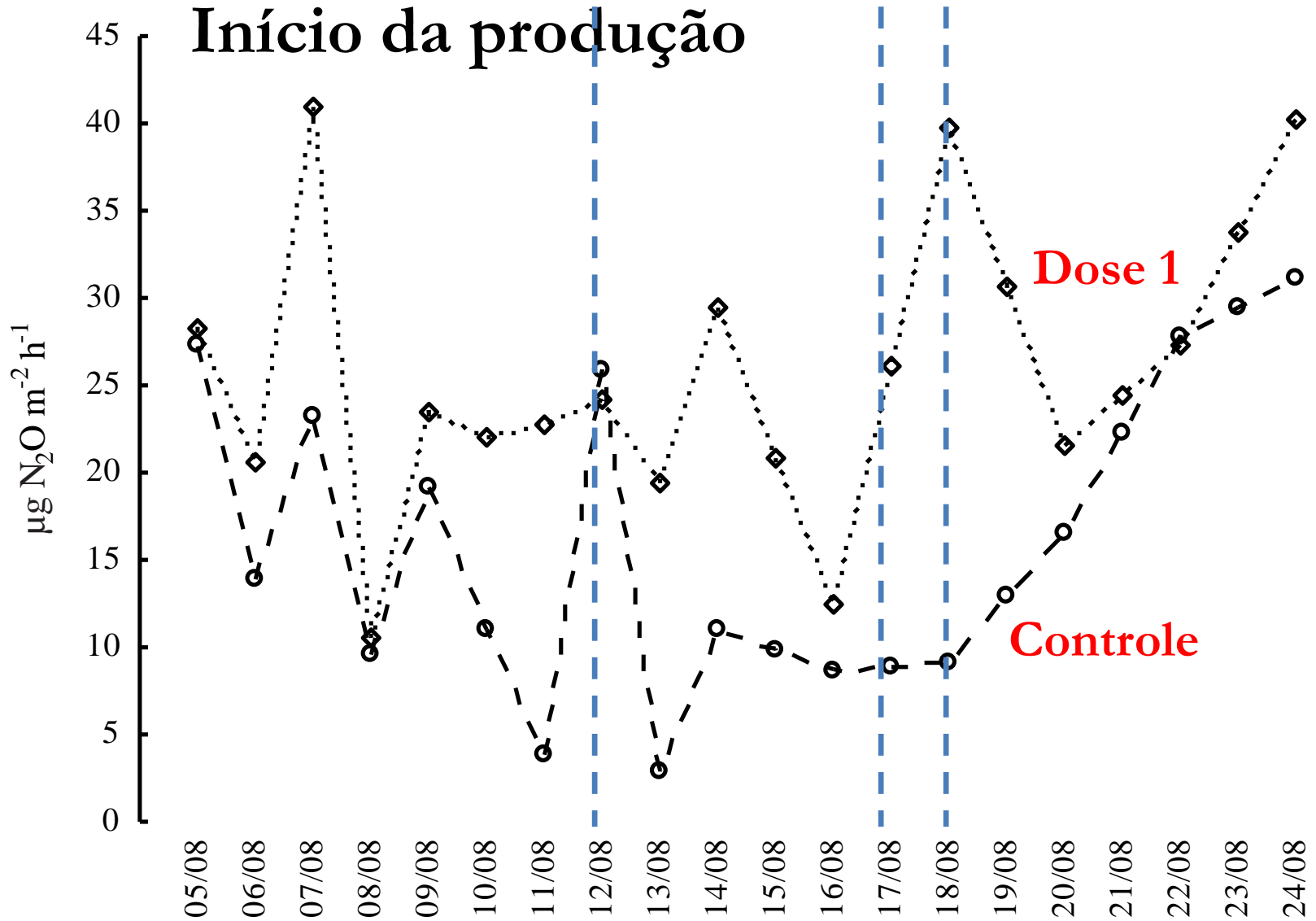
Dose 3

Controle

N₂O

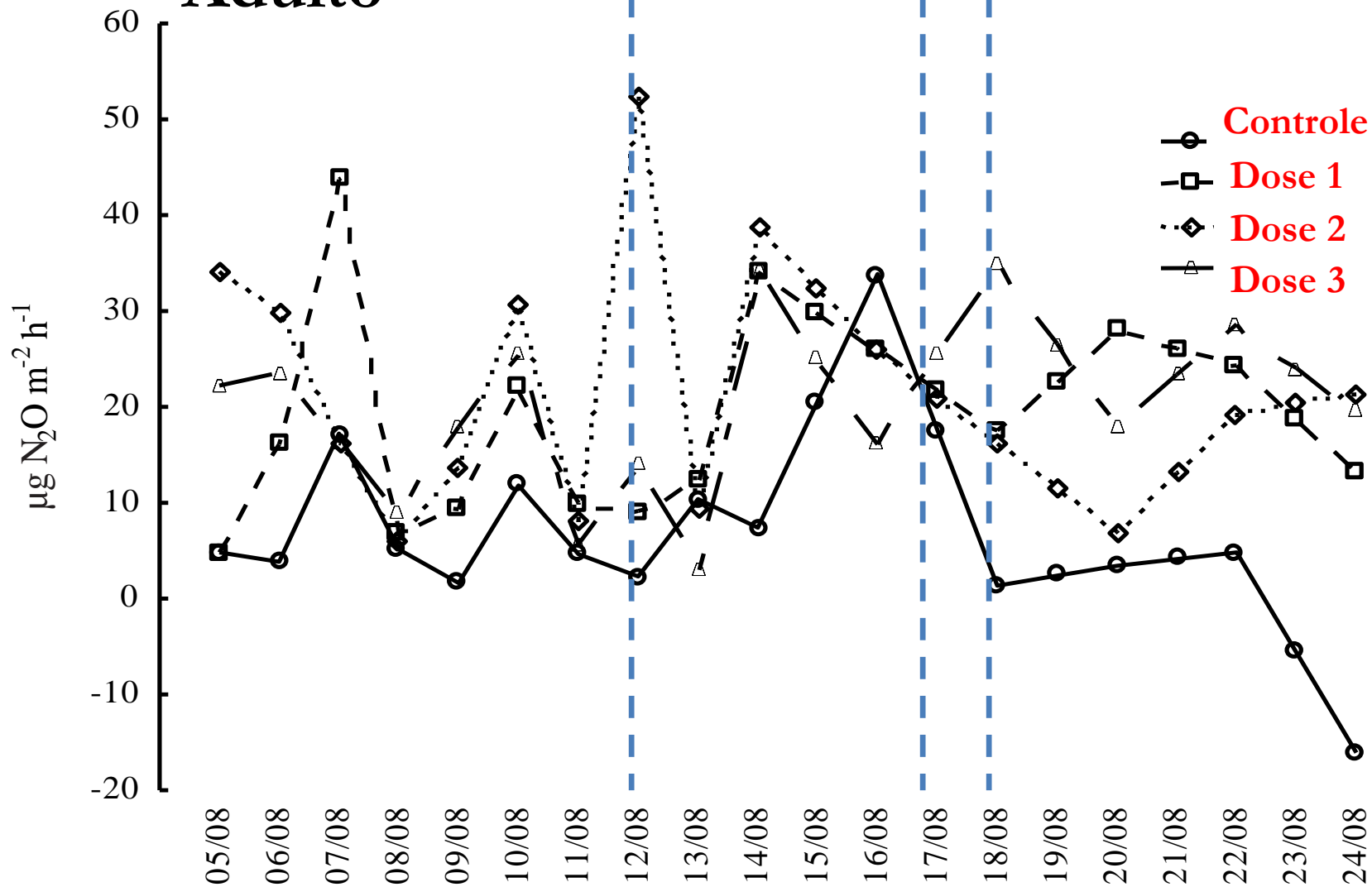


N₂O



N₂O

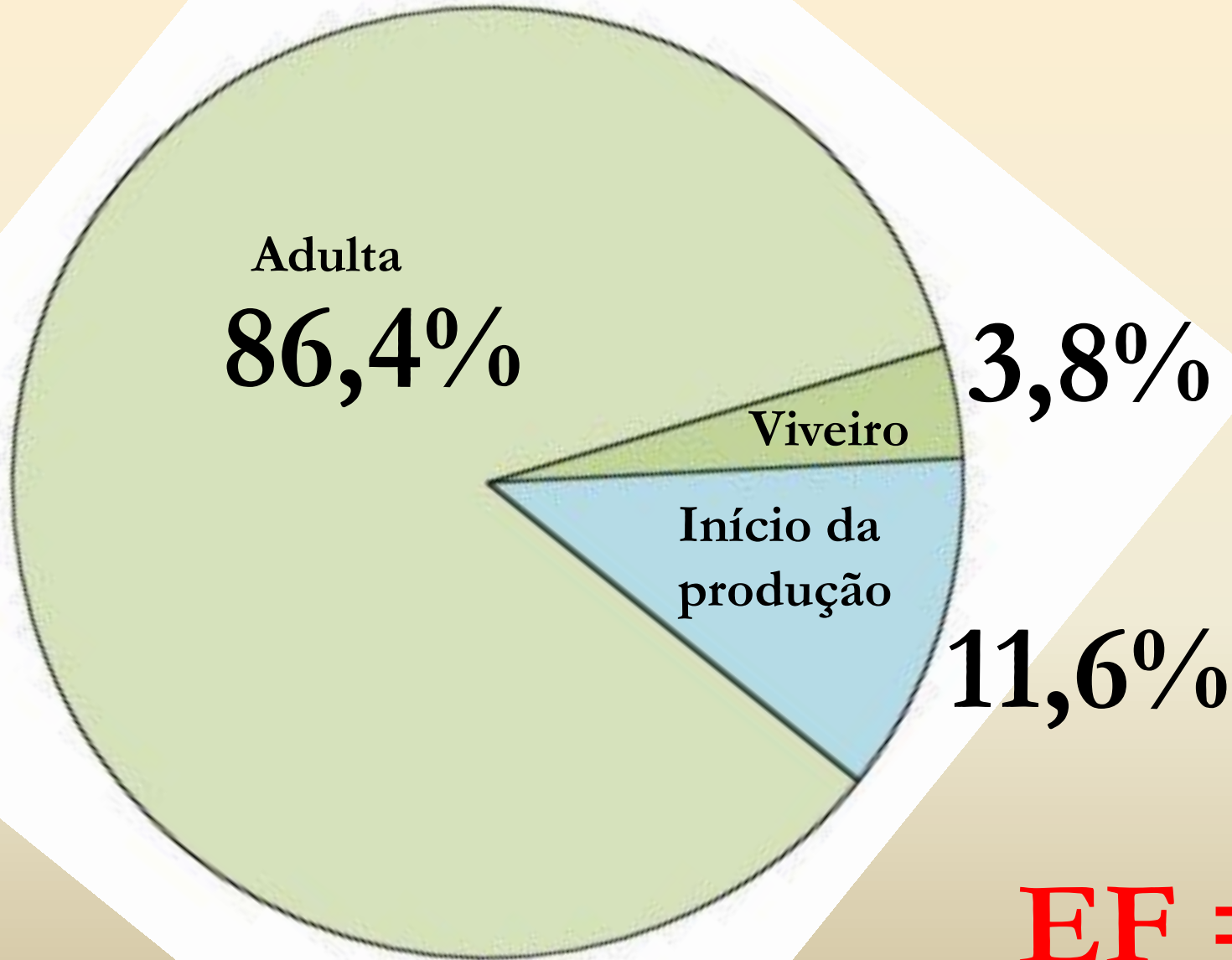
Adulto



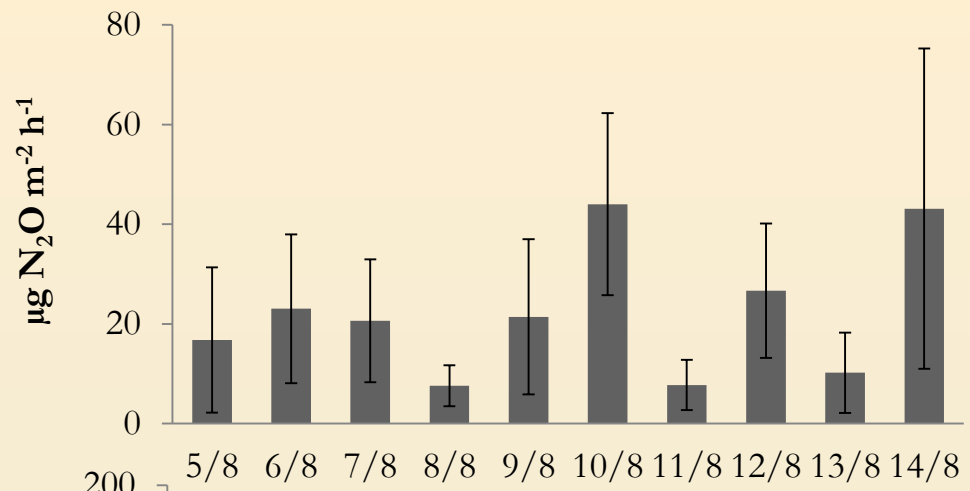
Fator de emissão

Fase	N kg ha ⁻¹	Fator de emissão (%)
VIVEIRO	0,25	6,38
	0,77	7,95
JOVEM	15,4	0,60
ADULTO	24,0	0,50
	51,0	0,24
	69,0	0,21

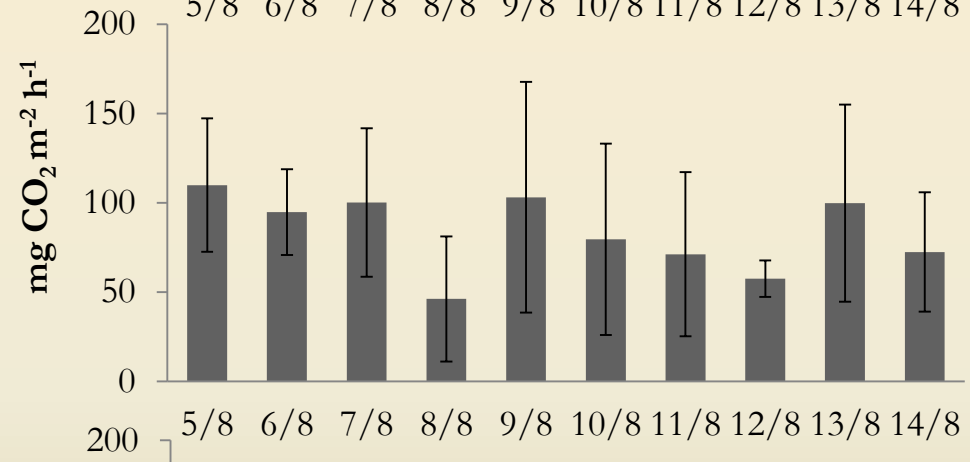
Participação de cada fase do ciclo da palma (dendê) no cálculo do fator de emissão



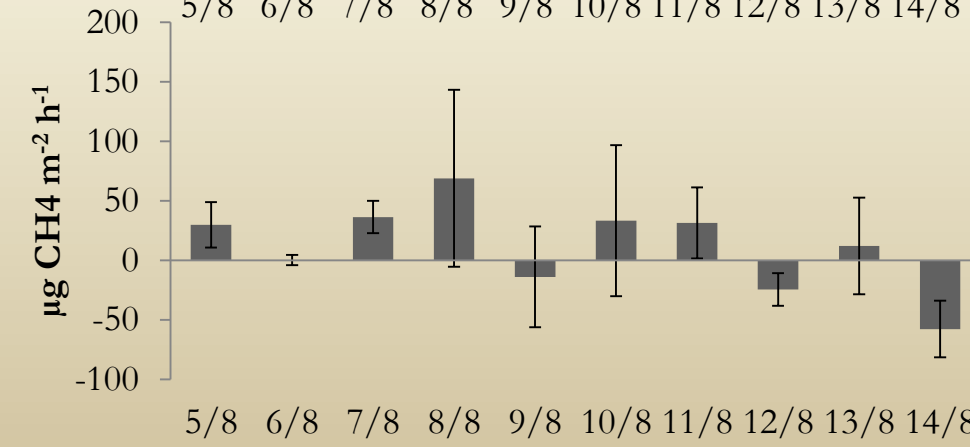
EF = 0,58



**22,1±13,1
> Controle**



**83,5±21,4
> Controle**



**11,6±35,5
= Controle**

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE na mudança de uso da terra no Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Floresta Amazônica em pastagens

Floresta Amazônica em palma (dendê)

Cerradão em soja

Caatinga em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Pastagem em soja e outras culturas

Pastagem em cana-de-açúcar

Pastagem em reflorestamento

MUT Cerrado- soja

Tese mestrado joão

CONVERSÃO DO CERRADO PARA FINS AGRÍCOLAS NA AMAZÔNIA E SEUS
IMPACTOS NO SOLO E NO AMBIENTE



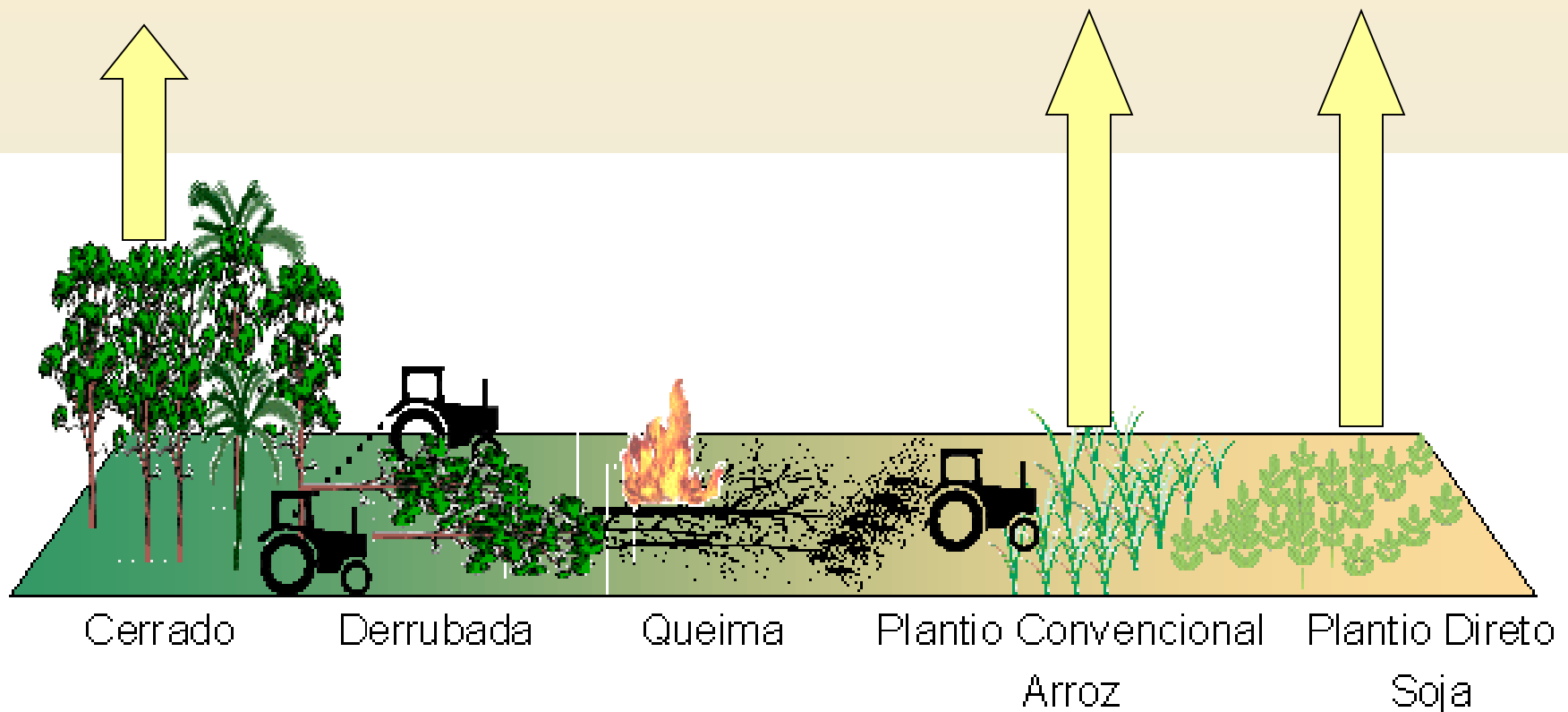
Mestrando: João Luís Nunes Carvalho

Orientador: Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri

6 2 2006

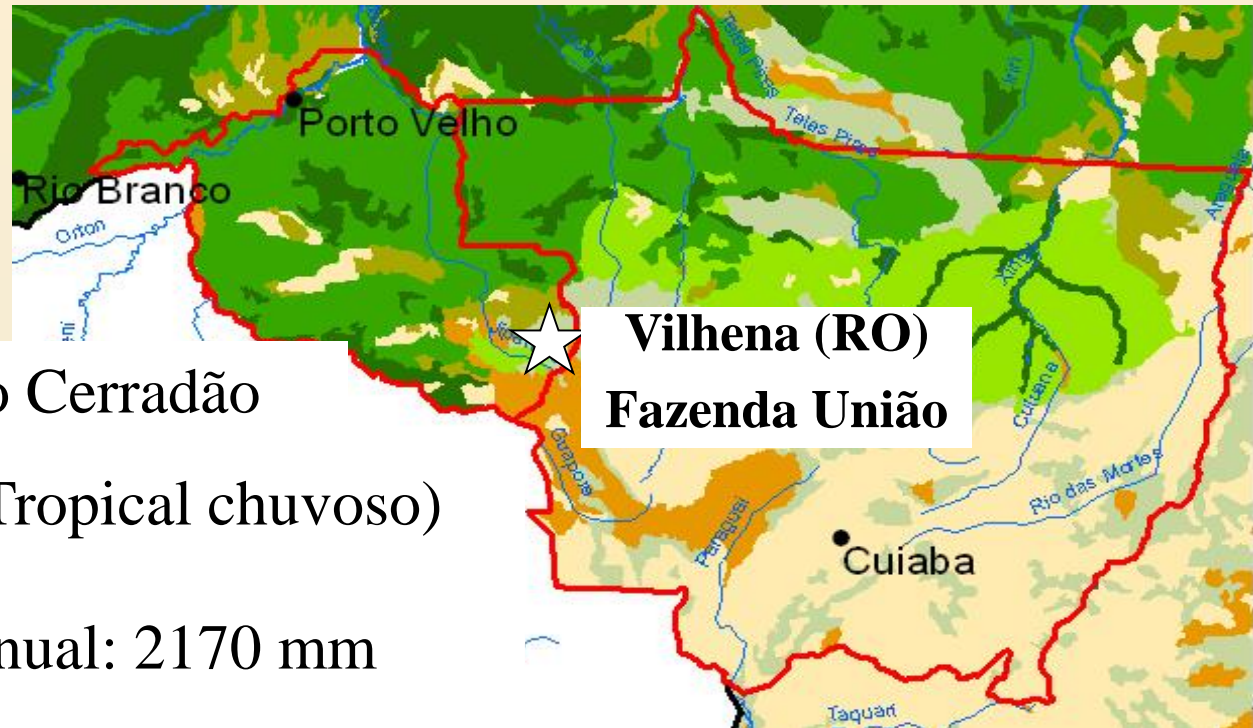
Objetivos

Avaliar as alterações nas características químicas, na MOS e no fluxo de gases do efeito estufa (CO_2 , N_2O e CH_4) nas principais fases de conversão do Cerrado amazônico em área agrícola com a cultura da soja em sistema de plantio direto



Material e Métodos

Descrição da área em estudo



➤ Vegetação nativa

❖ Cerrado, sub-grupo Cerradão

➤ Clima regional: Aw (Tropical chuvoso)

➤ Precipitação média anual: 2170 mm

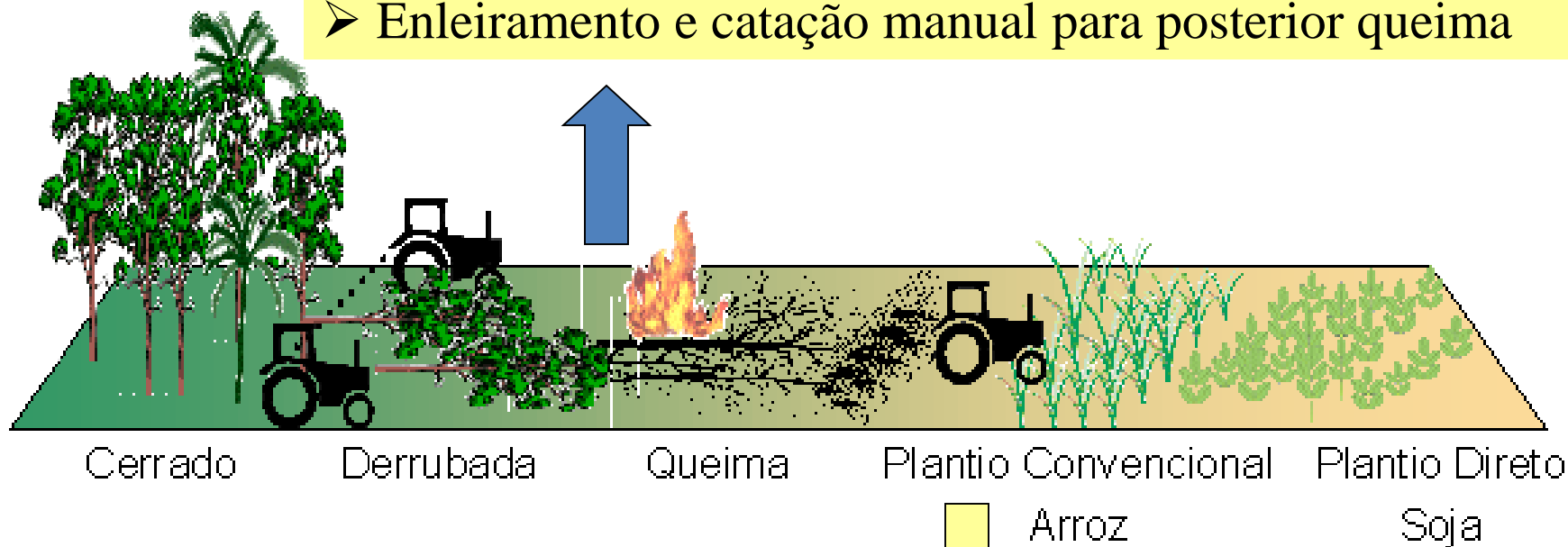
➤ Altitude média: 600 m

➤ Relevo: Suave ondulado

➤ Solo avaliado: Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico muito argiloso (730 g de argila kg^{-1} de solo seco)

Material e Métodos

- A área foi desmatada desde 1999
- Após 20 dias a biomassa vegetal foi queimada
- Enleiramento e catação manual para posterior queima



- Gradagem aradora
- Calagem ($V = 50\%$), em 20 cm de solo
- Gradagem aradora e uma niveladora

Material e Métodos

Situações avaliadas

Cerradão

CE

1 ano de SPC

1PC

2 anos de SPC

2PC

1 ano de SPD

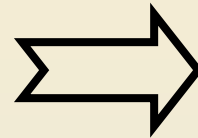
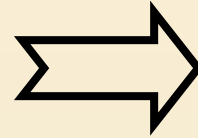
1PD

2 anos de SPD

2PD

3 anos de SPD

3PD



Cronossequência

Relativamente próximas no terreno

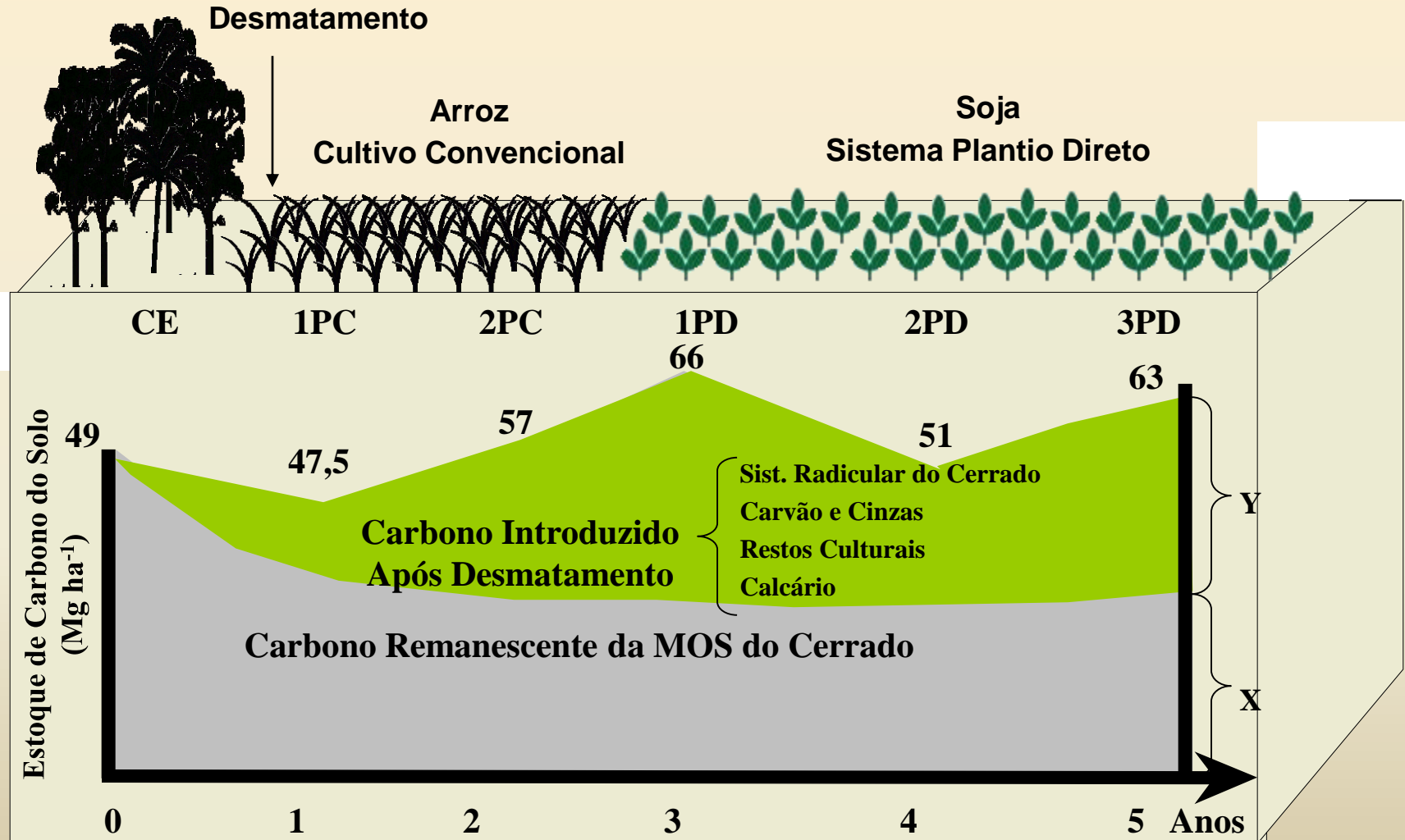
Mesma topografia

Mesmas condições edafoclimáticas

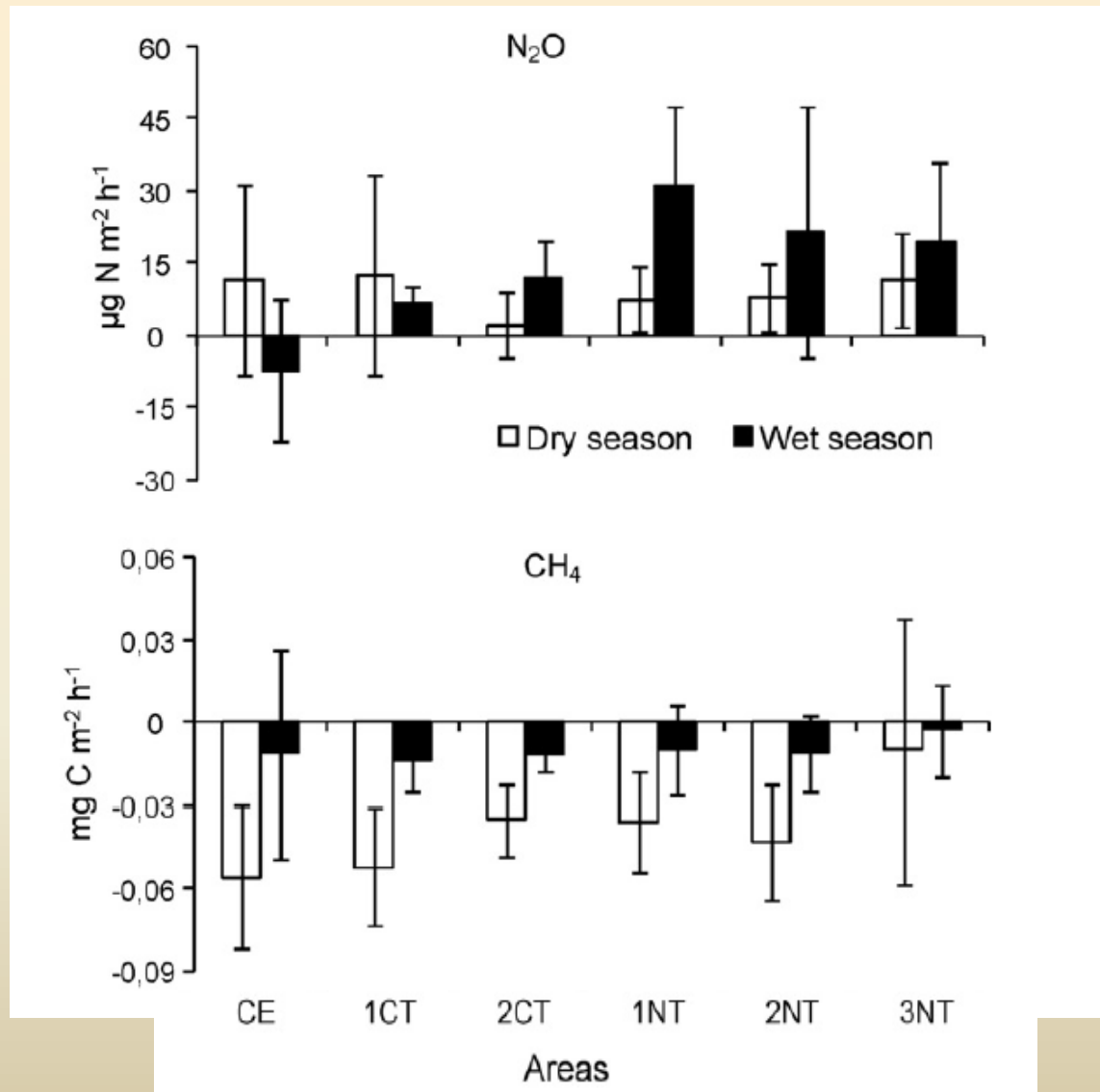
Diferem apenas no ano desmatamento

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO

Estoque de carbono no solo



Fluxo de GEE em função da mudança de uso da terra



Cerradão em Vilhena (RO)















Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE na mudança de uso da terra no Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Floresta Amazônica em pastagens

Floresta Amazônica em palma (dendê)

Cerradão em soja

Caatinga em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Pastagem em soja e outras culturas

Pastagem em cana-de-açúcar

A photograph of a dense thicket of trees and branches in a Caatinga landscape. The trees have thin, light-colored trunks and sparse green foliage. The ground is covered with dry, brown twigs and branches. The text "Caatinga de Irecê-BA" is overlaid in yellow at the bottom of the image.

Caatinga de Irecê-BA

Vegetação nativa = Caatinga

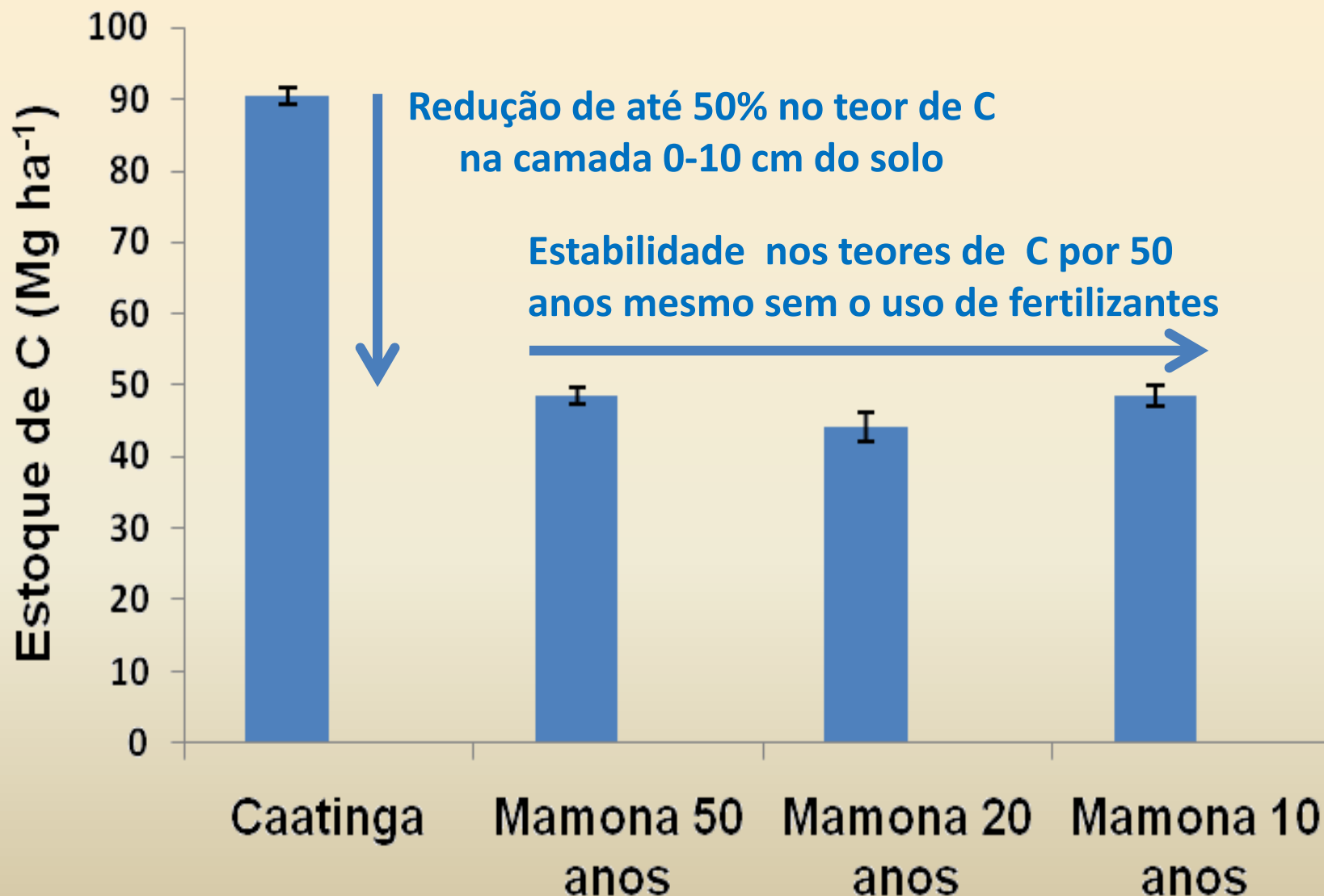


Cultivo de mamona por
10 anos
20 anos
50 anos

Produção de 3.600 kg ha⁻¹ ano⁻¹
sem uso de fertilizantes



Alterações no estoque de C do solo ao longo de 50 anos de cultivo



Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil
Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

Cronossequências

Pares

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

Geral do Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

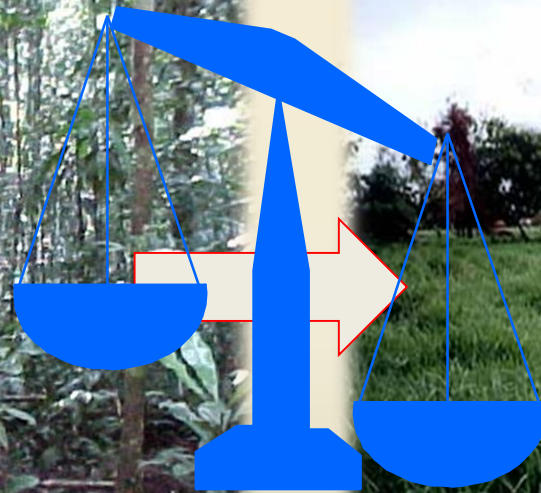
Considerações finais

Mudança de manejo na pastagem
recuperação de pastagem degradada

Conversão floresta Amazônica em pastagem

Floresta

Pastagem bem manejada

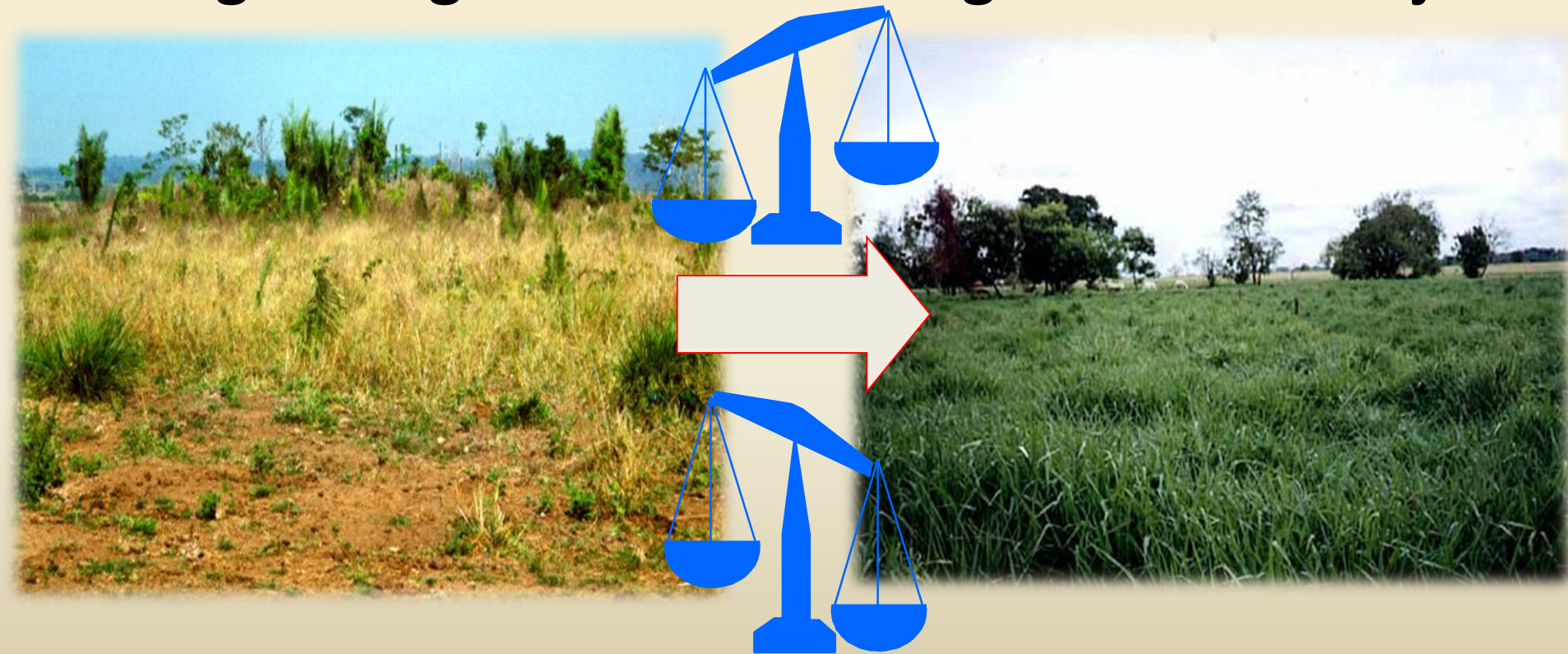


Conversão floresta Amazônica em pastagem

Recuperação de Pastagem

Pastagem degradada

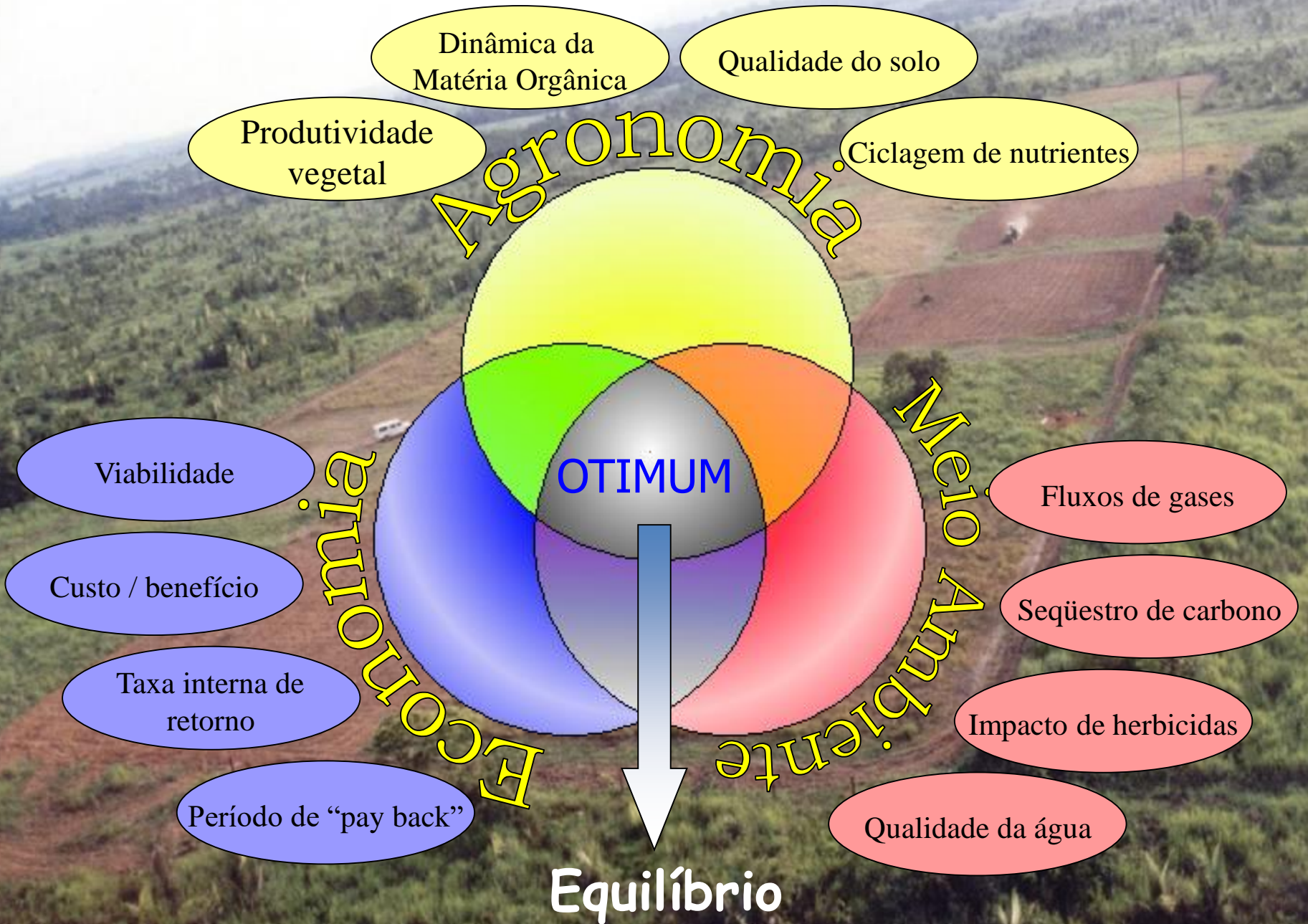
Pastagem bem manejada



An aerial photograph showing a rural landscape. In the foreground, there are several large, rectangular agricultural plots with reddish-brown soil, some of which appear to be recently tilled. A dirt road winds through the fields. In the background, there are rolling hills covered in dense green vegetation, likely a forest or a large plantation. The sky is overcast and hazy.

Tratamentos:

- Controle;
- Plantio direto Arroz;
- Herbicida;
- Gradagem;
- Plantio direto Soja.



An aerial photograph of a rural landscape. A dirt road winds through the scene, separating a large, cleared area of reddish-brown soil from a lush green field. In the background, there are rolling hills and more greenery. The text 'Resultados Preliminares' is overlaid in yellow on the upper part of the image.

Resultados Preliminares




- Avaliação agronômica
- Avaliação ambiental
- Avaliação econômica

An aerial photograph of a rural landscape. A dirt road winds through the scene, separating a large, plowed field of reddish-brown soil from a lush green field. In the background, there are rolling hills and more greenery. The sky is bright and slightly hazy.

Resultados Preliminares

- **Avaliação agronômica**
- **Avaliação ambiental**
- **Avaliação econômica**

Emissão de CO₂ e N₂O durante 6 meses

		kg C-CO ₂	kg N-N ₂ O	kg eqC
Controle		6780	0,07	6789
Plantio Direto		6120	1,62	6326
Gradagem		8690	2,23	<u>8973</u>

+42%

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXO DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

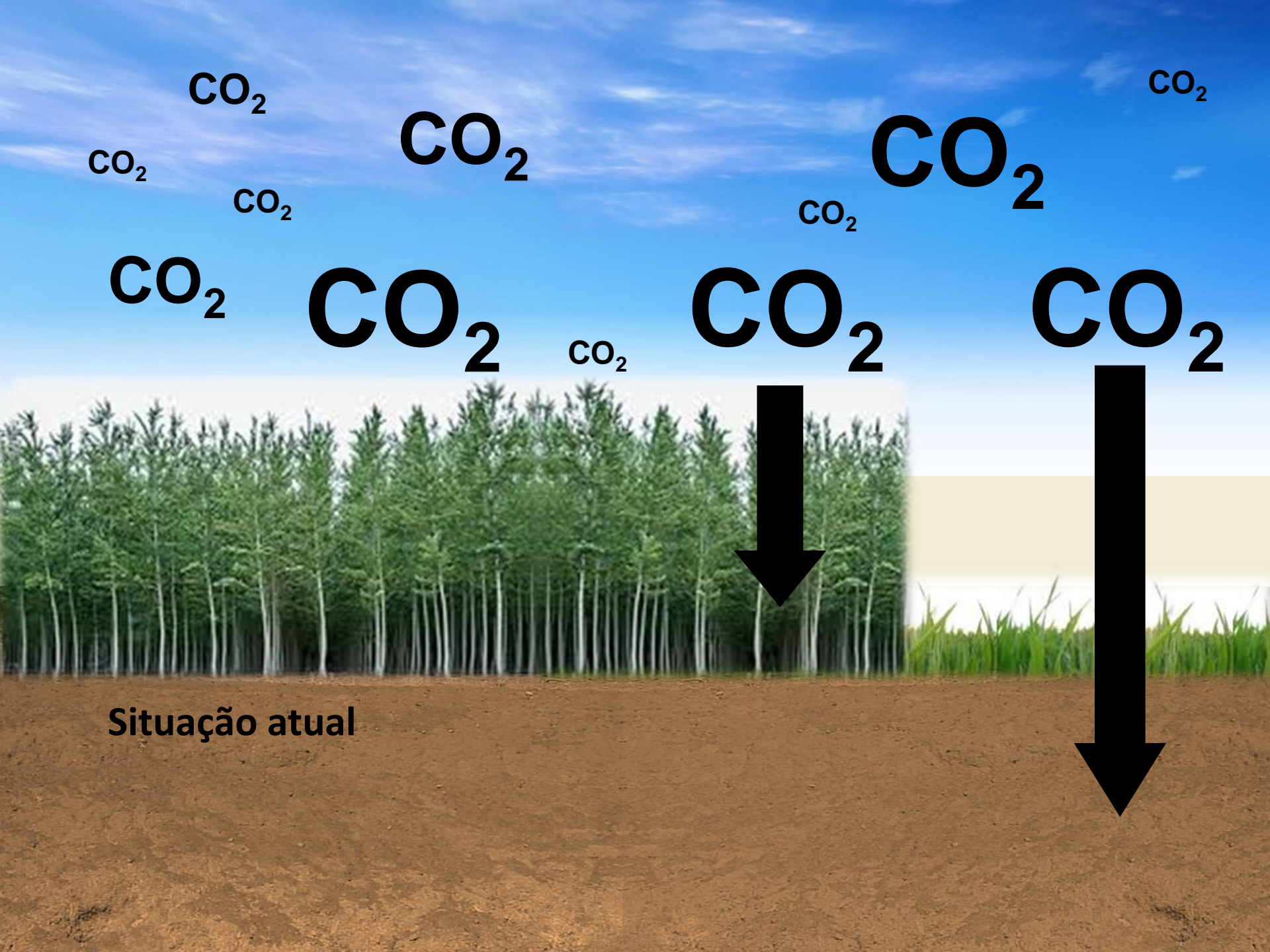
Geral do Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

Considerações finais



CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

CO_2

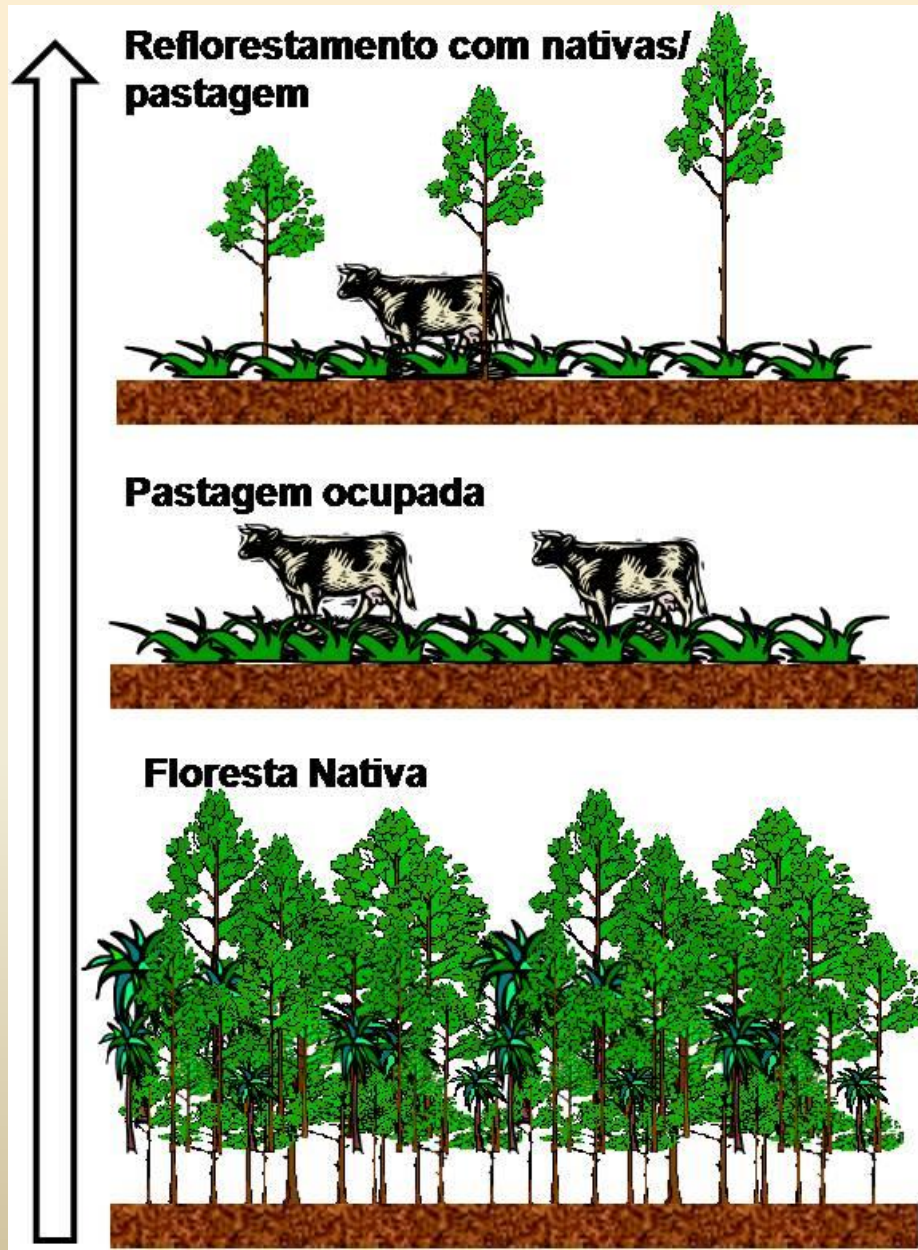
CO_2

Situação atual

Mudança de uso da terra de pastagem para reflorestamento



Dinâmica da mudança do uso do solo



Dinâmica da mudança do uso do solo



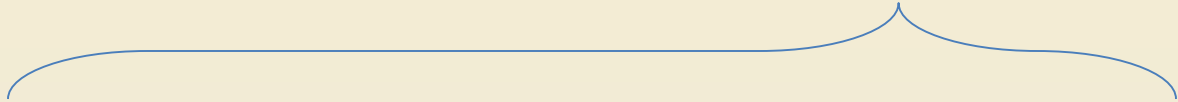
Vegetação nativa



1980



Pastagem



1º Ciclo - 7 anos



*2003

2º Ciclo - 14 anos



*1996

3º Ciclo - 21 anos



*1989

Eucalipto

* Ano do 1º plantio



- *Perfil do solo sob Eucalipto*

Liteira



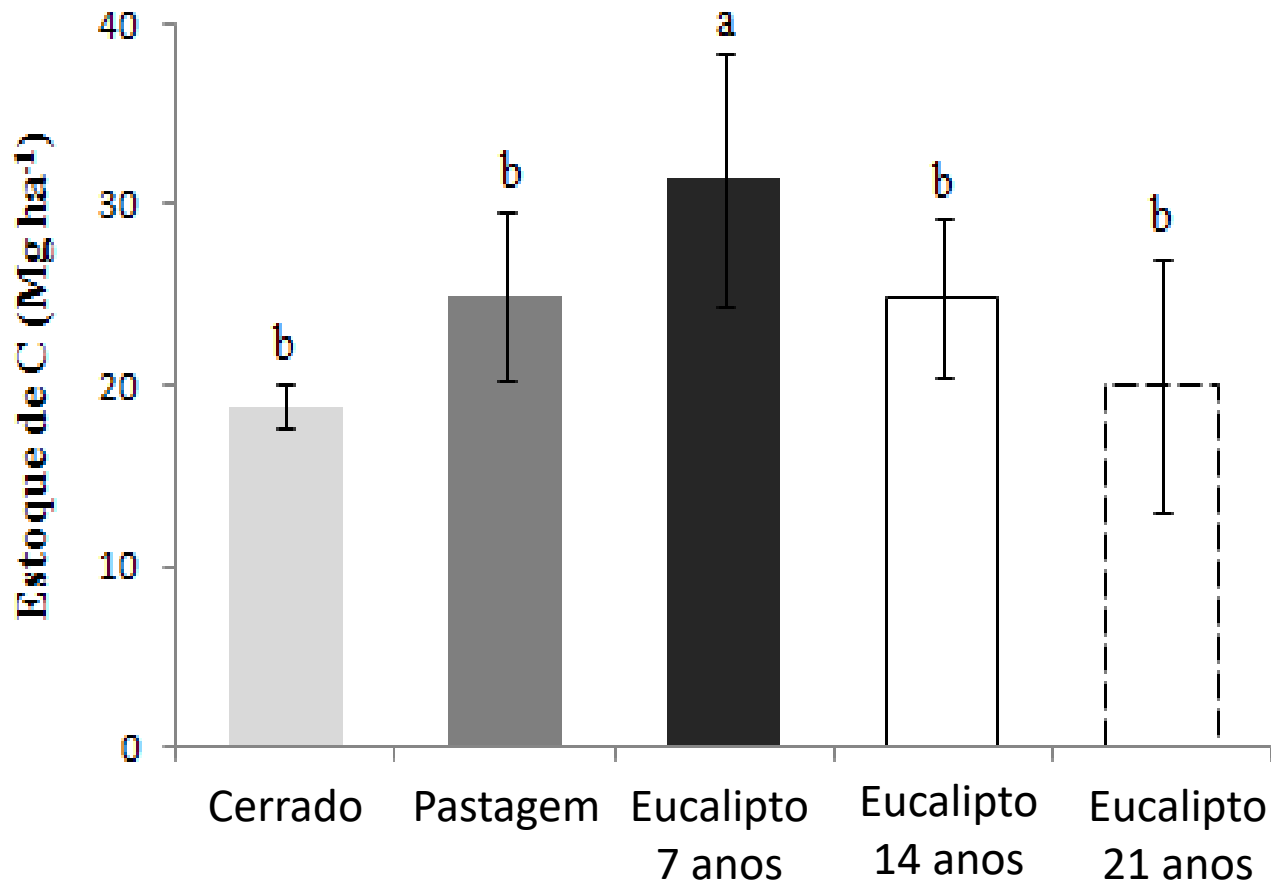
- *Perfil da mini-trincheira de solo - Eucalipto*



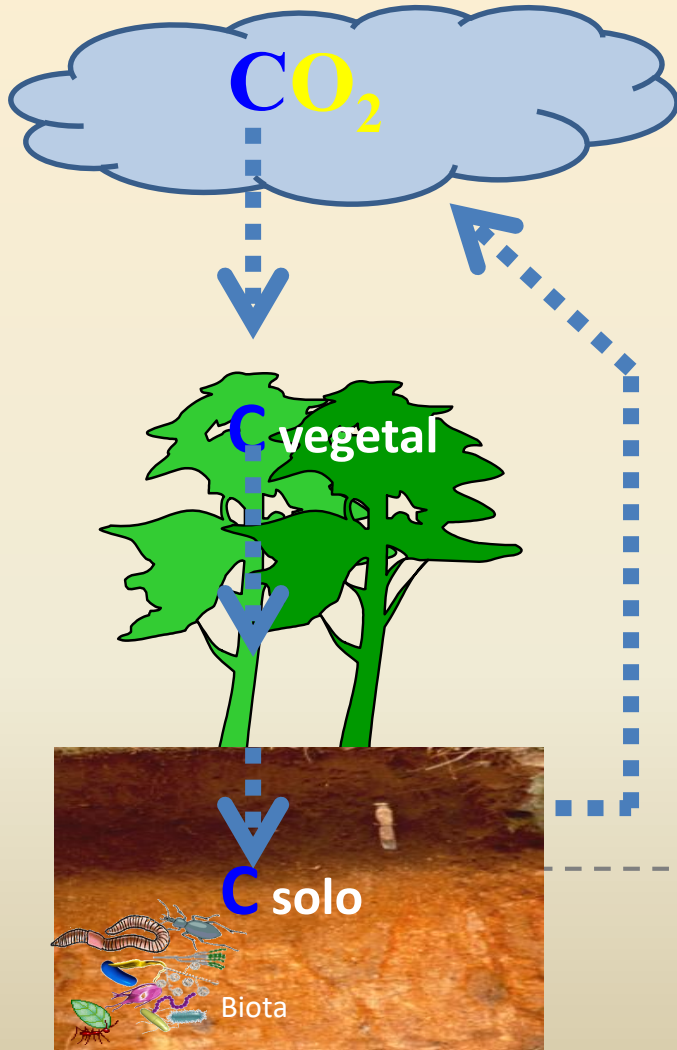
ESTOQUE DE CARBONO

Reflorestamento Eucalipto

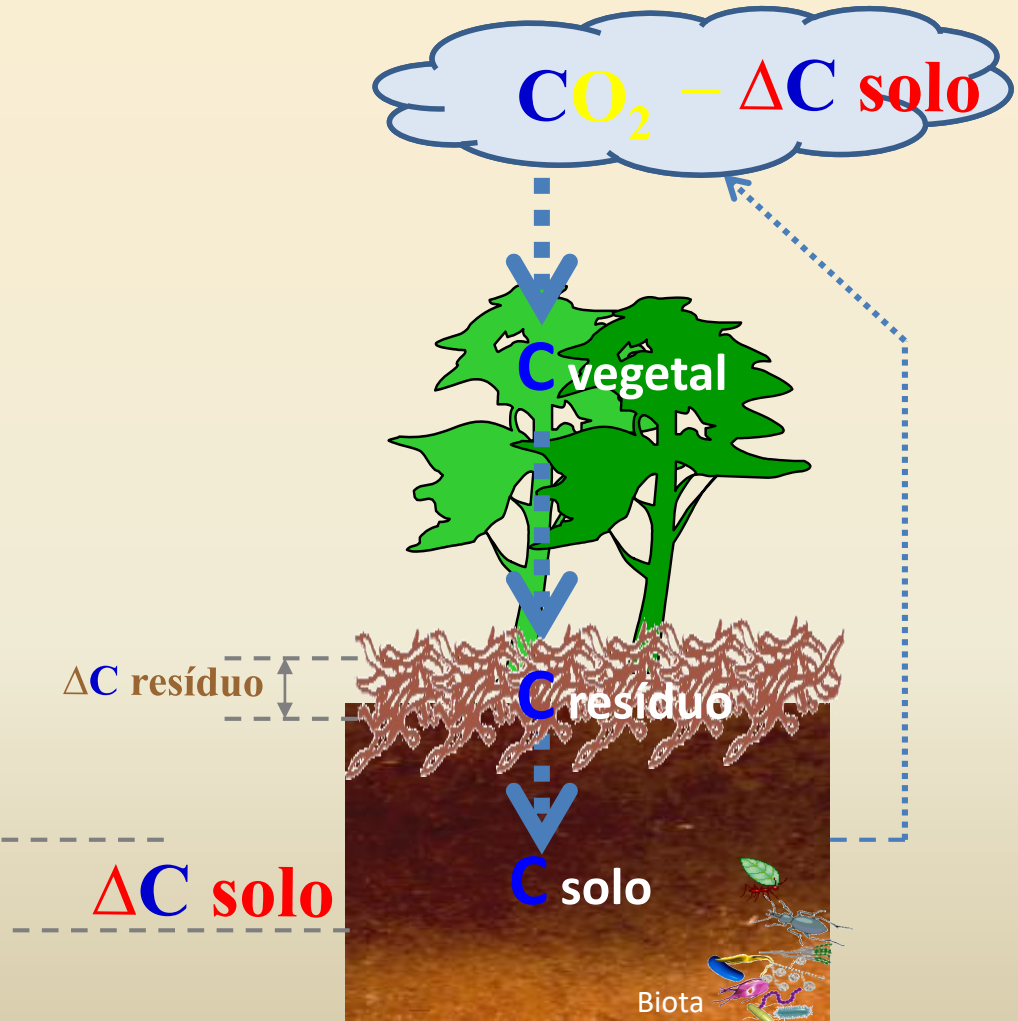
Camada 0-30 cm
de profundidade



SEM APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS



COM APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS



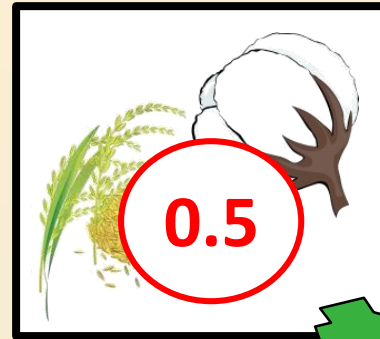
Mudança do uso da terra pastagem-cana

Foreseen expansion in area Million ha for the next 10 years

Soybean

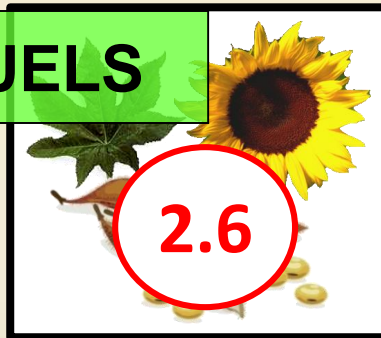
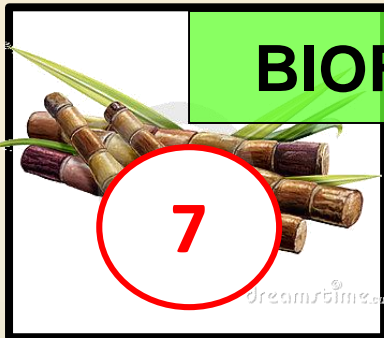
Corn

Others

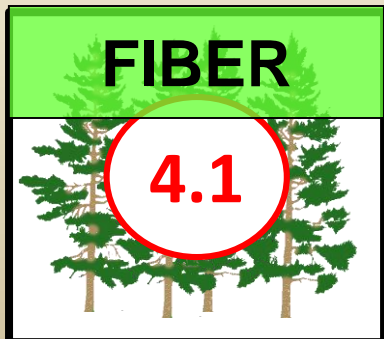


Sugarcane

Oilseeds



Reforestation



18-20 Mha

How can the agricultural area be expanded in a sustainable way?



Expansion of agricultural area

without further deforestation...



Pasture 192 million ha



Agriculture 60 million ha



Expansion of agricultural area

without further deforestation...



Pasture 192 million ha
- 20 million ha

Agriculture 60 million ha
+ 20 million ha

Foreseen expansion in area (10^6 ha) for the next 10 years

Soybean



Corn



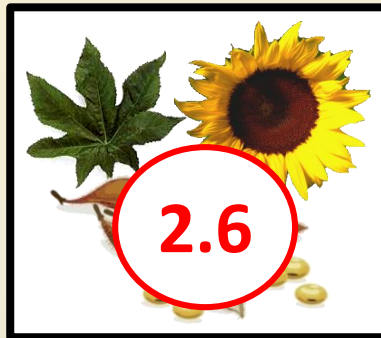
Others



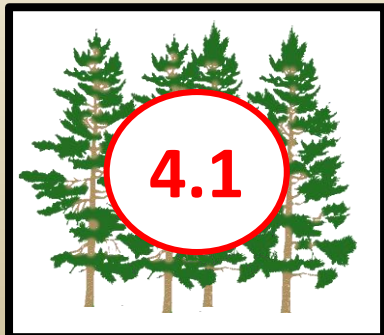
Sugar-cane



Oilseeds



Reforestation

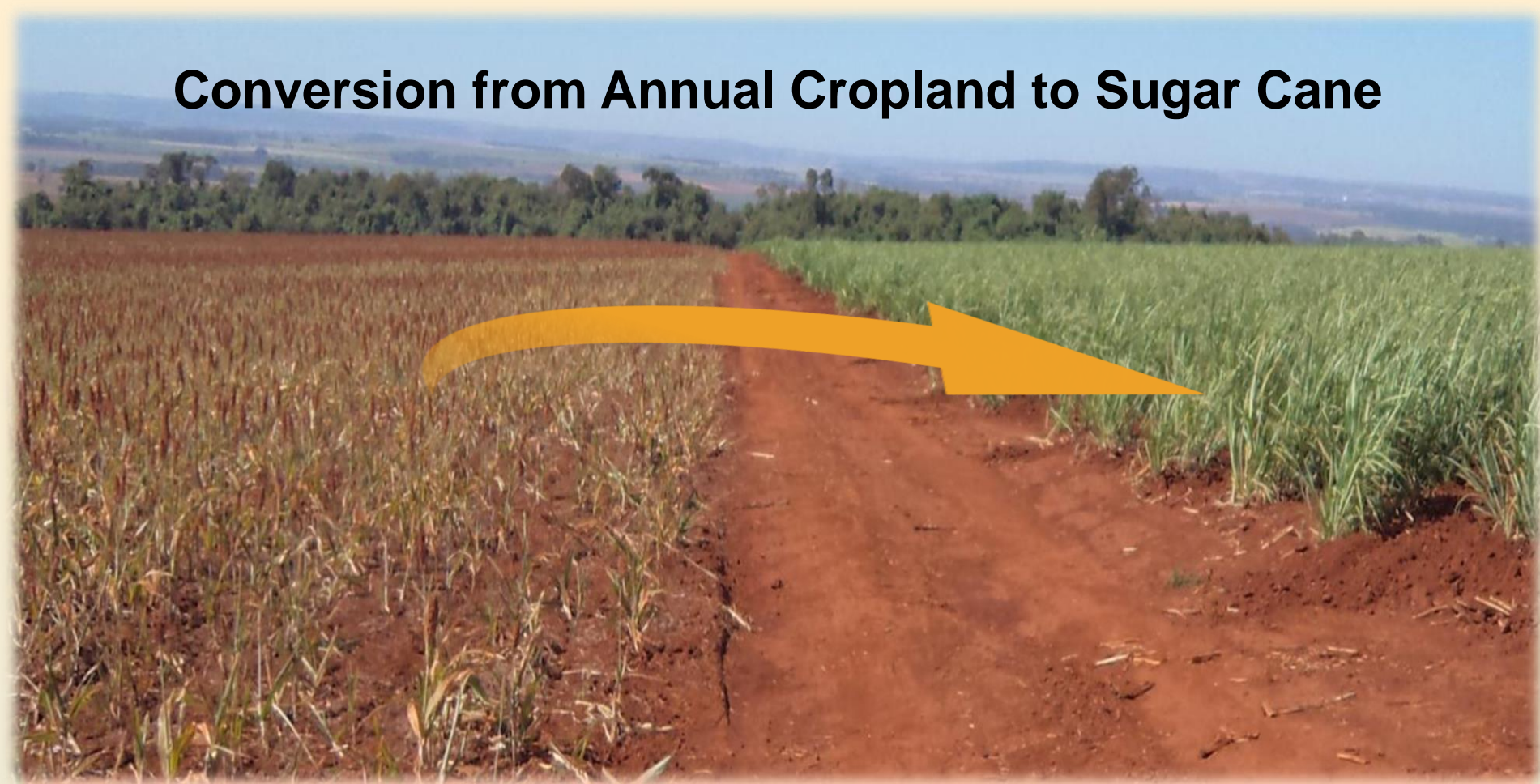


18-20 Mha



4 million people
US \$ 28 billion
1.5% Brazil's GDP

Conversion from Annual Cropland to Sugar Cane



Conversion from Pasture to Sugar Cane



**The effects of land-use-change
on soil carbon balance
have to be taken into account
in calculating the CO₂ savings
attributed to bioenergy crops**

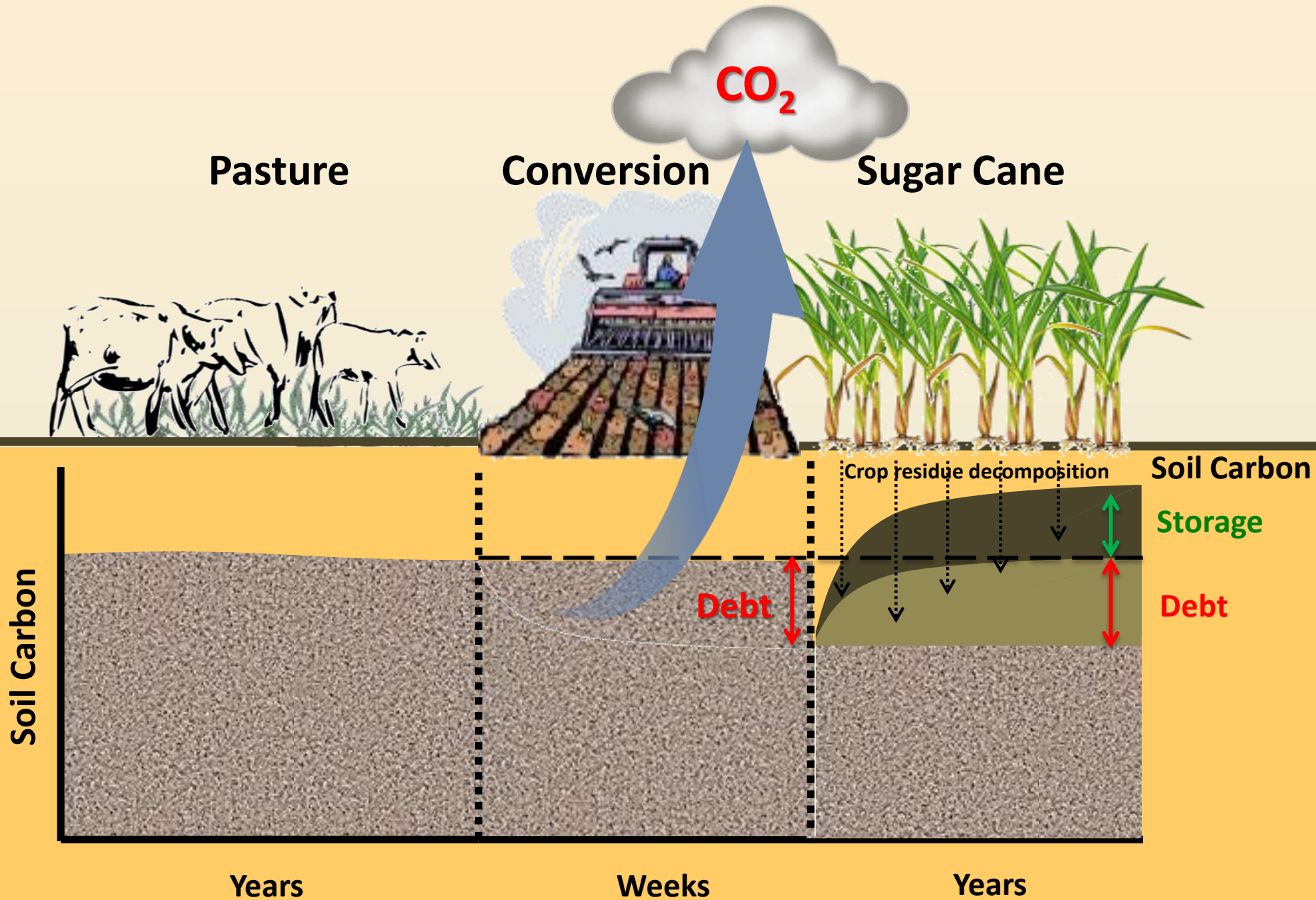
Couple of questions:

- **How much is the Soil Carbon Debt and Payback Time due to these conversions?**
- **How to produce sugar cane ethanol in a sustainable way and increase the fossil fuel offset?**

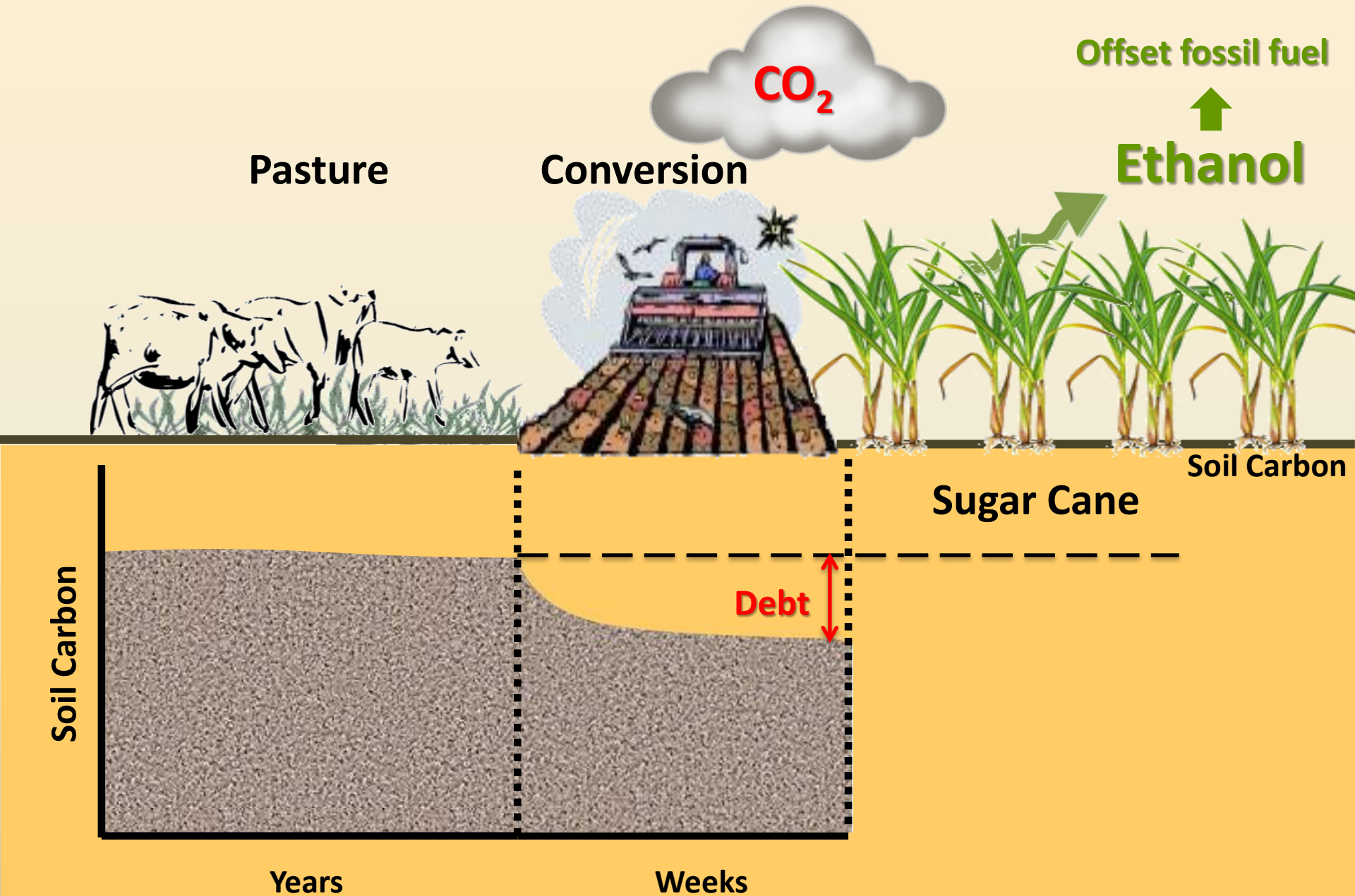
Couple of questions:

- **How much is the Soil Carbon Debt and Payback Time due to these conversions?**
- **How to produce sugar cane ethanol in a sustainable way and increase the fossil fuel offset?**

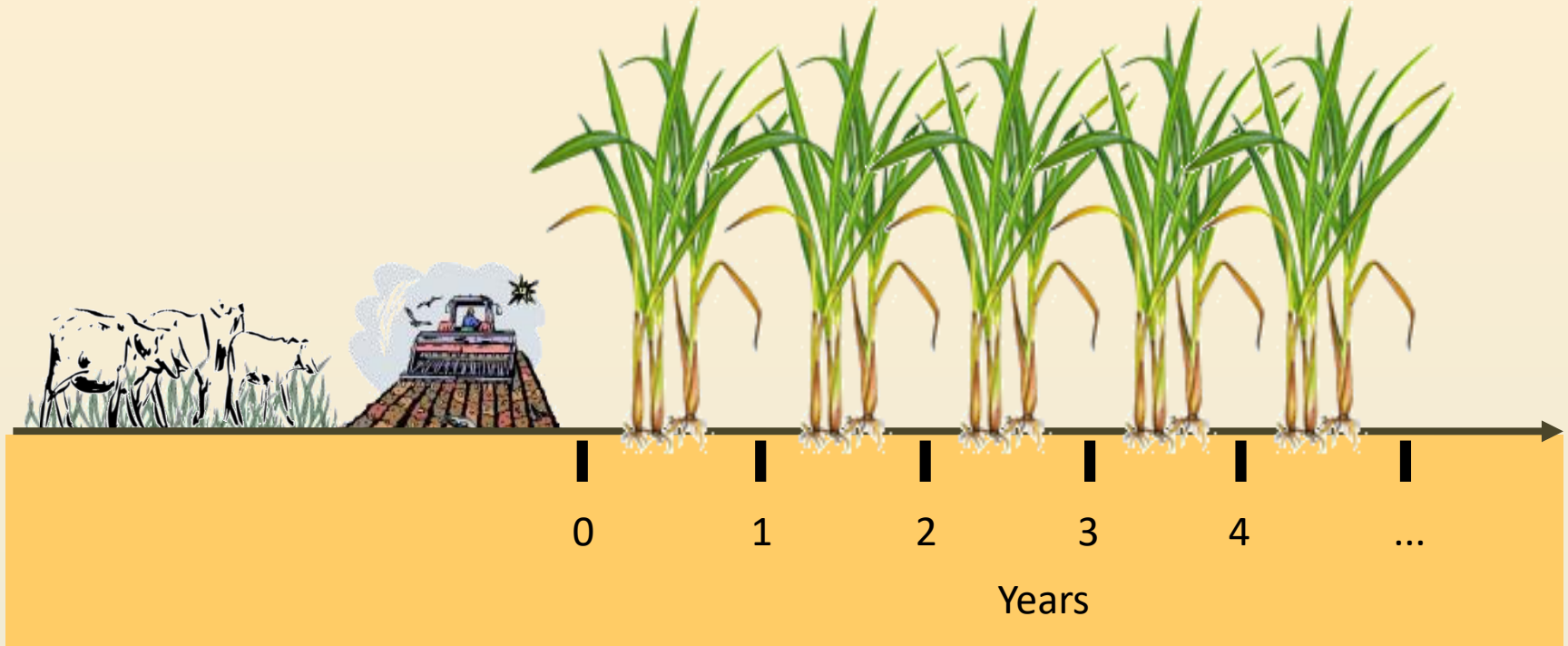
Soil Carbon stock balance after Land Use Change



Payback time



Payback time



“Time span that the conversion of a specific land into sugarcane would need to compensate emissions resulted from LUC considering the offset associated to the replacement of fossil fuel by sugarcane ethanol.”

Soil Carbon Debt and Payback Time CALCULATIONS

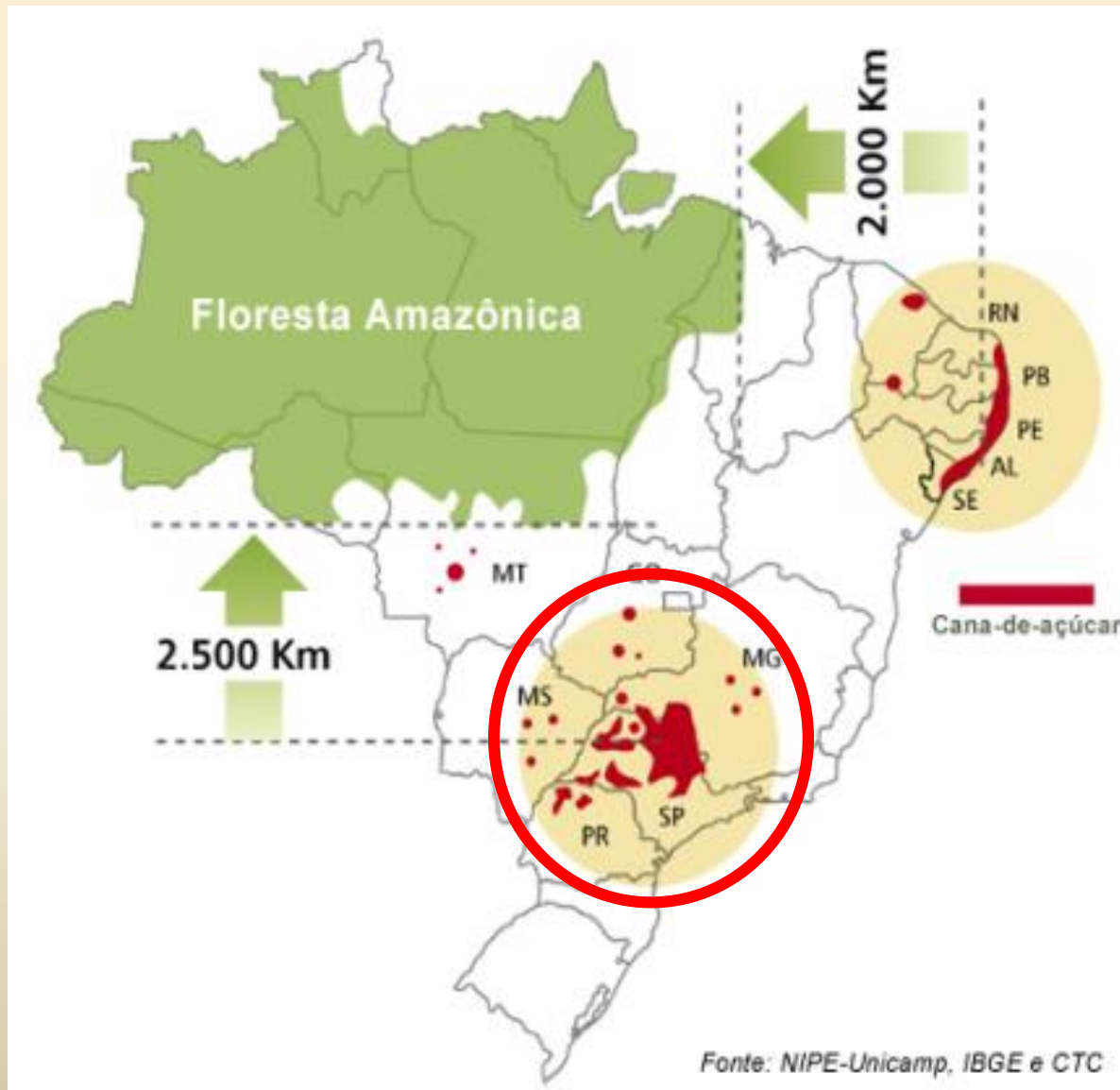
Methodology



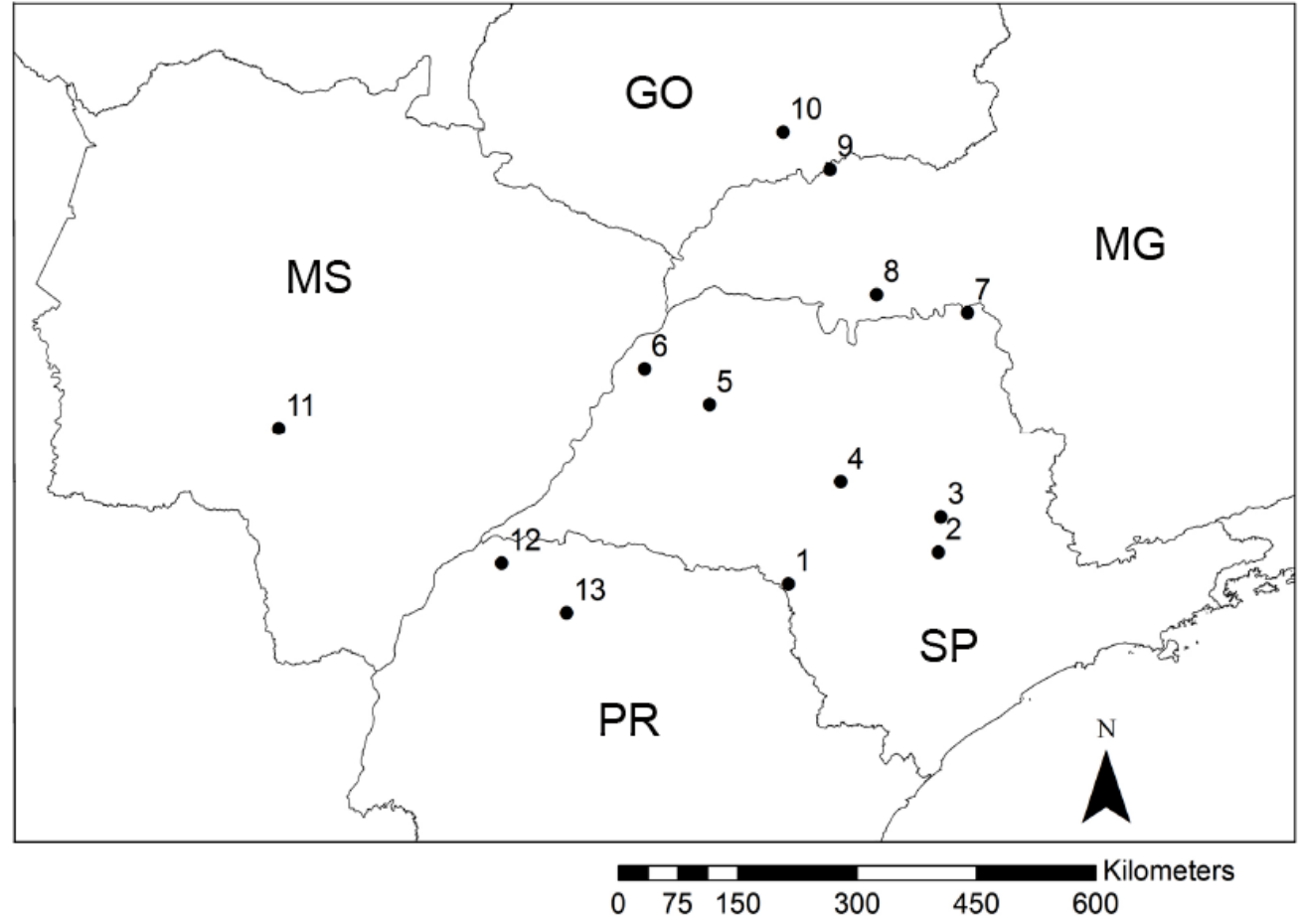
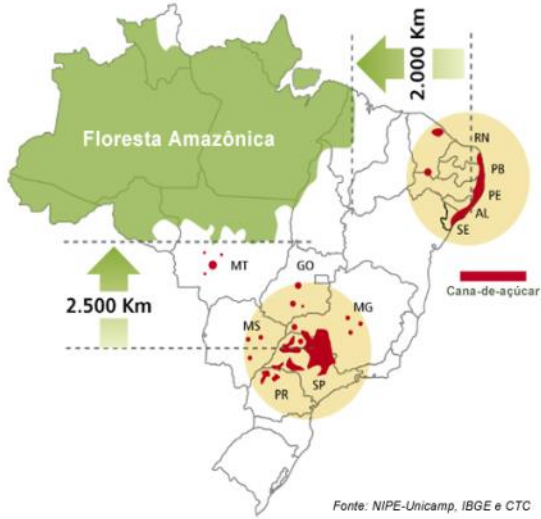
- Find comparison soil pairs
- Soil sampling
- Determination:
 - Soil organic carbon LECO - Analyzer
 - Soil bulk density
- Estimate of CO₂ **emitted (-)** or **accumulated (+)** in soils using Tier 2 approach (2006, IPCC)



Region selected



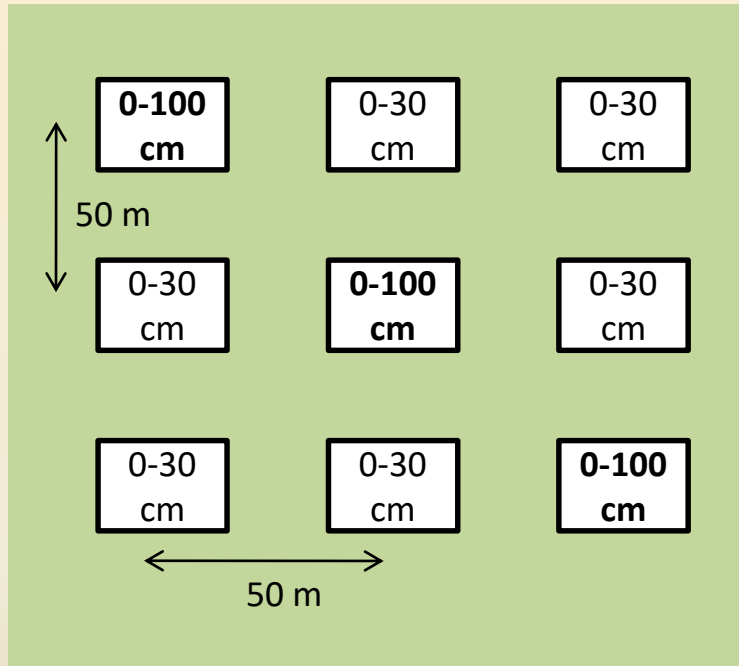
Places selected



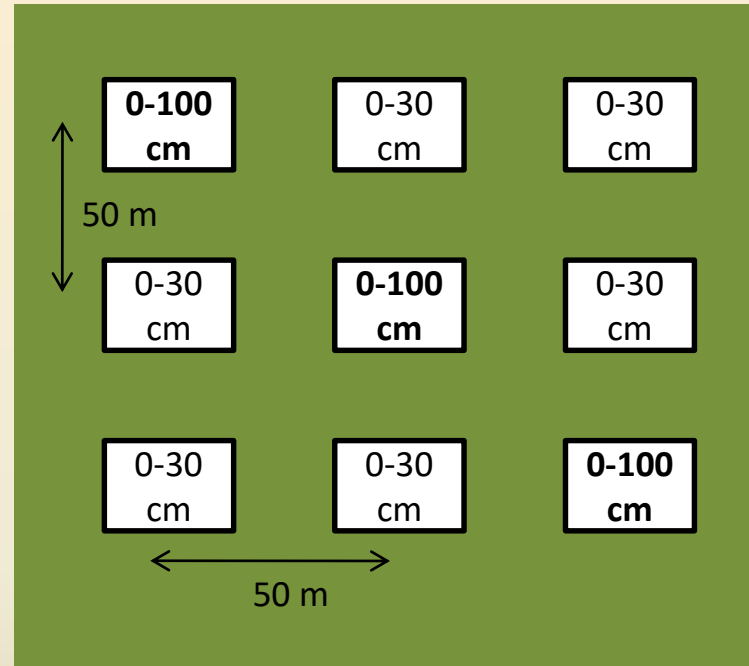
Soil sampling strategy

Soil pairs (side by side)

Pasture



Sugar Cane



Soil depths:

0-10, 10-20, 20-30 cm

0-10, 10-20, 20-30, 40-50, 70-80, 90-100 cm

Conversion from Pasture to Sugar-Cane

70%



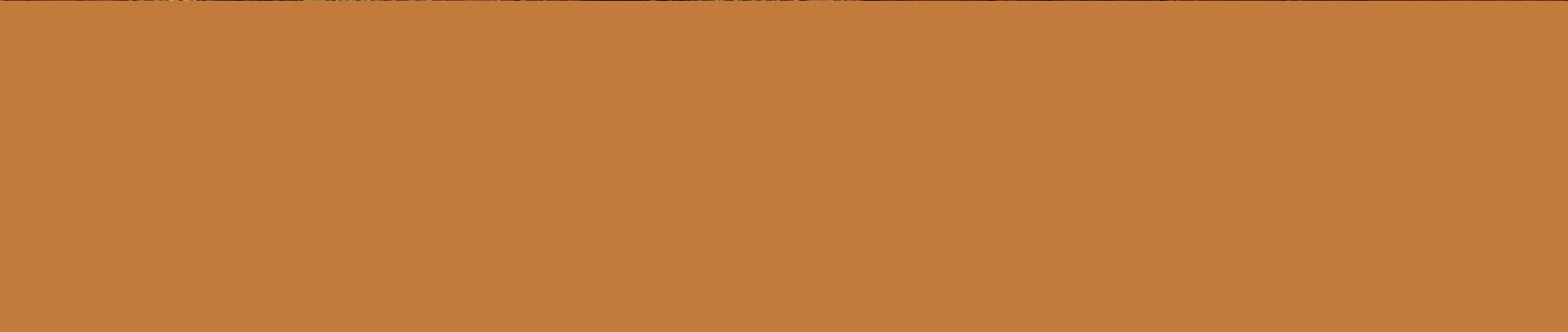
Conversion from Annual Cropland to Sugar-Cane

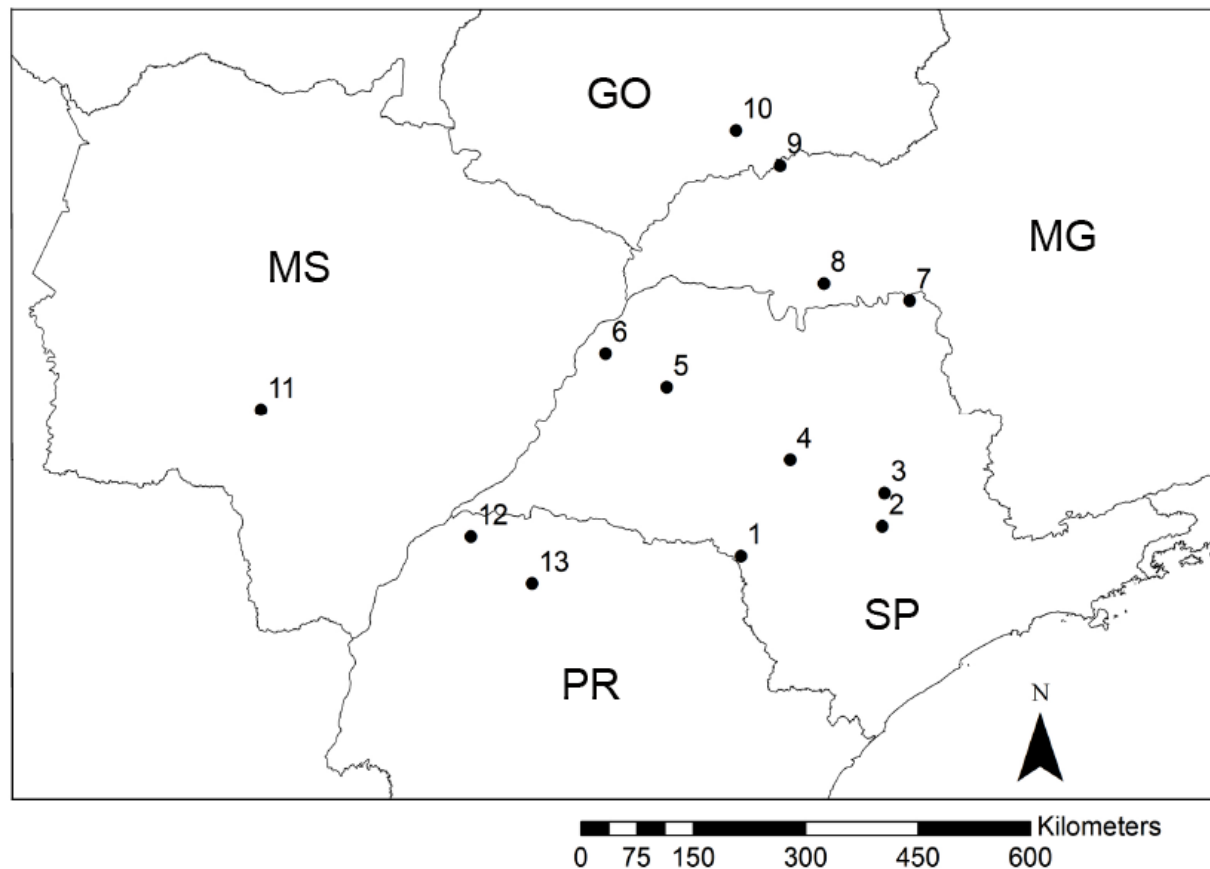
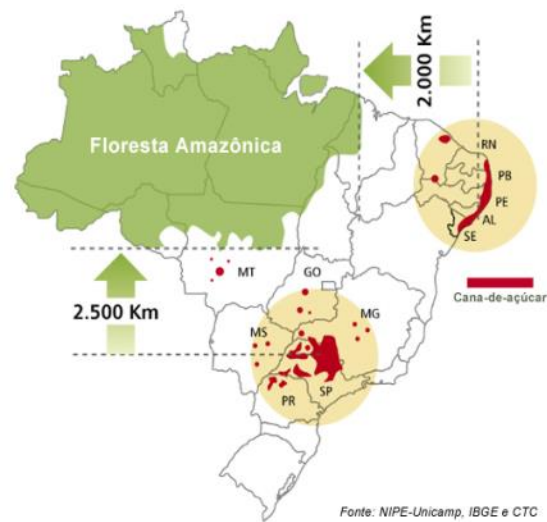
25%



Conversion from Cerrado to Sugar-Cane

< 1%





135 study sites = 75 pairs

Pasture	to	sugar cane	57
Annual cropland	to	sugar cane	13
Cerrado	to	sugar cane	05

≈6,000 Soil samples

Soil Carbon Debt and Payback Time

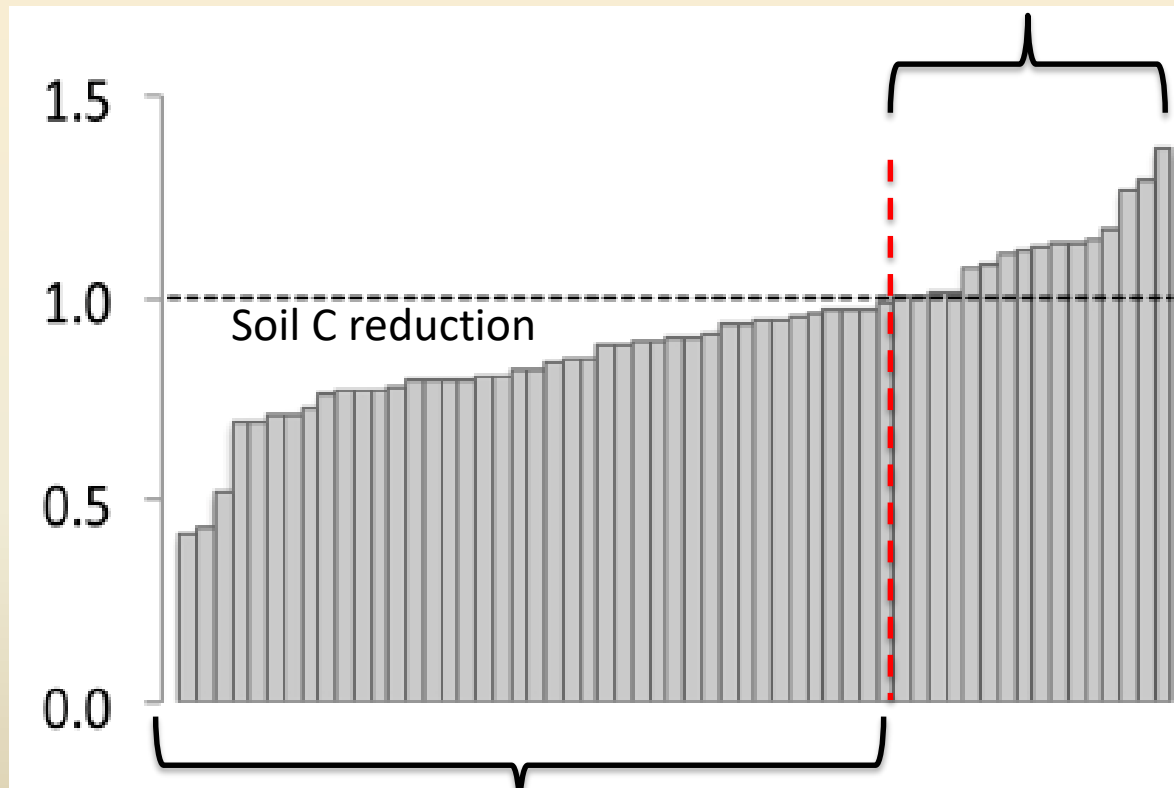
RESULTS

$$\text{Response Ratio (Mg C ha}^{-1}\text{)} = \frac{\text{Soil C stock Sugar Cane}}{\text{Soil C stock References}}$$

Pasture
Agriculture
Cerrado

Pasture-> Sugar cane
0-30 cm

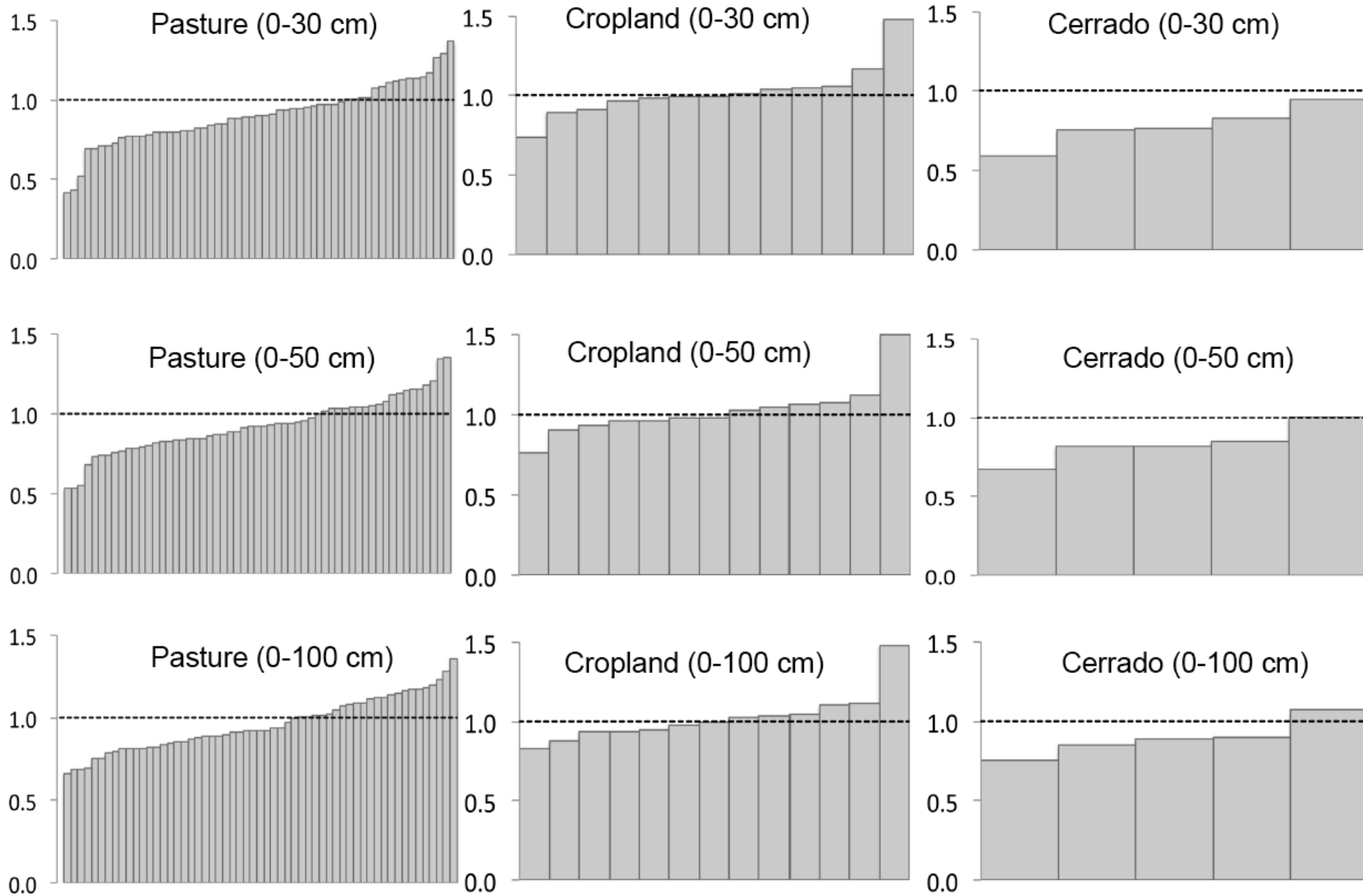
Soil C storage



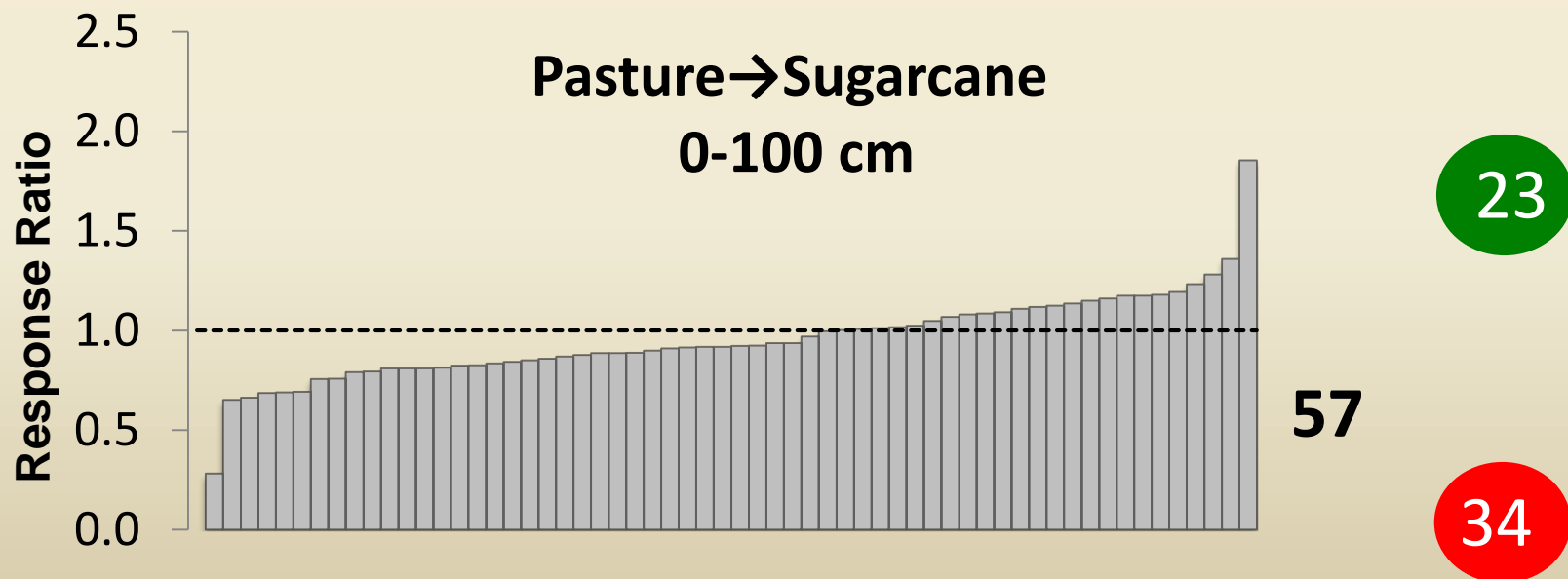
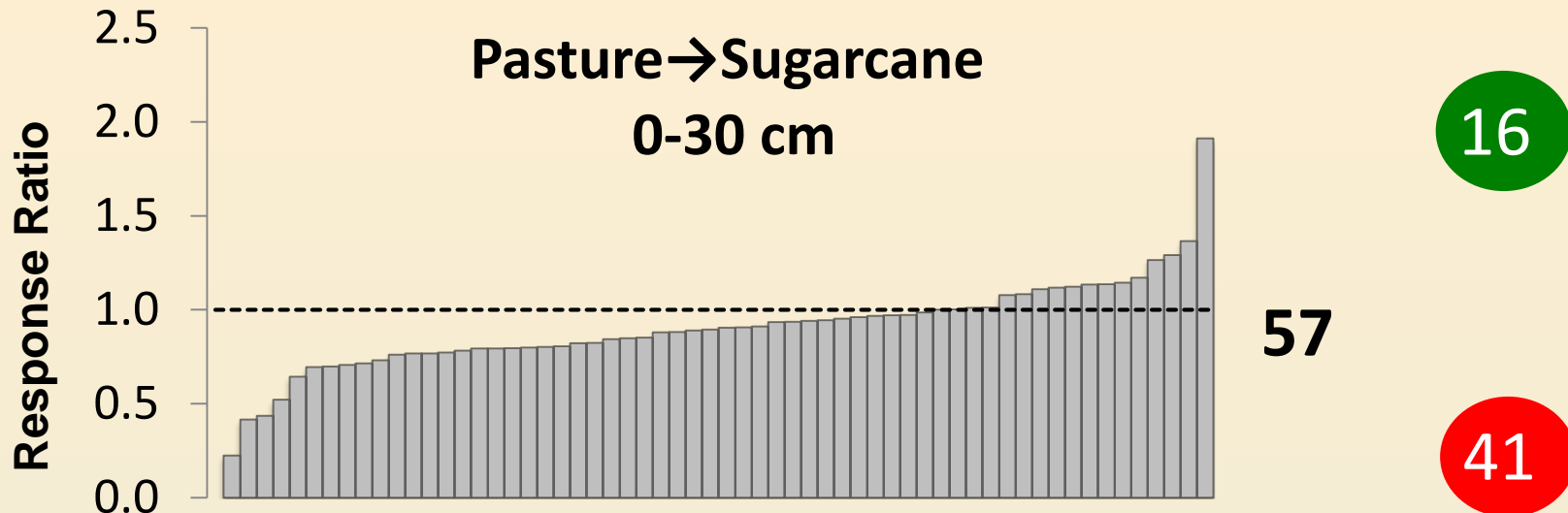
Payback time

Soil C stock Sugar Cane
Soil C stock References

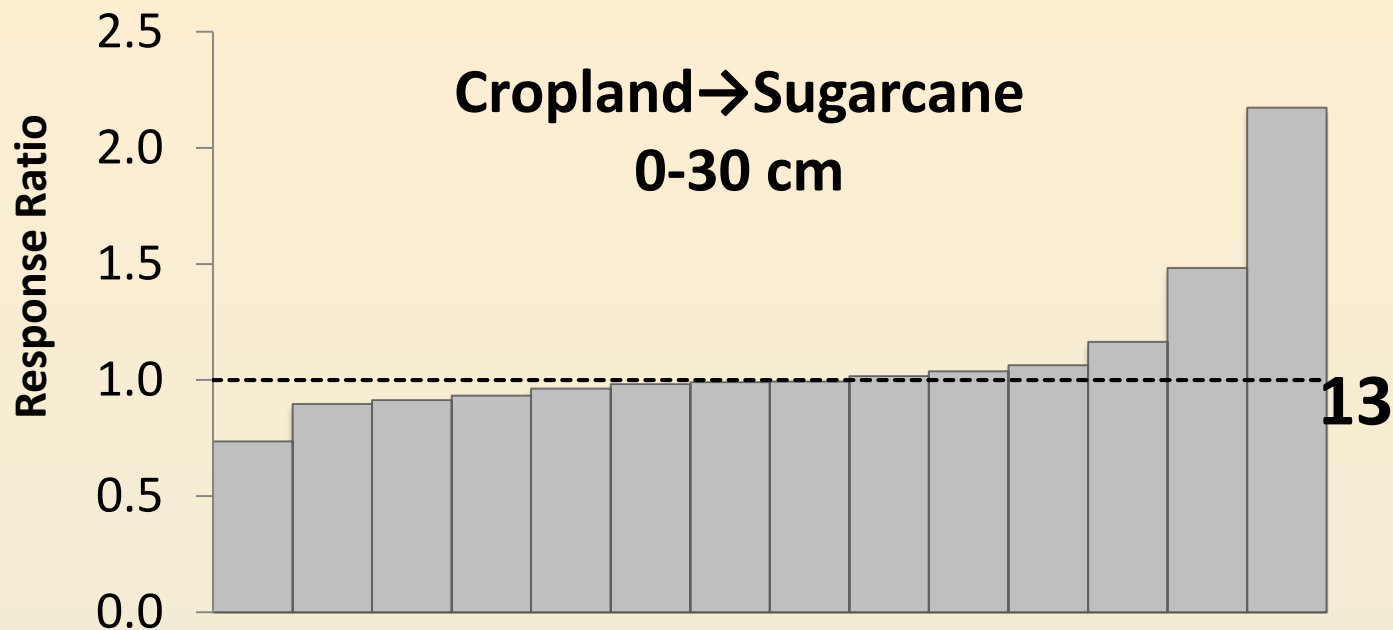
Response Ratios



Sites

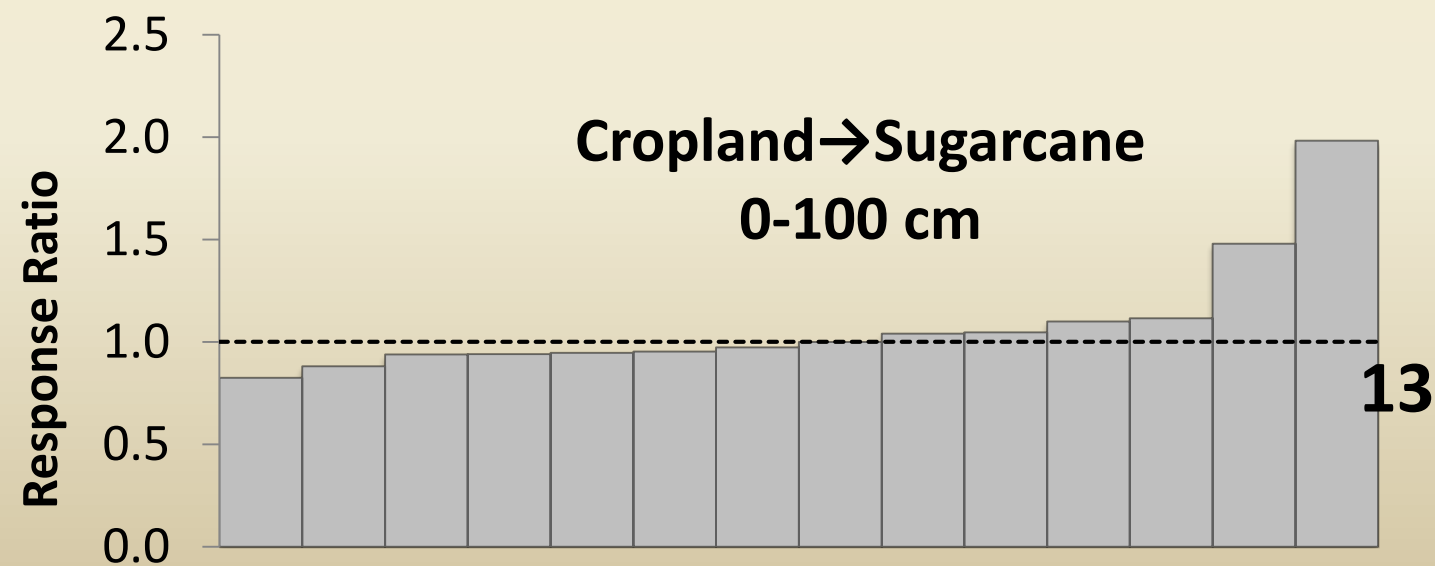


Sites



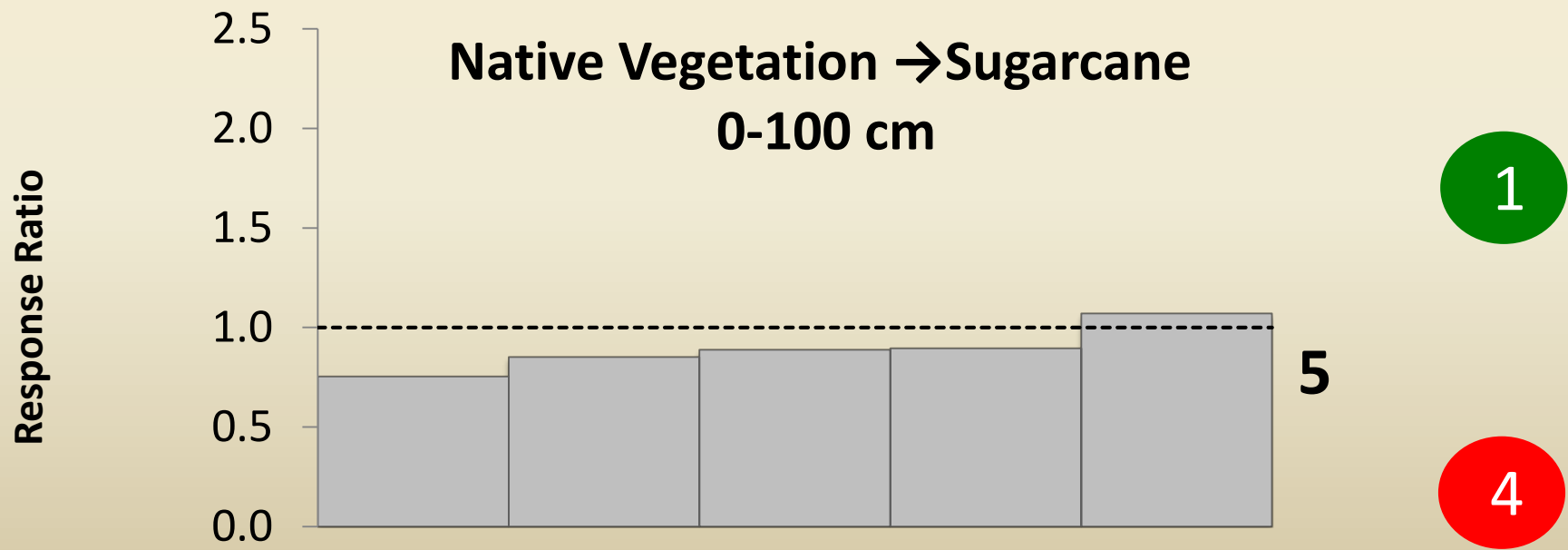
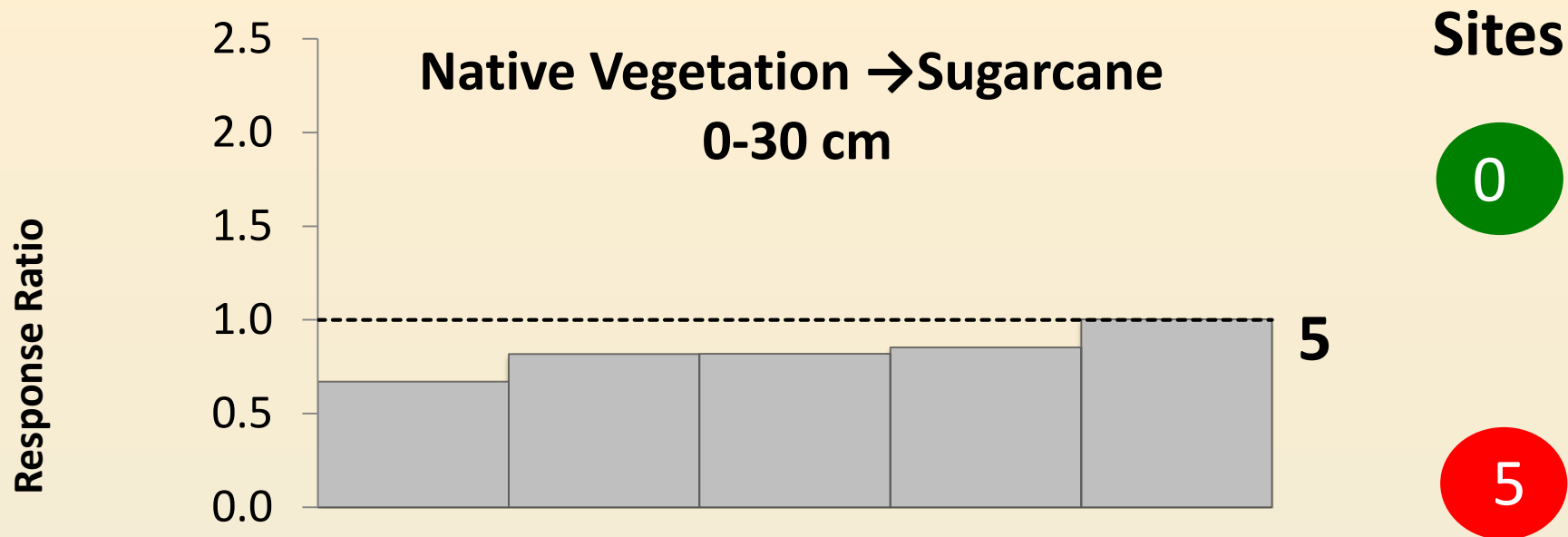
6

7

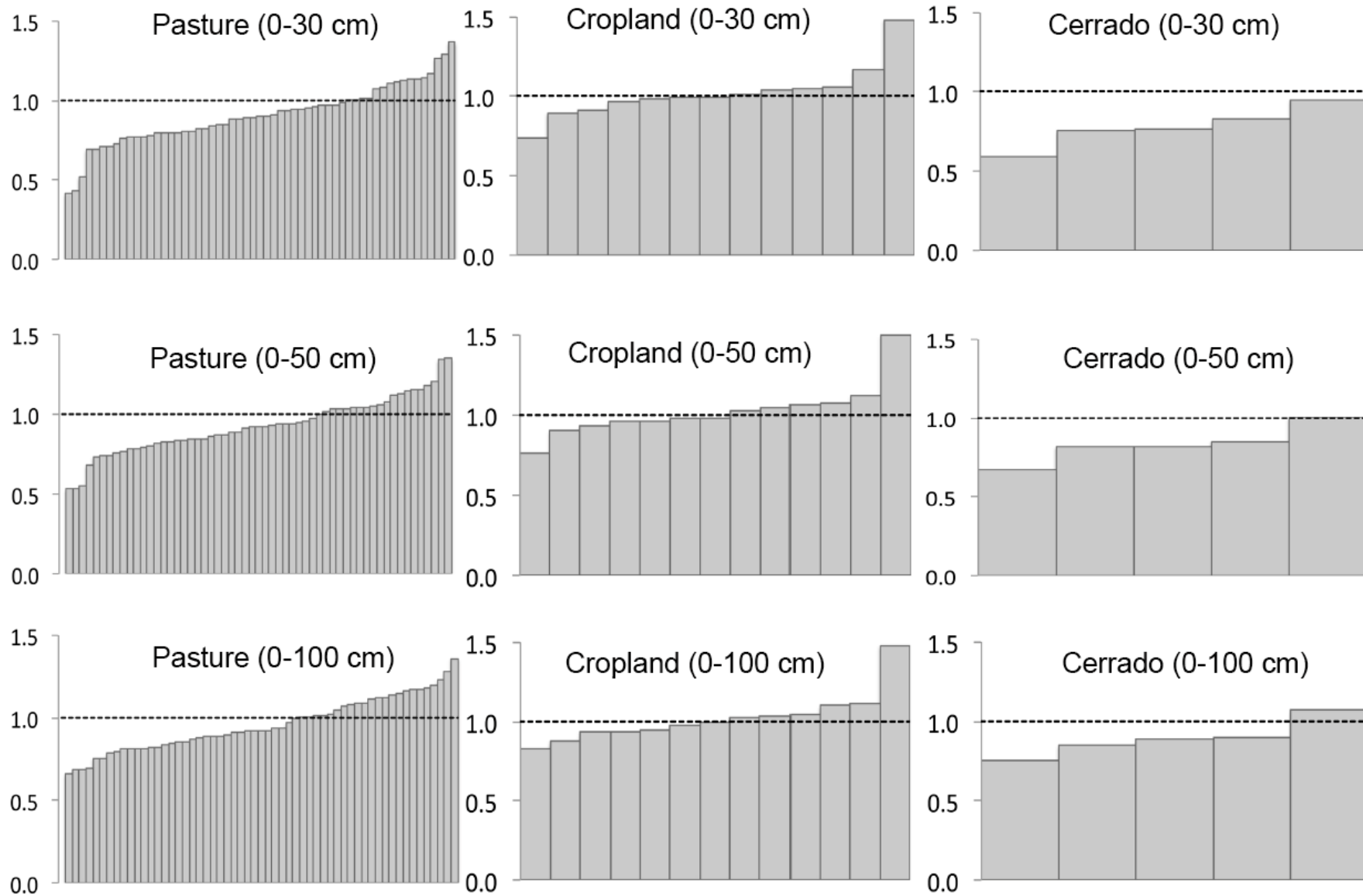


7

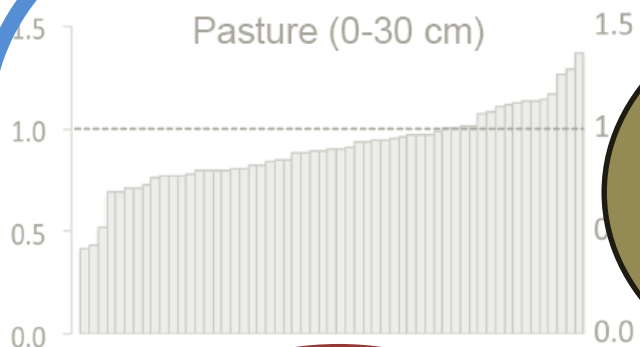
6



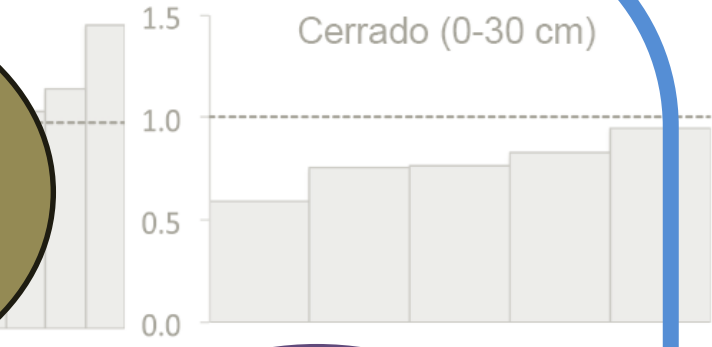
Response Ratios



Response Ratios



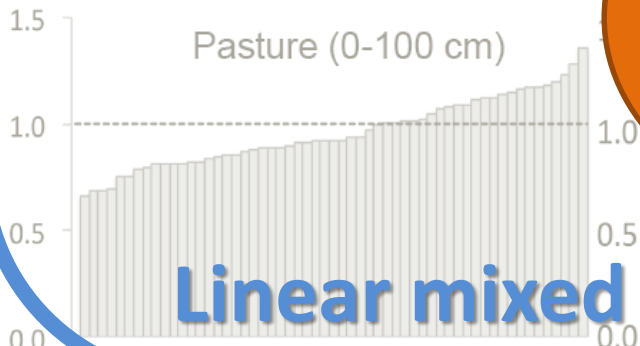
Soil C stocks from sugar cane and references



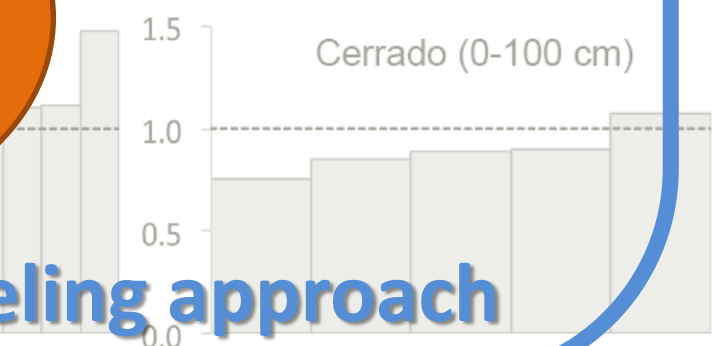
Time span after LUC land use change

Land use change factor

Adopted management burnt vs unburnt

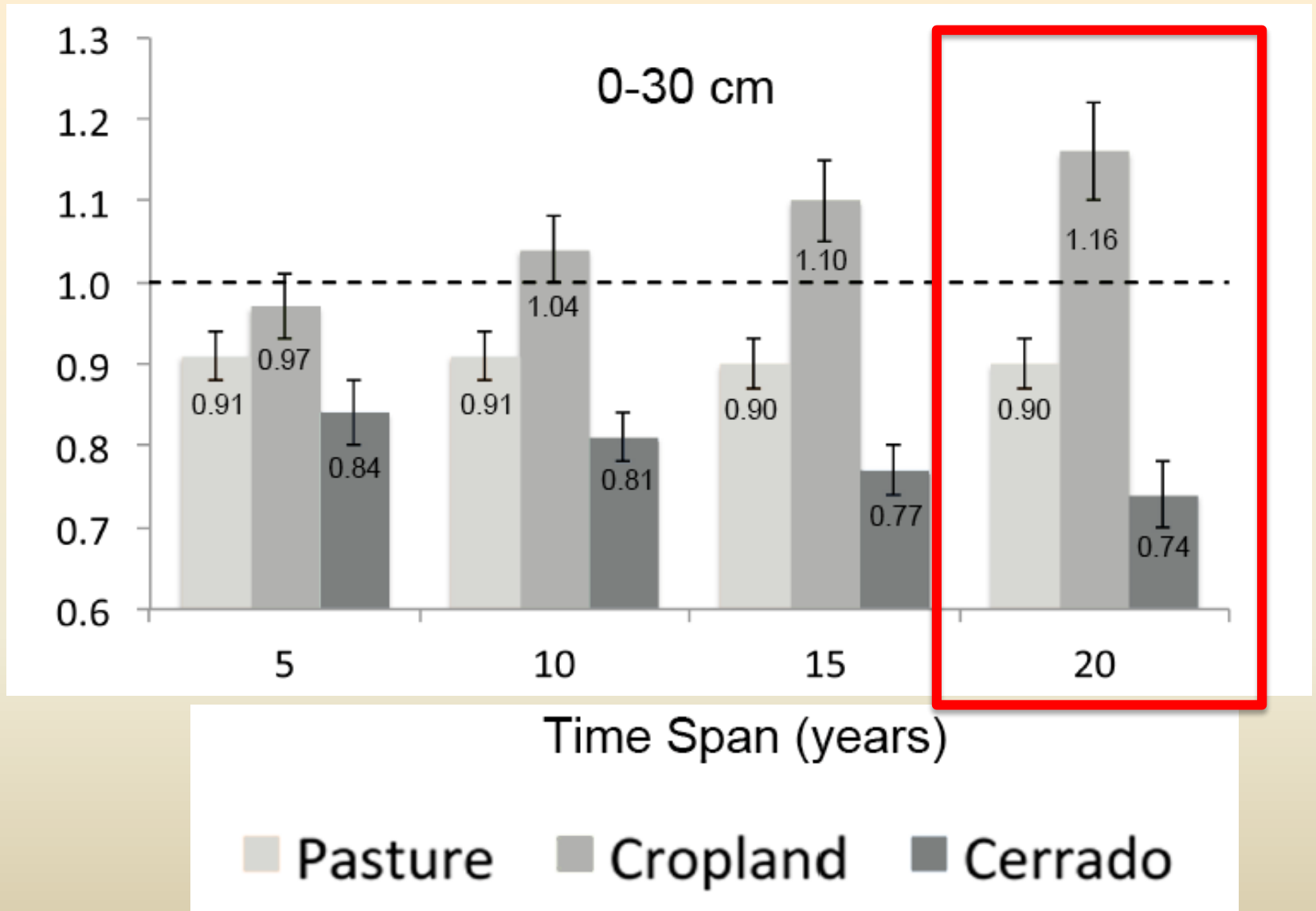


Soil type, soil texture, climate factors



Linear mixed effect modeling approach

Land use change factor



Conversion from Cerrado to Sugar Cane (< 1%)



Carbon Debt (20 years)

-77.8 Mg CO₂ ha⁻¹

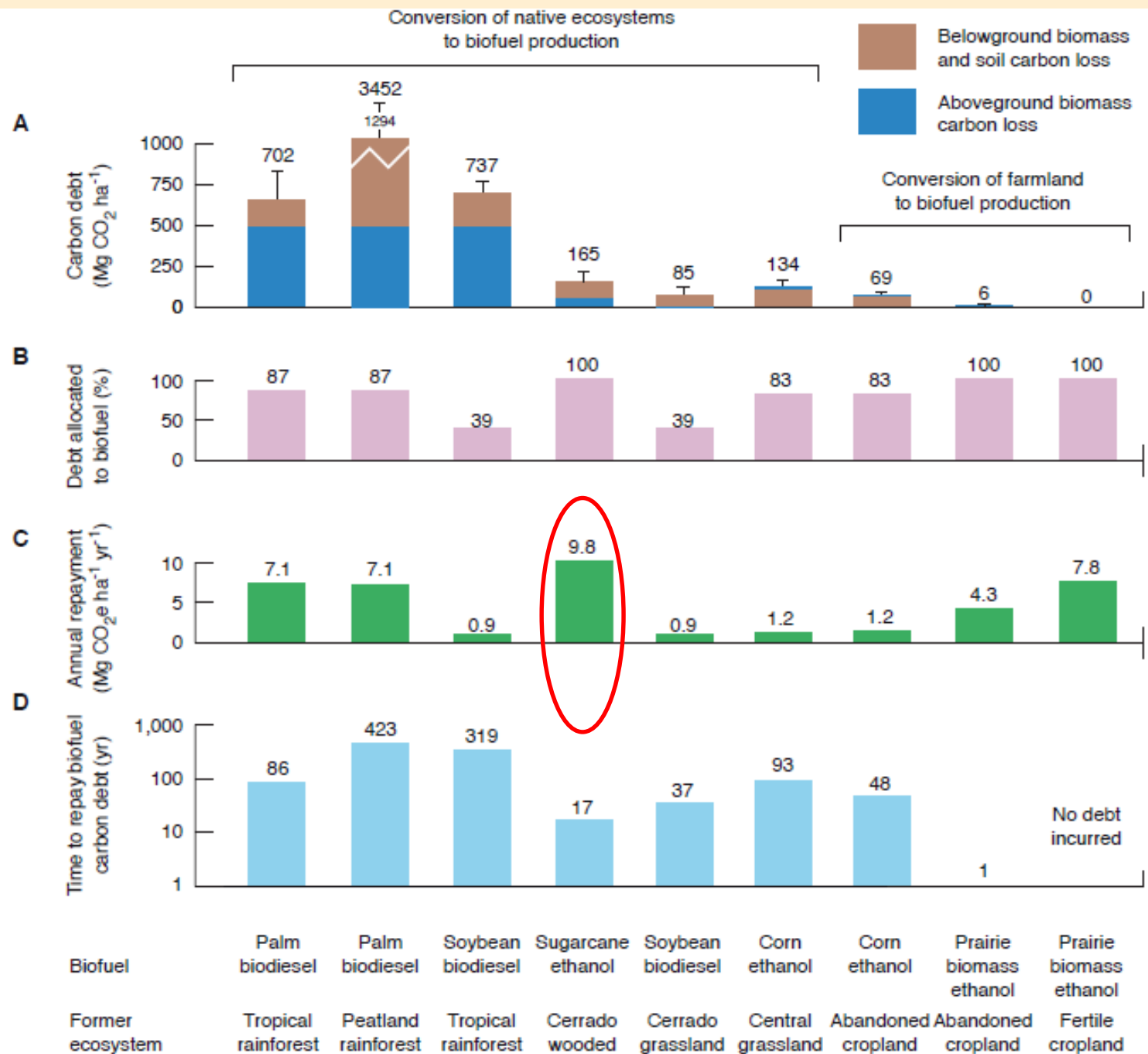
0-30 cm

PAYBACK TIME CALCULATION

Sugar Cane Ethanol Offset

9.8 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹

Fargione et al. (2008) Science



Conversion from Cerrado to Sugar Cane (< 1%)



Payback time = 8 years

Conversion from Pasture to Sugar Cane



Carbon Debt (20 years)

-20 Mg CO₂ ha⁻¹ 0-30 cm

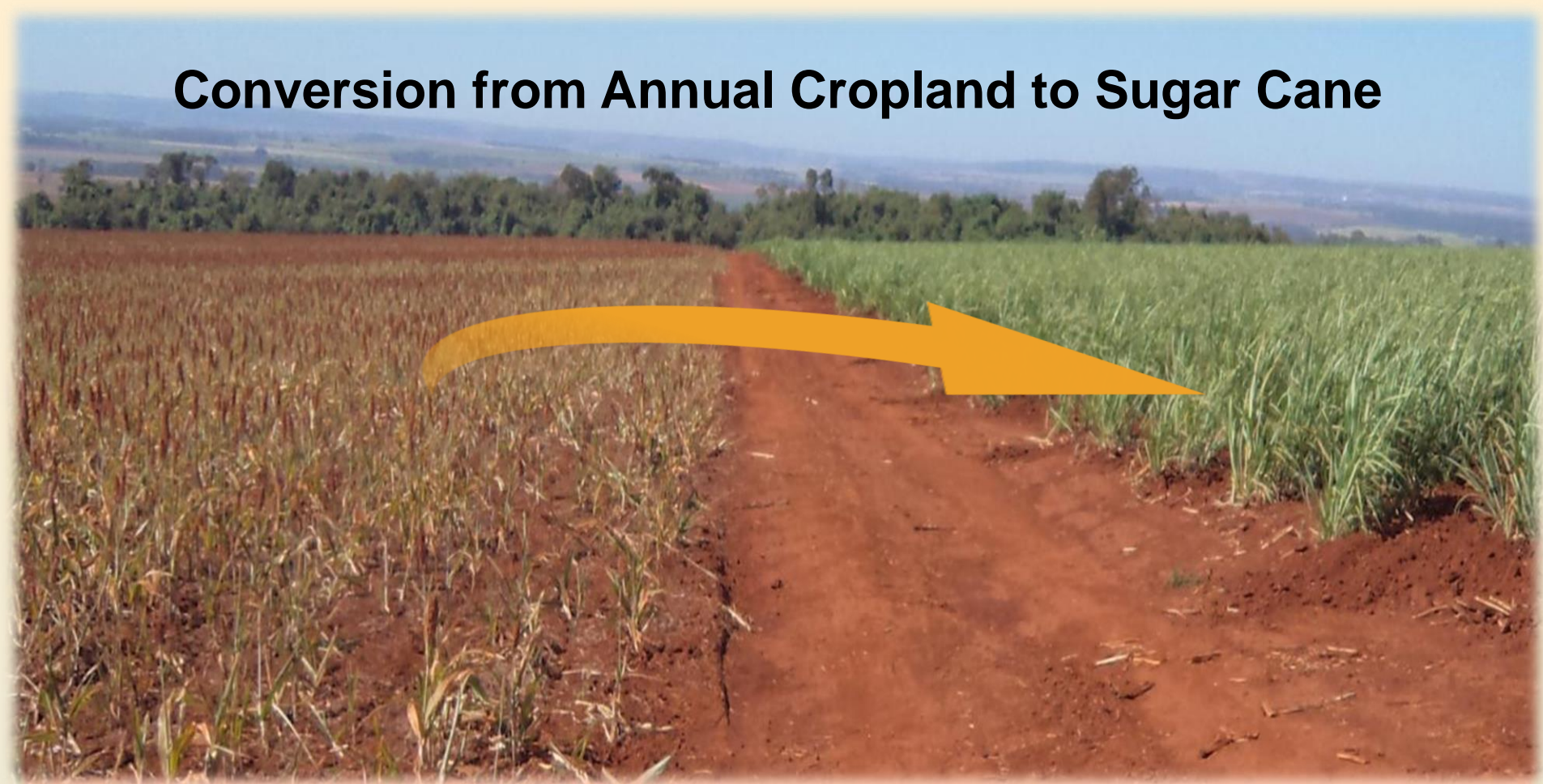
-32 Mg CO₂ ha⁻¹ 0-100 cm

Conversion from Pasture to Sugar Cane



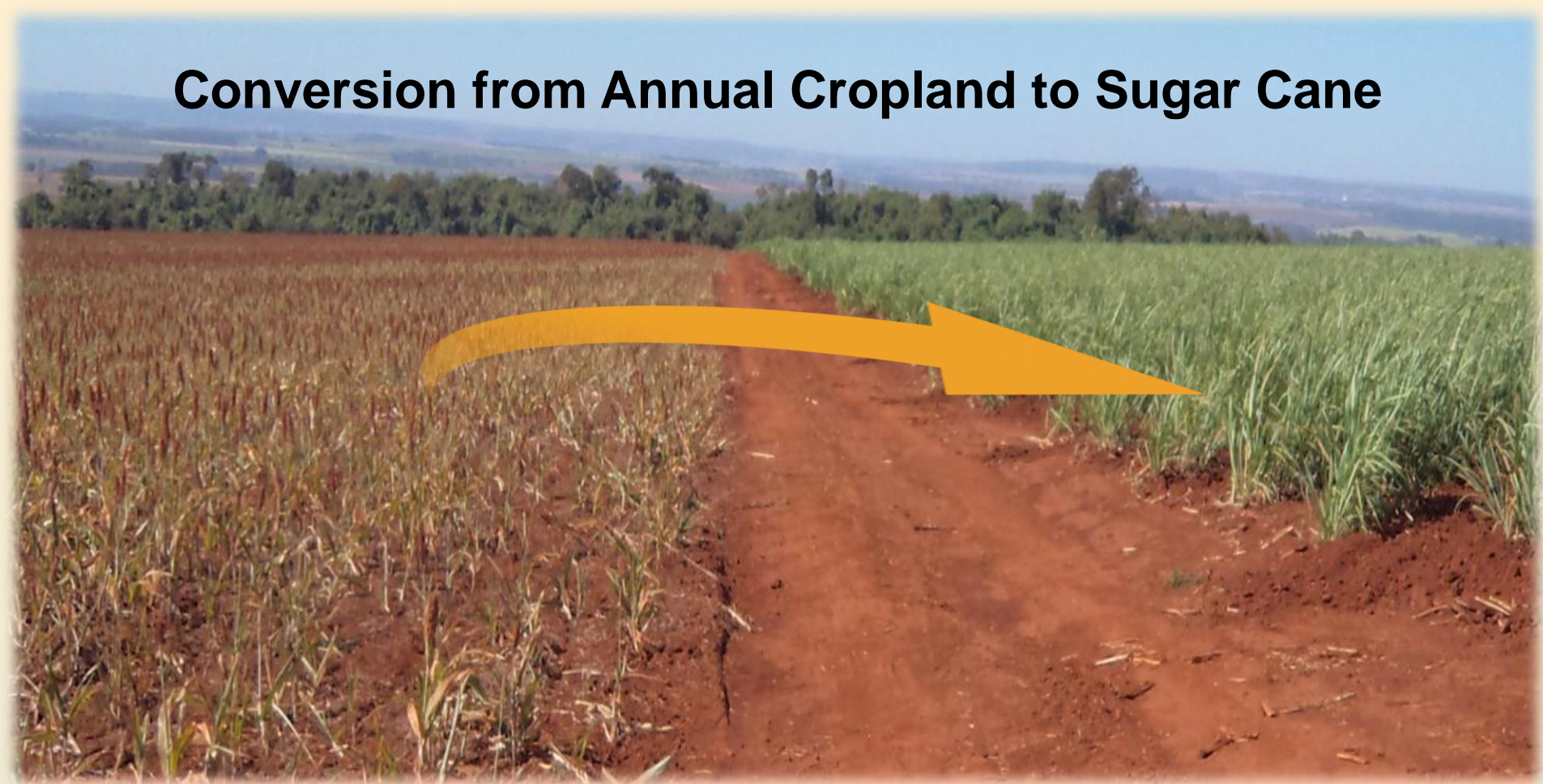
Payback time = 2 to 3 years

Conversion from Annual Cropland to Sugar Cane

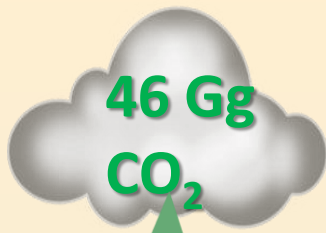


Carbon storage (20 years)
+36 Mg CO₂ ha⁻¹ 0-30 cm
+79 Mg CO₂ ha⁻¹ 0-100 cm

Conversion from Annual Cropland to Sugar Cane



Payback time = ZERO



Conversion

Biomass Carbon

Cerrado

Pasture

Agric land

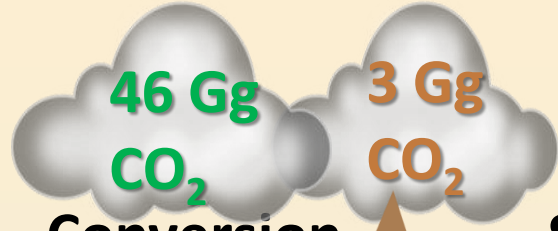
**3 M ha
2000 - 2010**

Soil Carbon

Years

Yields Net Ecosystem Emissions
0.7 – 1.0 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹

Offset
9.8 Mg CO₂ ha⁻¹ yr⁻¹



ethanol

Biomass Carbon

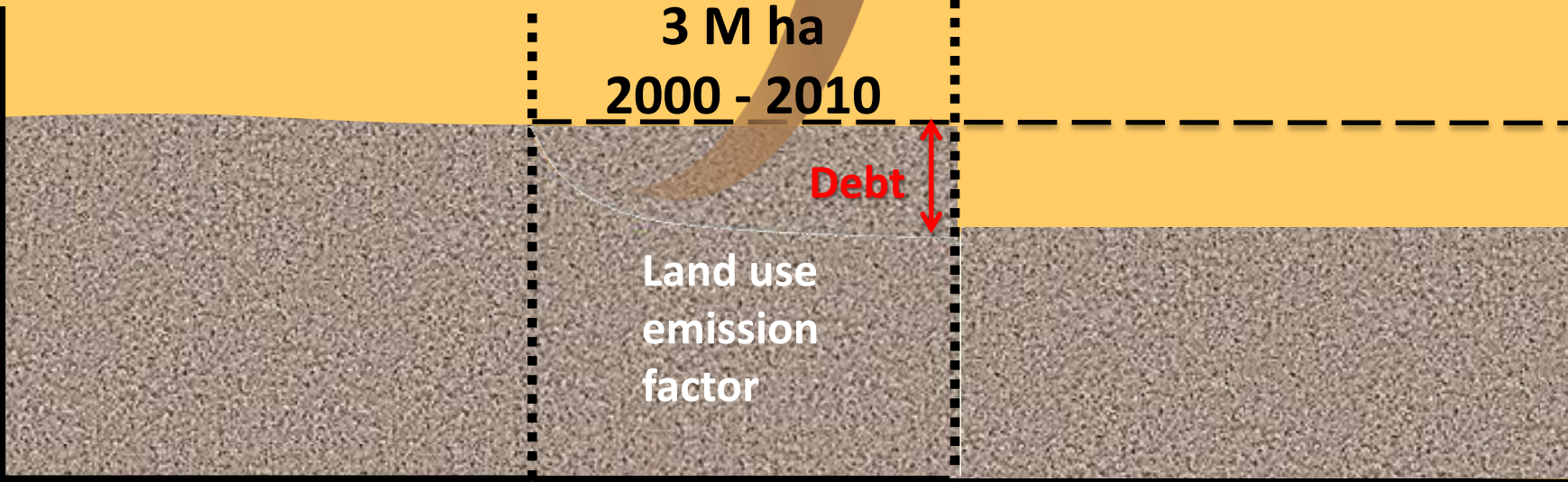


Conversion

Sugar Cane



Soil Carbon

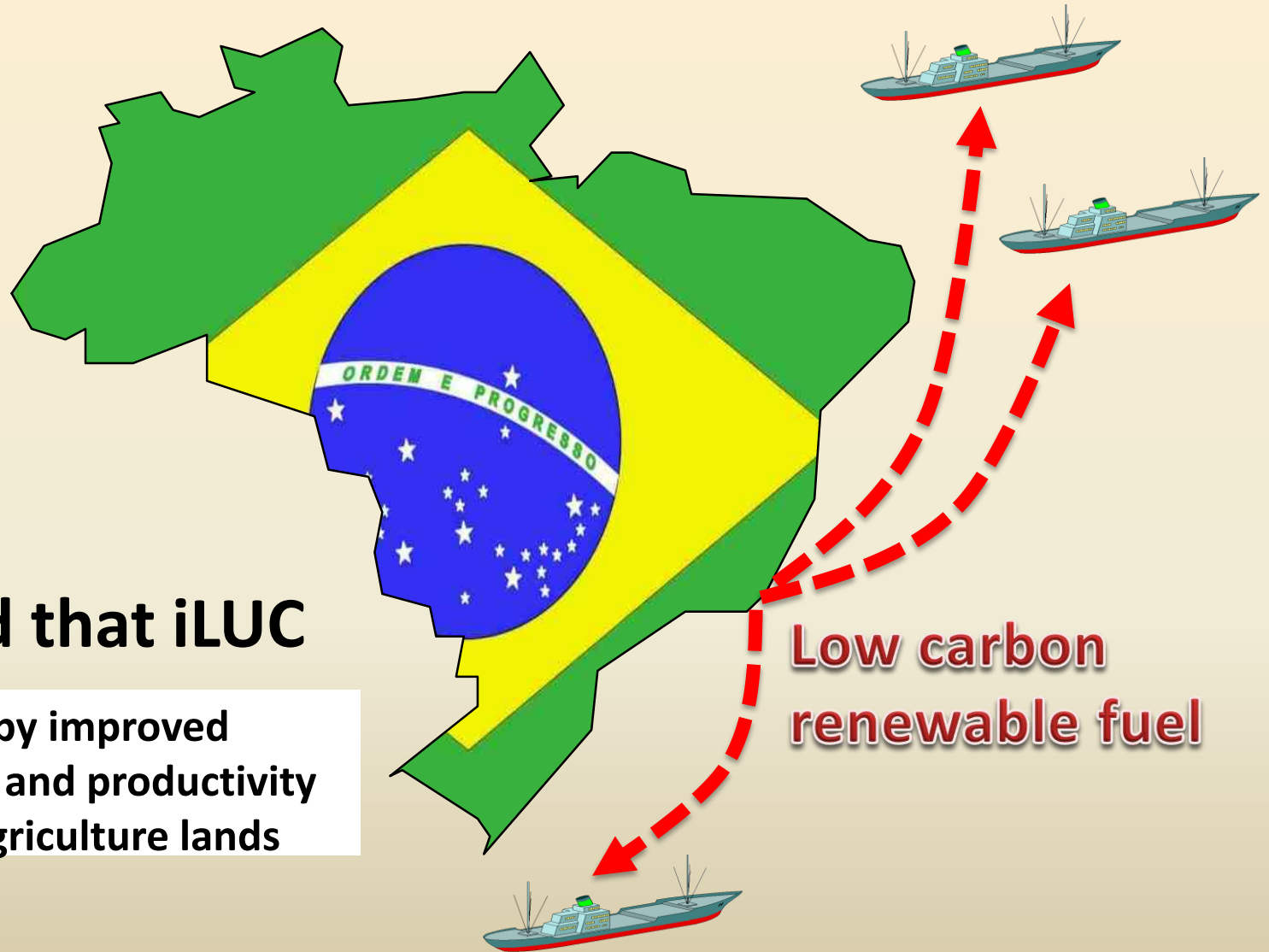


Years

Weeks

Years

Significant role in delivering



Provided that iLUC

Is minimized by improved management and productivity on residual agriculture lands

**Low carbon
renewable fuel**

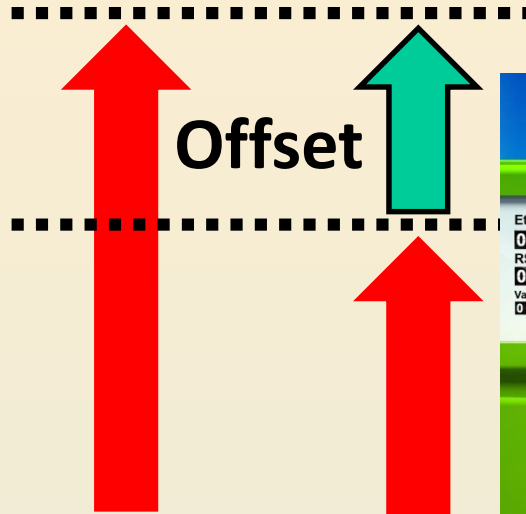
Payback time for soil carbon and sugar-cane ethanol

Francisco F. C. Mello^{1,2*}, Carlos E. P. Cerri³, Christian A. Davies⁴, N. Michele Holbrook^{2,5}, Keith Paustian⁶, Stoécio M. F. Maia⁷, Marcelo V. Galdos⁸, Martial Bernoux⁹ and Carlos C. Cerri¹

Couple of questions:

- **How much is the Soil Carbon Debt and Payback Time due to these conversions?**
- **How to produce sugar cane ethanol in a sustainable way and increase the fossil fuel offset?**

$CO_2eq\ liter^{-1}$



Fossil Fuel

Extraction
Transport
Processing
Combustion

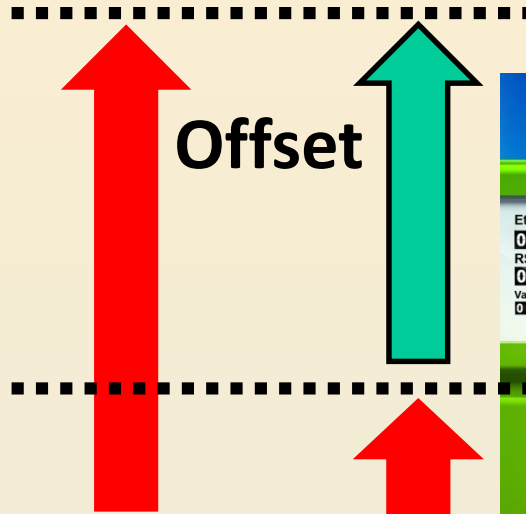
CO_2 N_2O CH_4

Biofuel

Emissions from field
Industry
Transport
Combustion

CO_2 N_2O CH_4
fossil

$CO_2eq\ liter^{-1}$



Fossil Fuel

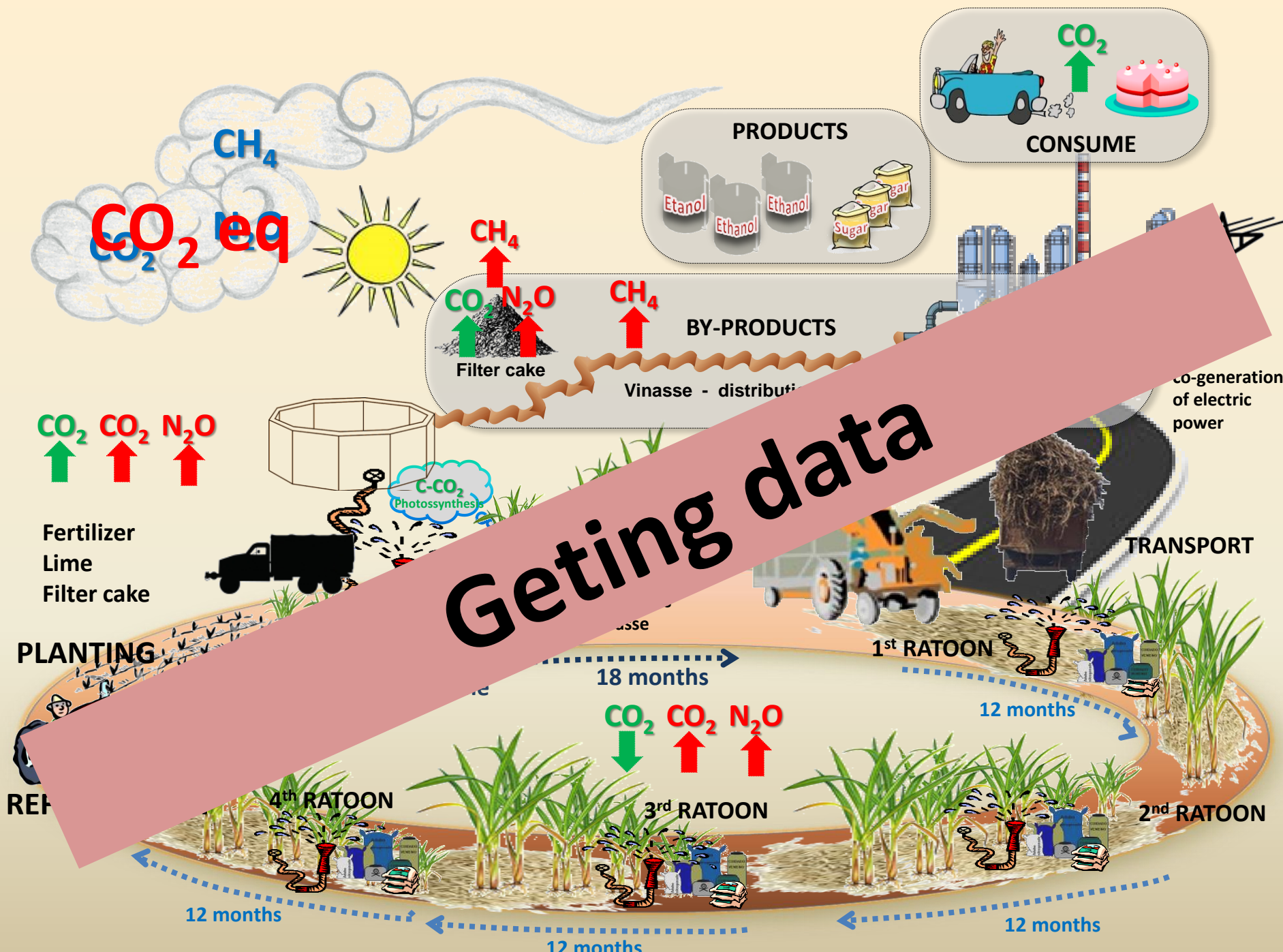
Extraction
Transport
Processing
Combustion

CO_2 N_2O CH_4

Biofuel

Emissions from field
Industry
Transport
Combustion

CO_2 N_2O CH_4
fossil



Getting data



6 1

16

11

7

2

8

9

10

15

13

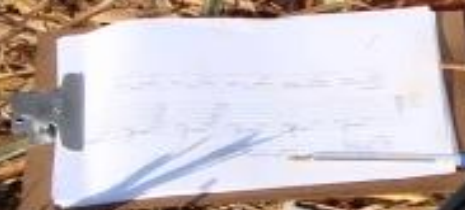
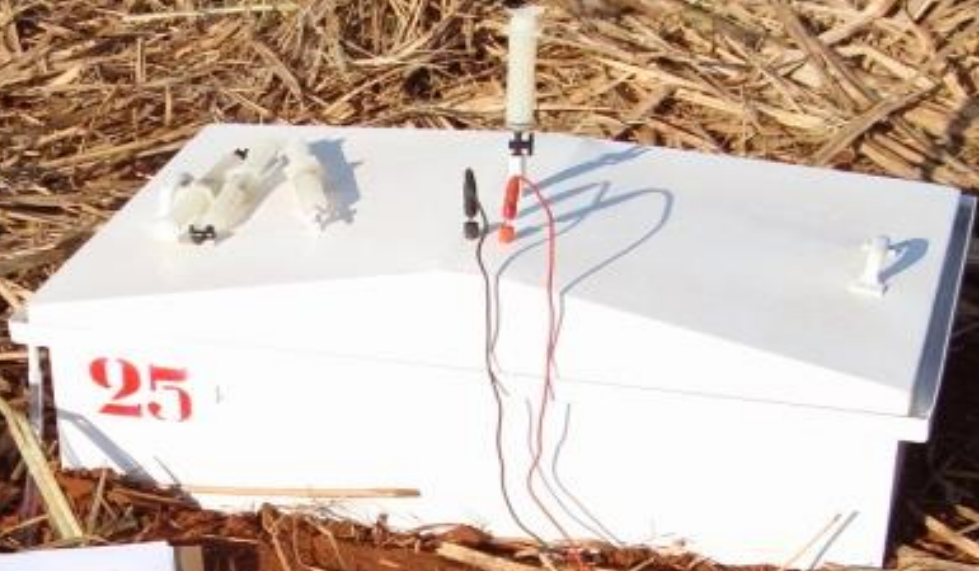
18

14

12

17

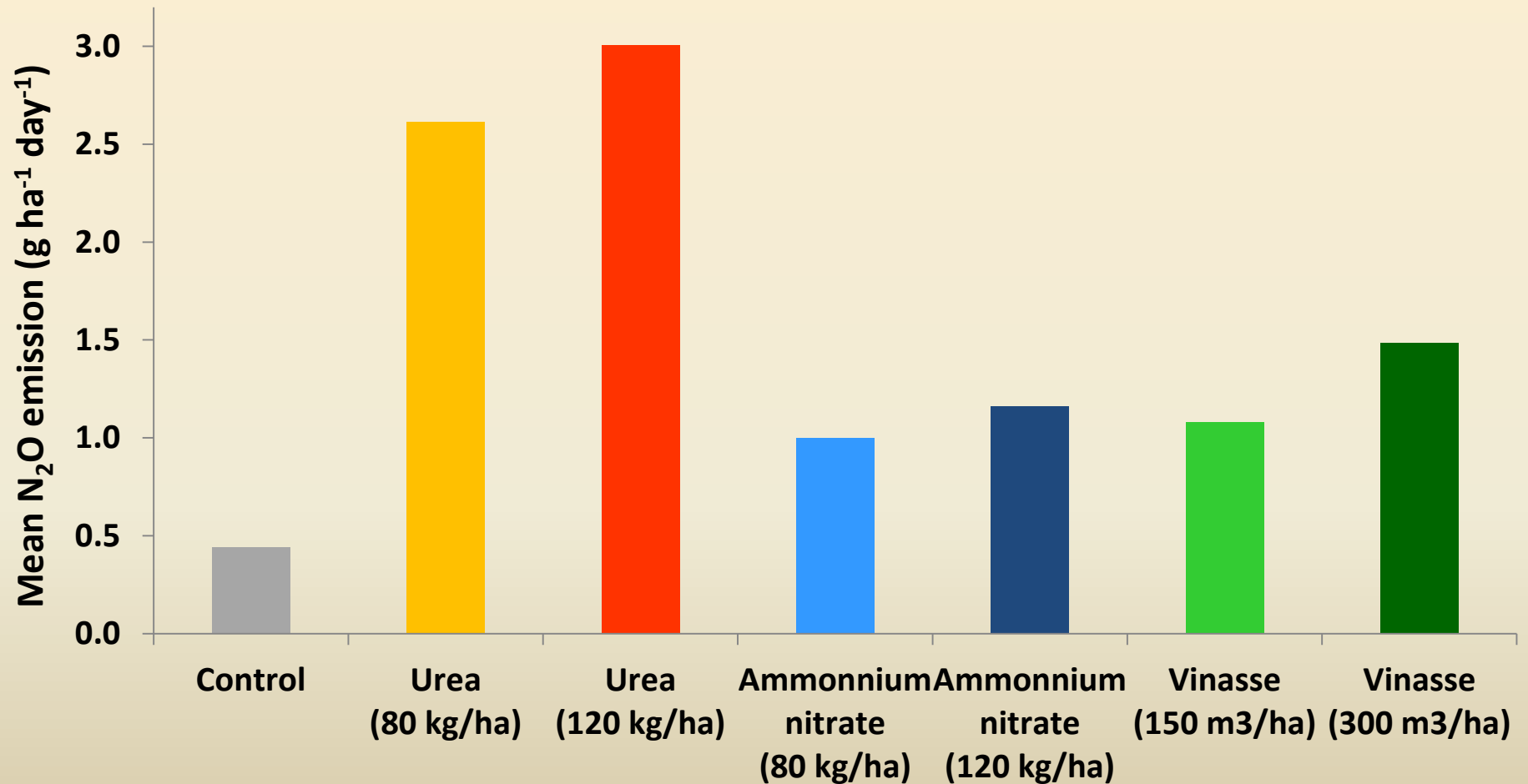






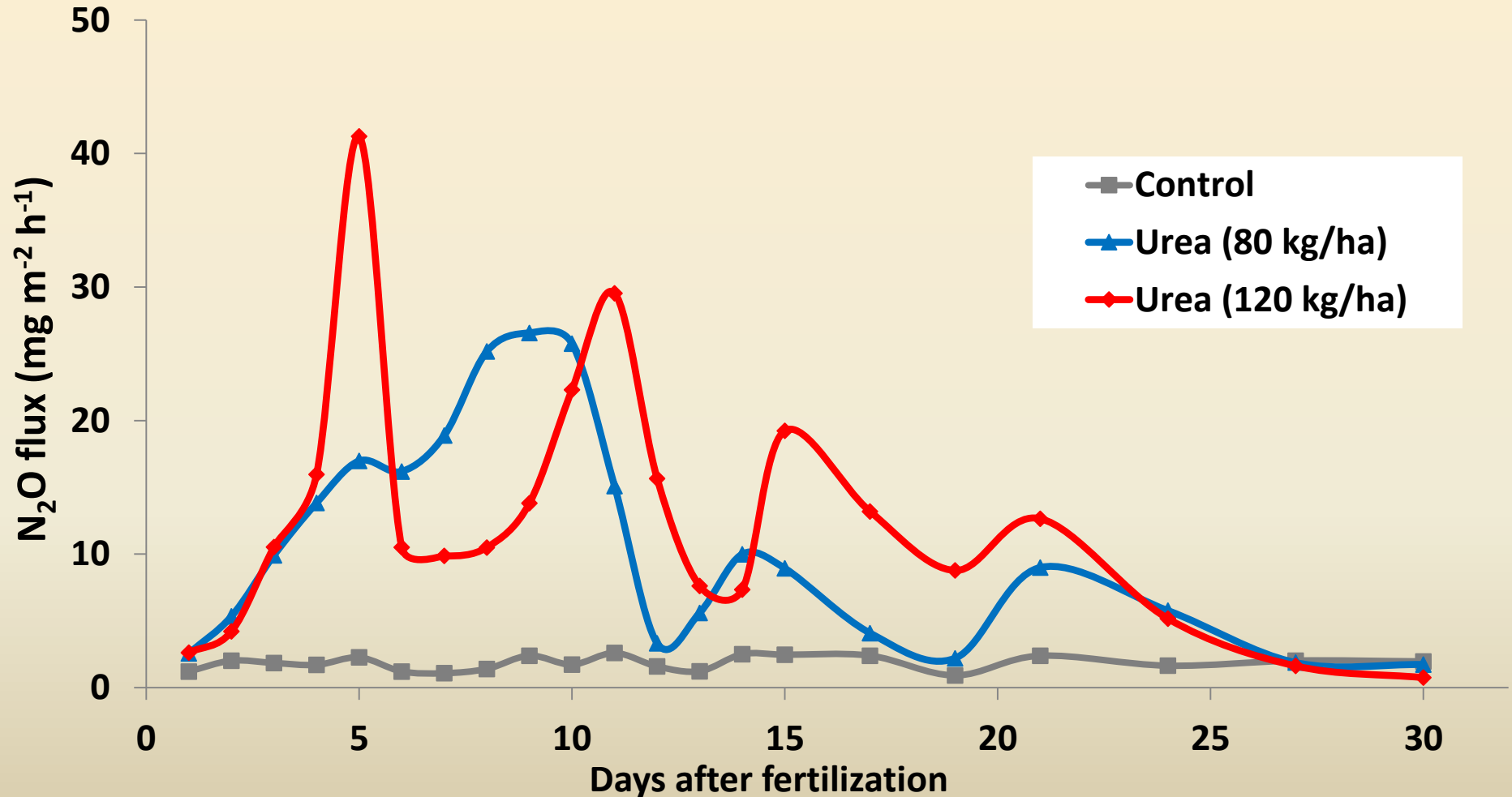
N₂O EMISSIONS FROM SUGARCANE CULTIVATION

N₂O from N-fertilizer and vinasse application in the ratoon sugarcane



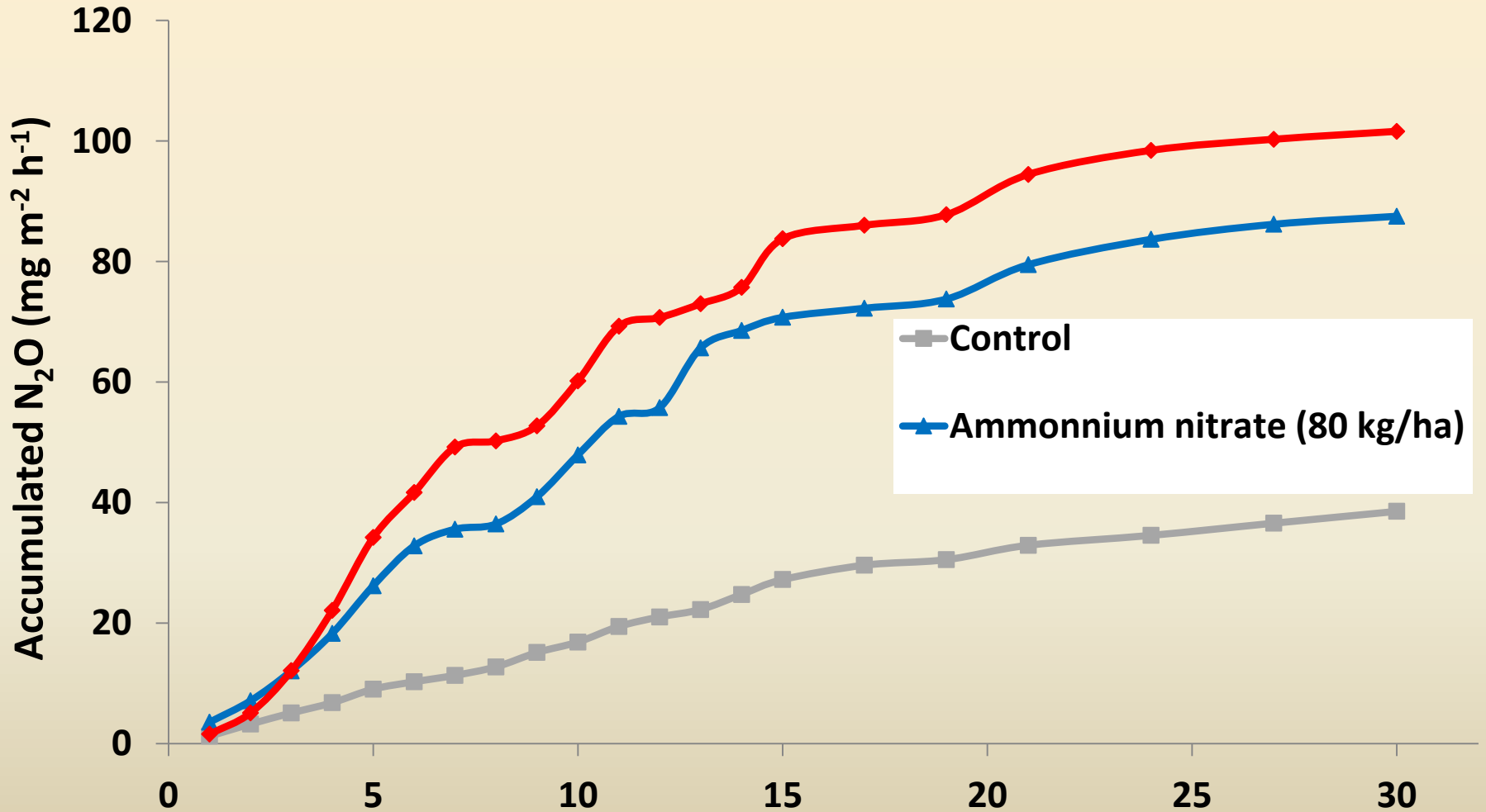
N₂O EMISSIONS FROM SUGARCANE CULTIVATION

N₂O from N-fertilizer (urea) application in the ratoon sugarcane



N₂O EMISSIONS FROM SUGARCANE CULTIVATION

N₂O from N-fertilizer (ammonium nitrate) application in the ratoon sugarcane



Sampling of methane emitted by vinasse



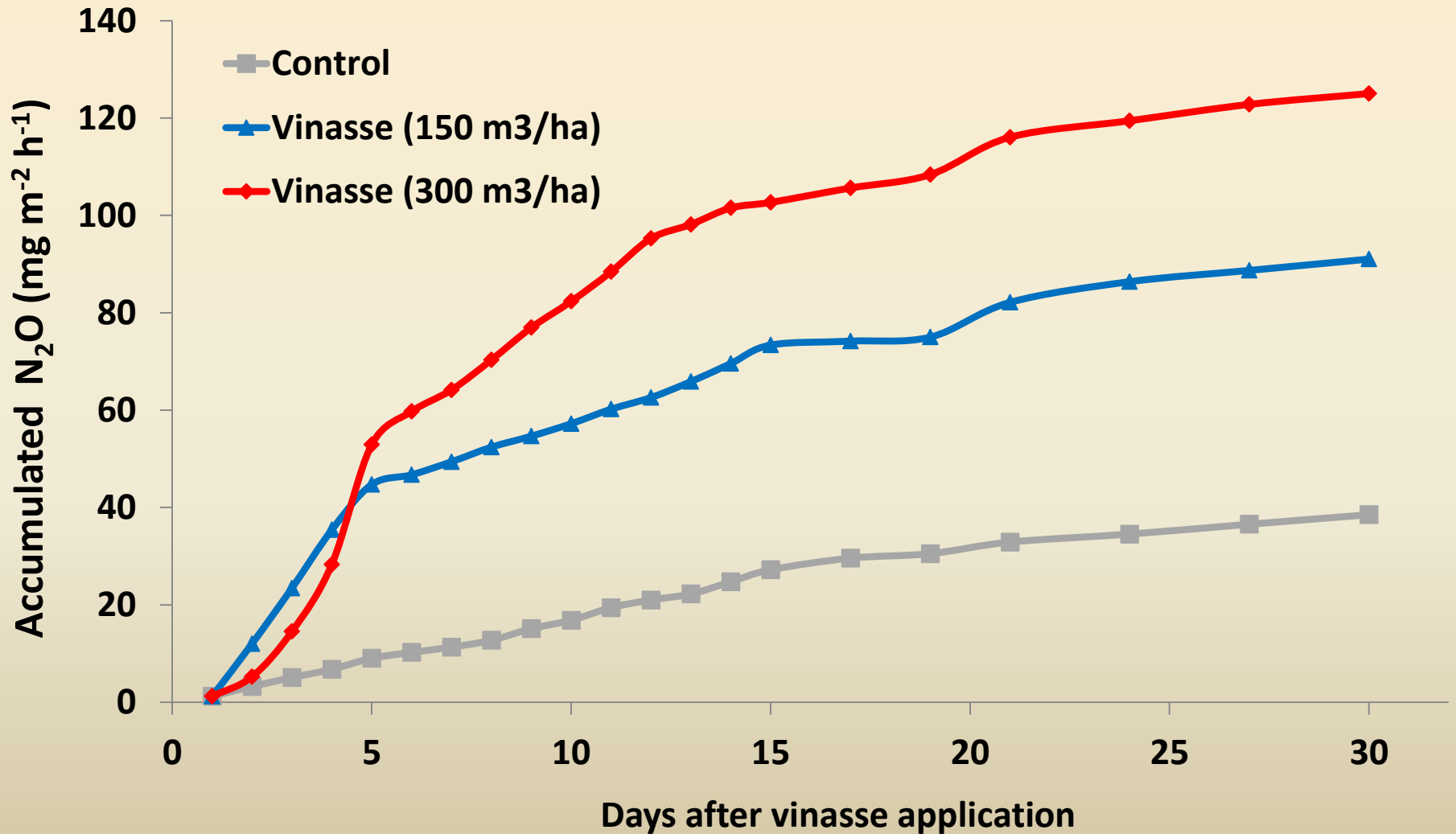
GHG sampling

Automatic chambers



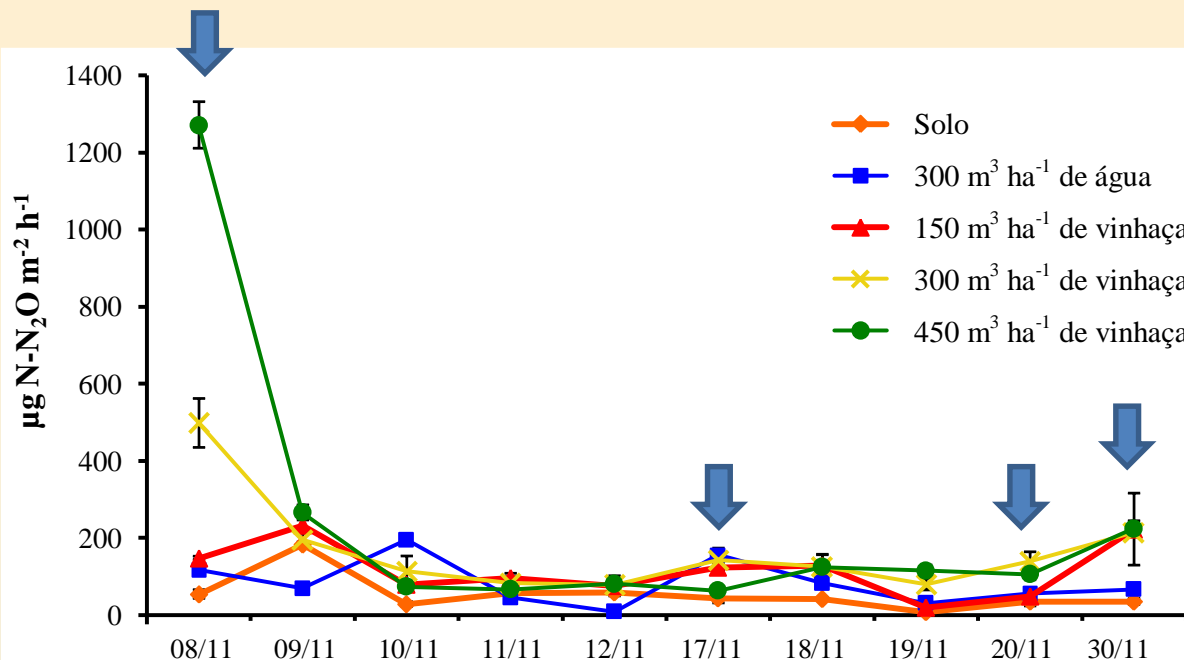
N₂O EMISSIONS FROM SUGARCANE CULTIVATION

N₂O from vinasse application in the ratoon sugarcane



ÓXIDO NITROSO

2011



54,3

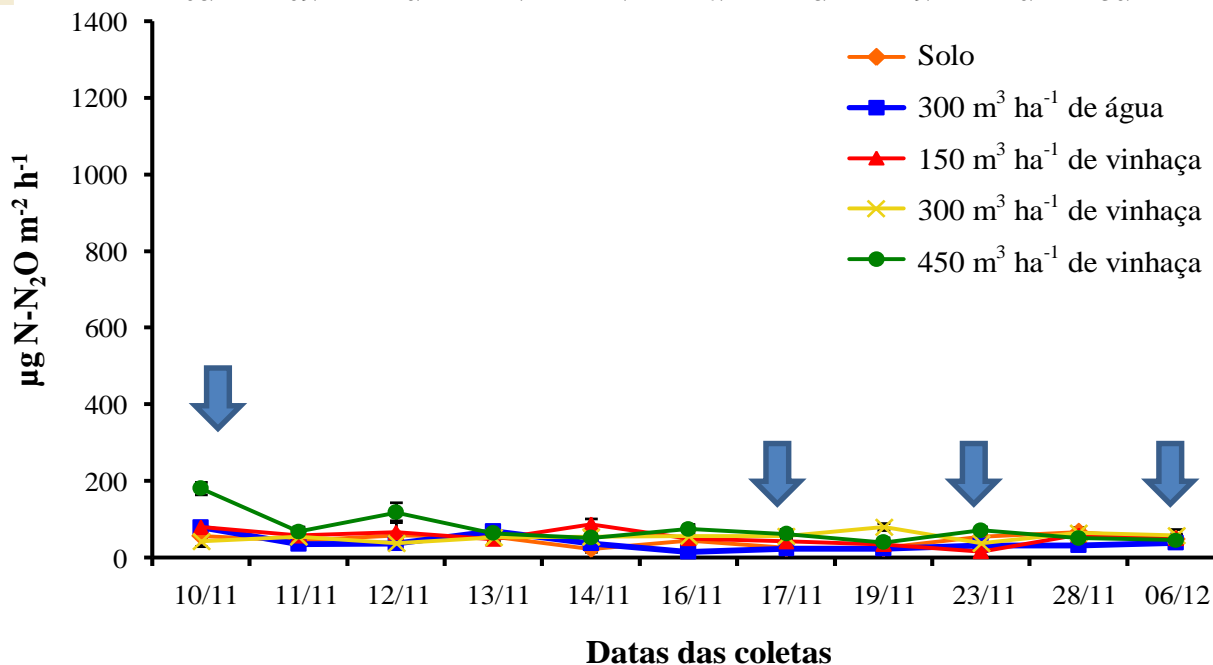
83,0

117,5

167,3

239,2

2012



45,3

38,1

53,7

54,1

75,0

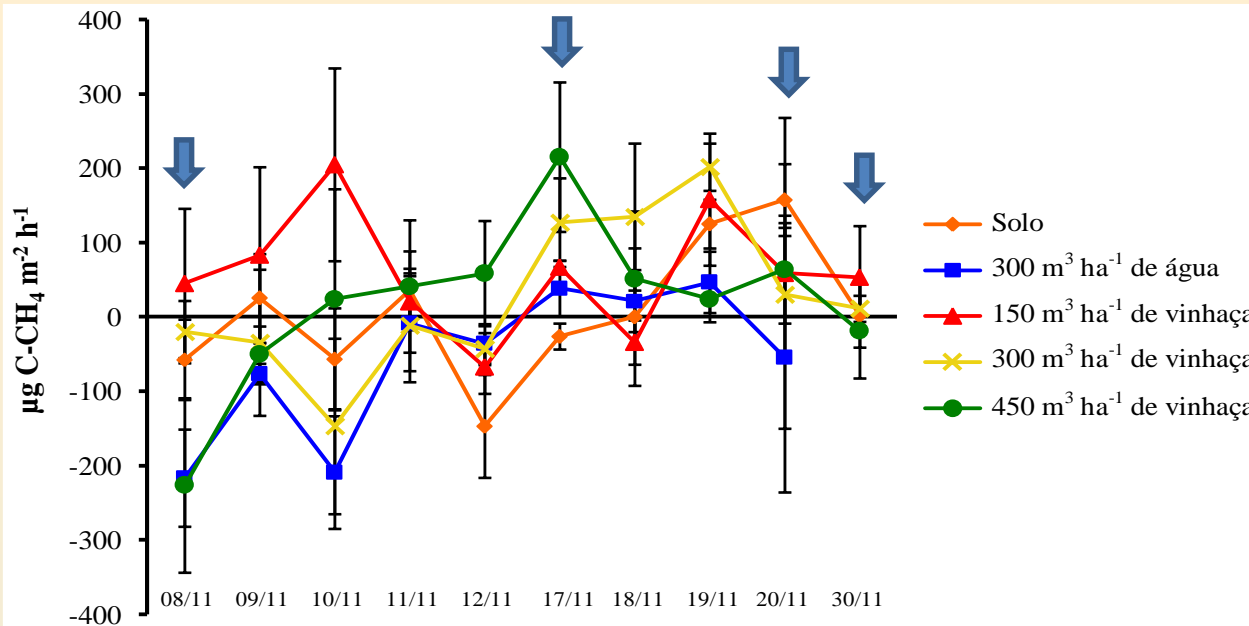
Fluxos acumulados de N₂O em área cultivada com cana-de-açúcar no município de Piracicaba-SP em 2011 e 2012

Tratamentos	2011	2012
	<i>g N-N₂O ha⁻¹</i>	
Solo	210,5 c	253,2 b
300 m ³ ha ⁻¹ de água	395,8 b	253,5 b
150 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	466,5 b	306,4 ab
300 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	525,5 b	363,0 a
450 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	660,1 a	407,3 a

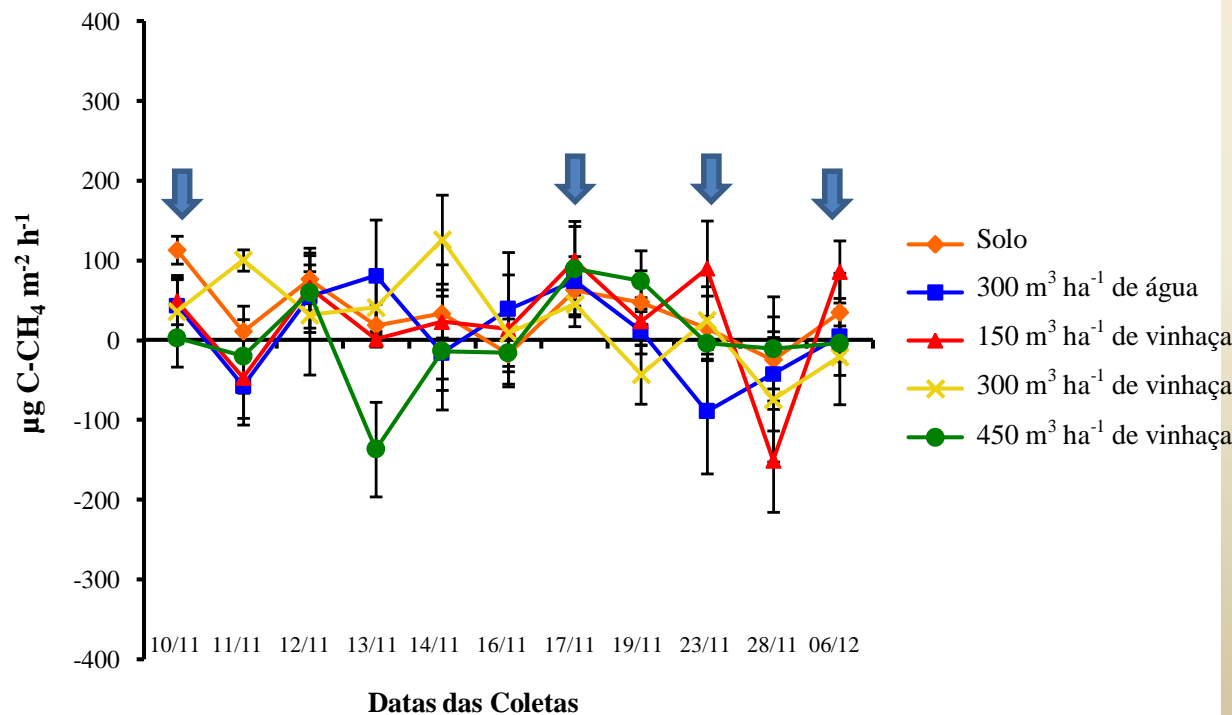
Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

METANO

2011



2012



Fluxos acumulados de CH₄ em área cultivada com cana-de-açúcar no município de Piracicaba-SP em 2011 e 2012

Tratamentos	2011	2012
	<i>g C-CH₄ha⁻¹</i>	
Solo	-12,1 a	47,5 a
300 m³ ha⁻¹ de água	-129,0 a	34,0 a
150 m³ ha⁻¹ de vinhaça	-333,9 a	35,3 a
300 m³ ha⁻¹ de vinhaça	-146,0 a	37,8 a
450 m³ ha⁻¹ de vinhaça	-97,3 a	39,9 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

SUMIDOURO

FONTE

Conversão dos fluxos de N-N₂O e C-CH₄ em CO₂ equivalente (CO₂eq)

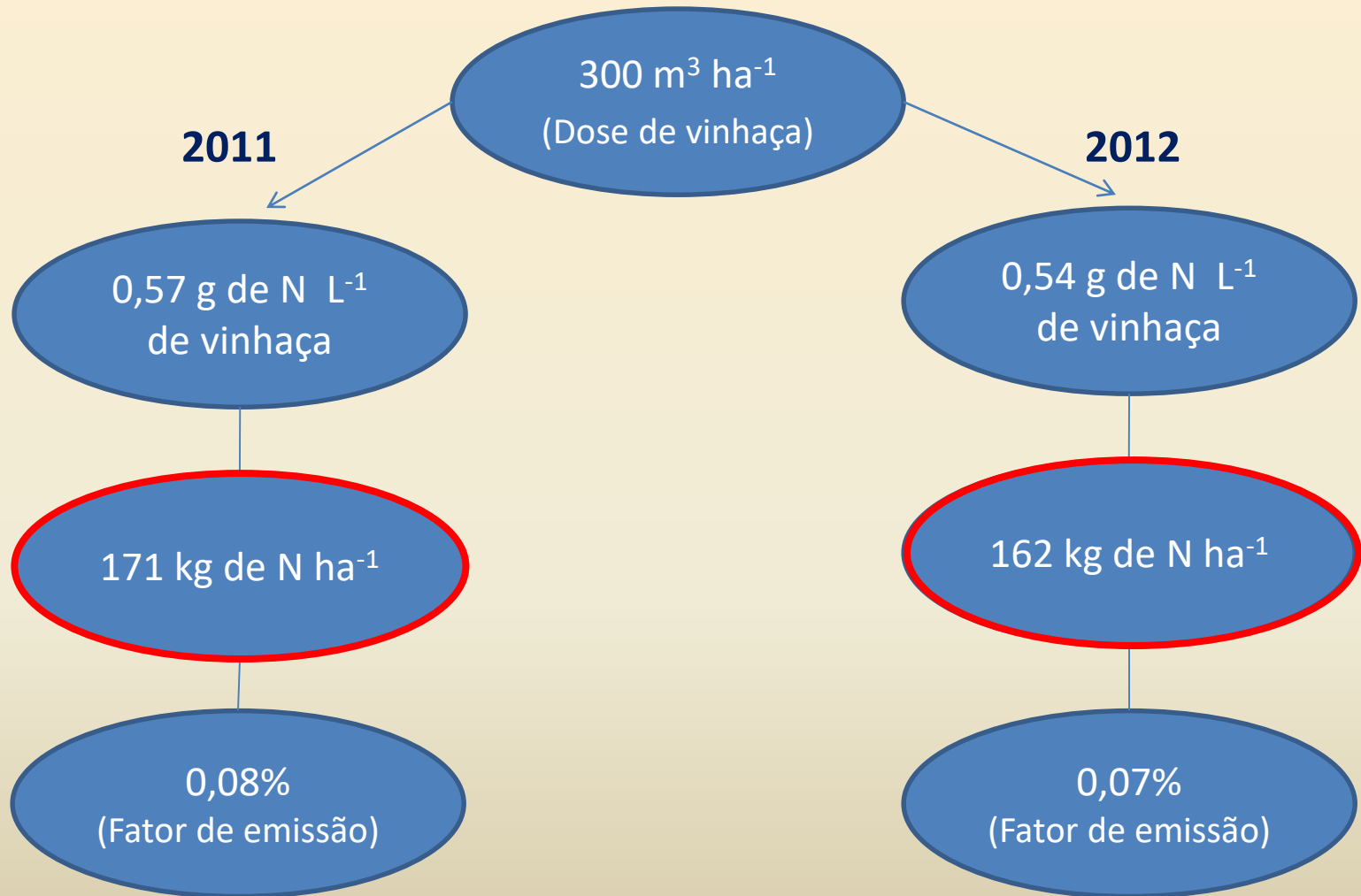
Tratamentos	CO ₂ eq (N ₂ O)	CO ₂ eq (CH ₄)	CO ₂ eq Total
		<i>kg ha⁻¹</i>	
Solo	98,58	-0,40	98,18
300 m ³ ha ⁻¹ de água	185,34	-4,30	181,04
150 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	218,48	-11,13	207,35
300 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	246,11	-4,87	241,24
450 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	309,09	-3,24	305,85

Tratamentos	CO ₂ eq (N ₂ O)	CO ₂ eq (CH ₄)	CO ₂ eq Total
		<i>kg ha⁻¹</i>	
Solo	118,58	1,58	120,17
300 m ³ ha ⁻¹ de água	118,74	1,13	119,87
150 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	143,47	1,18	144,65
300 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	170,00	1,26	171,26
450 m ³ ha ⁻¹ de vinhaça	190,76	1,33	192,08

2011

2012

Fator de emissão de N₂O devido à aplicação de vinhaça no solo



Foreseen expansion in area (10^6 ha) for the next 10 years

Soybean



Corn



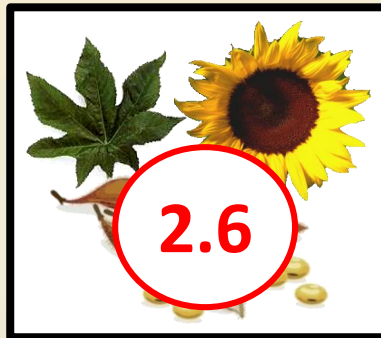
Others



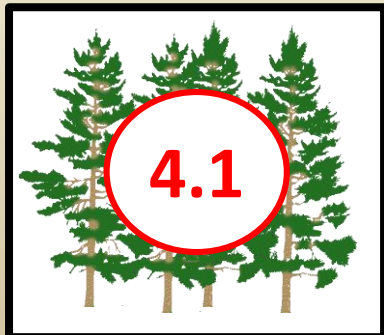
Sugarcane



Oilseeds

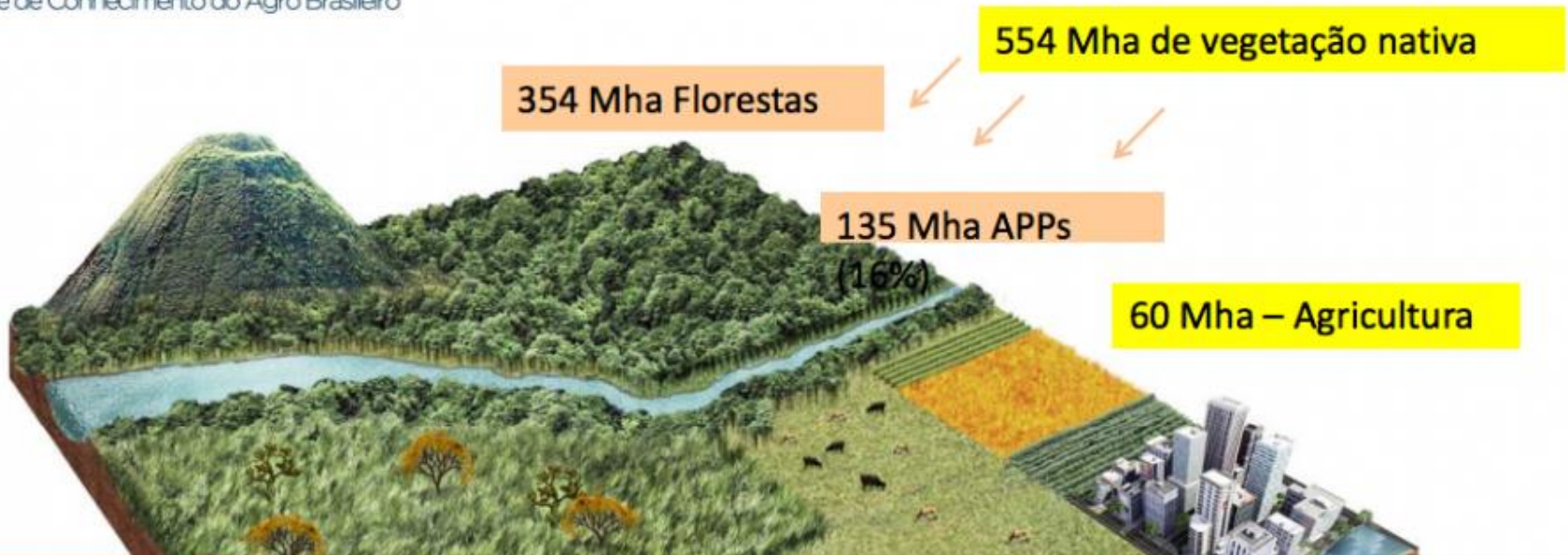


Reforestation



What about livestock ??

Uso da Terra no Brasil



212 M animals

196 Mha pasture

CC: 1.08 heads ha⁻¹

225 M animals

192 Mha pasture

CC: 1.17 heads ha⁻¹

+ 4 Mha

244 M animals

185 Mha pasture

CC: 1.32 heads ha⁻¹

+ 11 Mha

Avanço da cana é maior nas pastagens

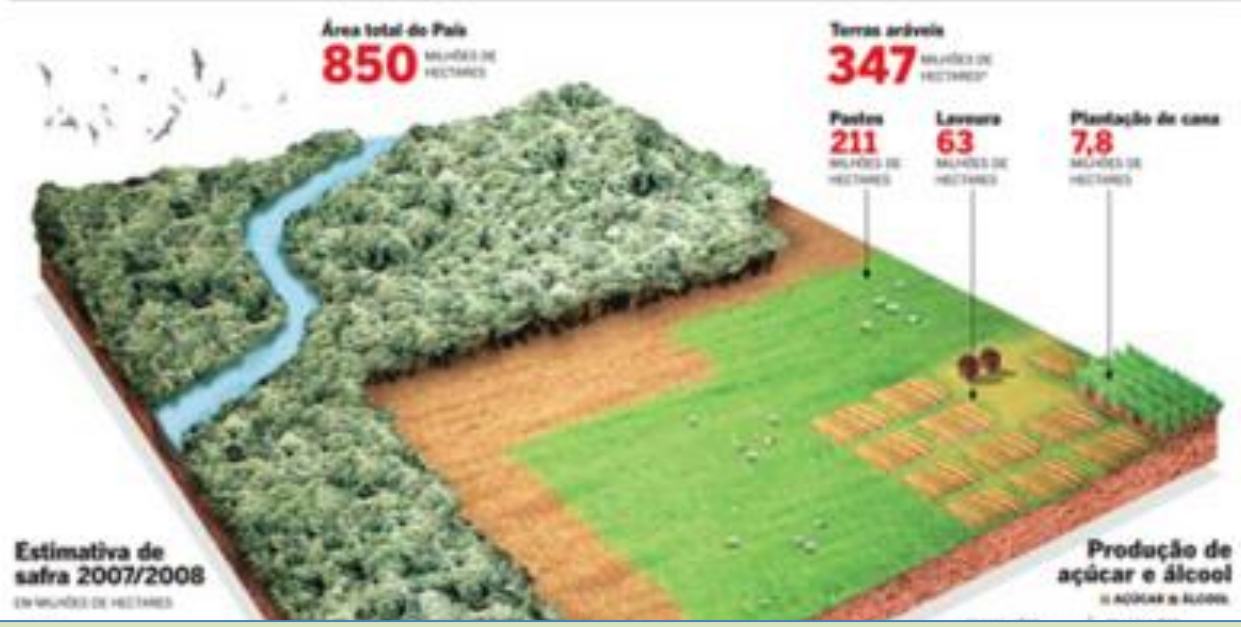
Estudo derruba tese de que etanol reduz a produção de alimentos

Lu Alka Otta
BRASILIA

criação de gado, ela foi ocupada por canaviais. Não há, porém, prejuízos para a

NÚMEROS DO CAMPO O uso das terras no Brasil

A lavoura de cana-de-açúcar está avançando no País, mas, de acordo com estudo da Conab, não ameaça a área onde são produzidos alimentos



Sugar Cane expansion

- 244 M animals
- 185 Mha pasture
- CC: 1.32 heads ha⁻¹
- + 11 Mha



Livestock
Improving efficiency

+ 25 %

2021
Cerri 2014

Avanço da cana é maior nas pastagens

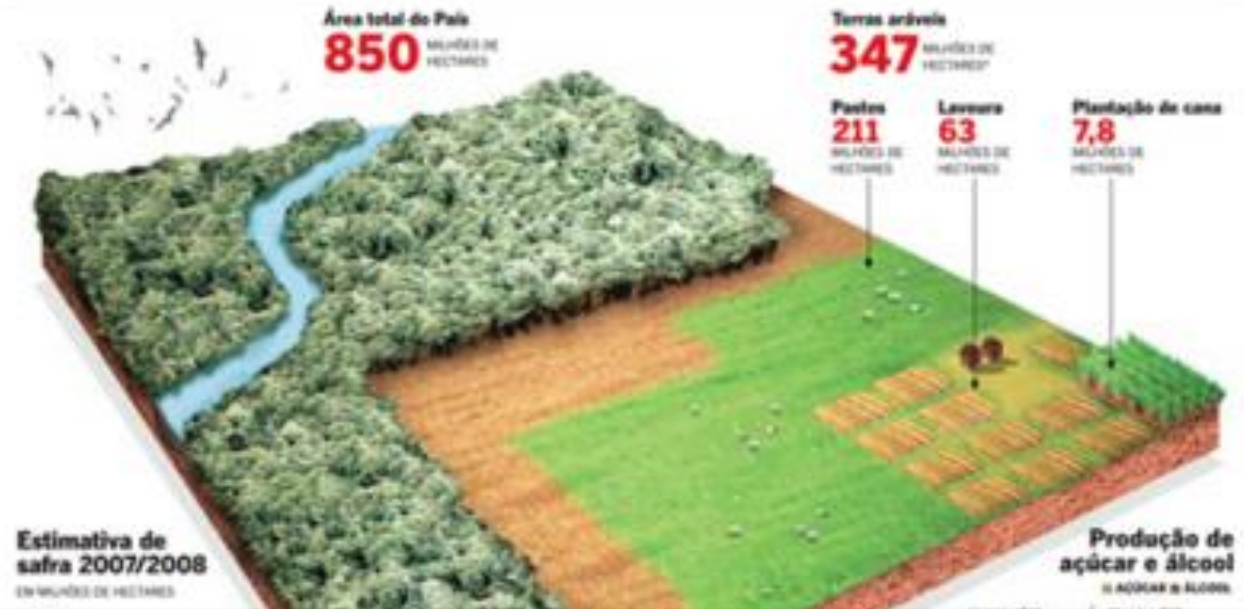
Estudo derruba tese de que etanol reduz a produção de alimentos

Lu Alke Otta
BRASÍLIA

criação de gado, ela foi ocupada por canaviais. Não há, porém, prejuízos para a

NÚMEROS DO CAMPO O uso das terras no Brasil

A lavoura de cana-de-açúcar está avançando no País, mas, de acordo com estudo da Conab, não ameaça a área onde são produzidos alimentos



Livestock

Improving efficiency

+ 25 %

+ 15 % heads

- 10 % land area

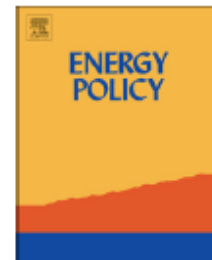


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/enpol



Short Communication

Meeting the global demand for biofuels in 2021 through sustainable land use change policy



José Goldemberg^{a,*}, Francisco F.C. Mello^b, Carlos E.P. Cerri^c,
Christian A. Davies^d, Carlos C. Cerri^b

^a IEE-Institute of Energy and Environment, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil

^b Center for Nuclear Energy in Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil

^c "Luiz de Queiroz" College of Agriculture, University of São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil

^d Shell Technology Centre Houston, 3333 Highway 6 South, Houston, TX 77082, USA

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE

Situações

Ecossistemas naturais não perturbados do Brasil
Emissão de GEE pelas atividades agrícolas no Brasil

Agrossistemas do Brasil

Mudança de uso da terra

Mudança de manejo

Estratégias de avaliação

Utilizando fatores

Analisando amostras de terra

Cronossequências

Pares

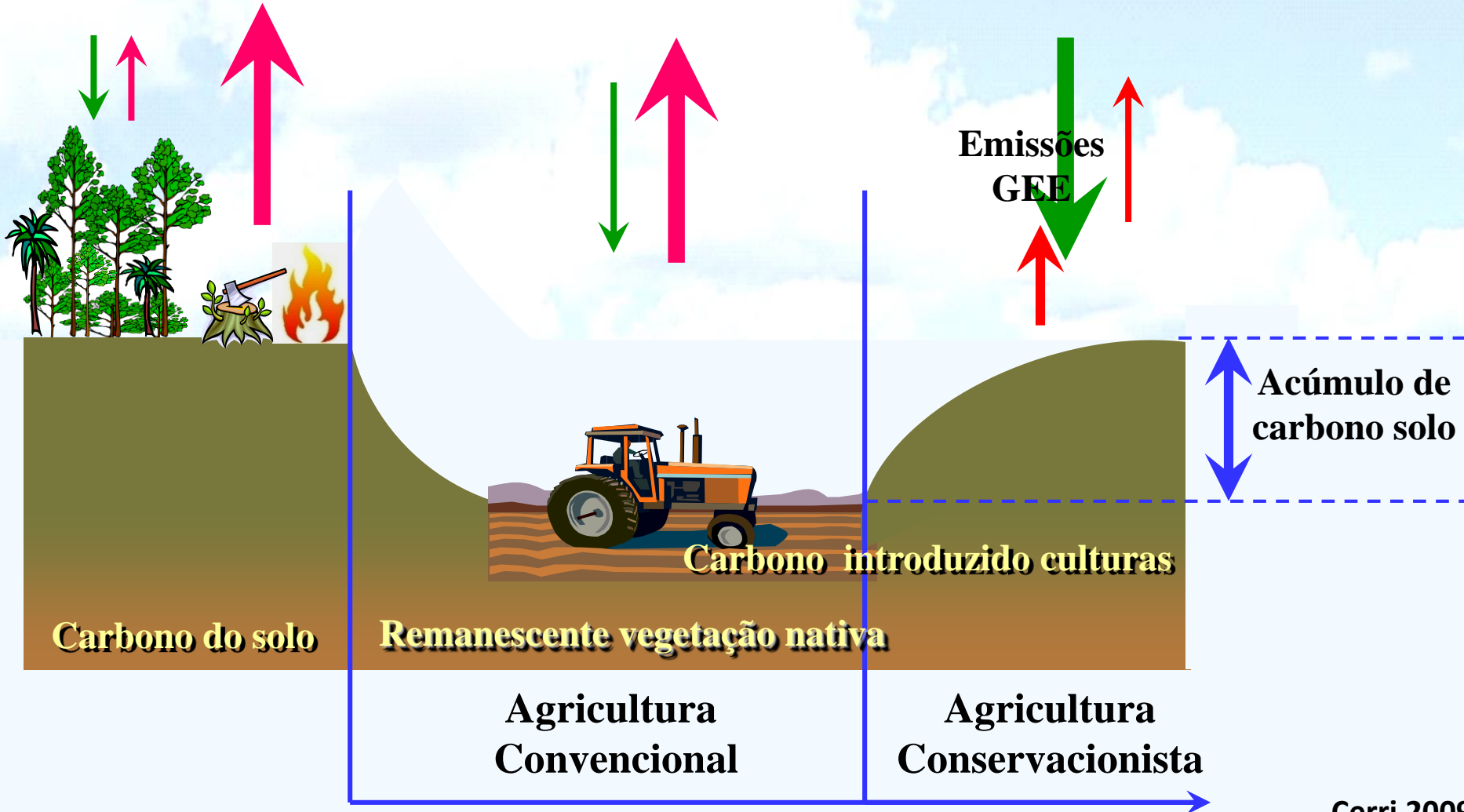
**Seqüestro
C solo**

=

**Acúmulo
C solo**

-

**Emissão de
Gases de Efeito Estufa**

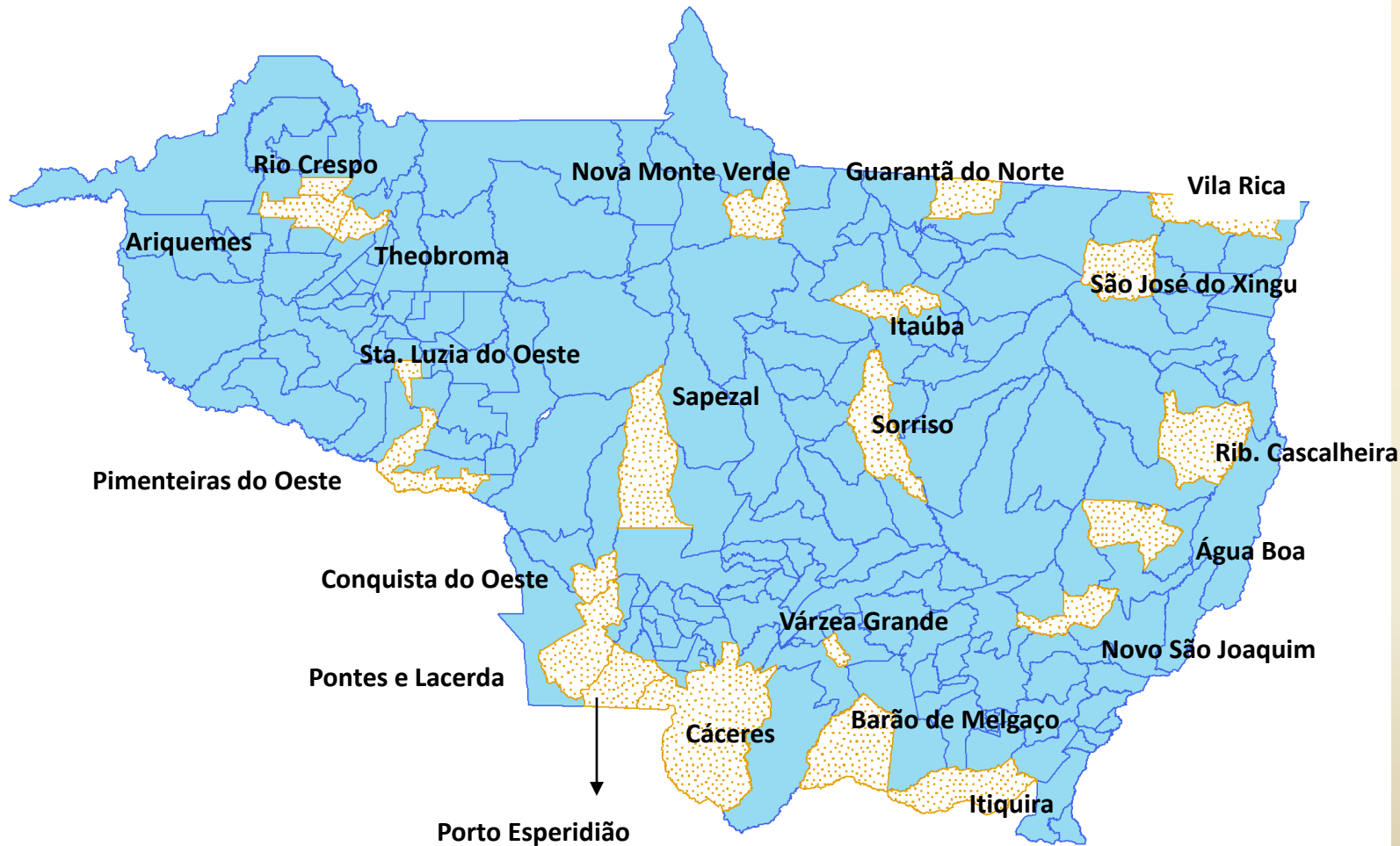


Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE devido à mudança do manejo agrícola

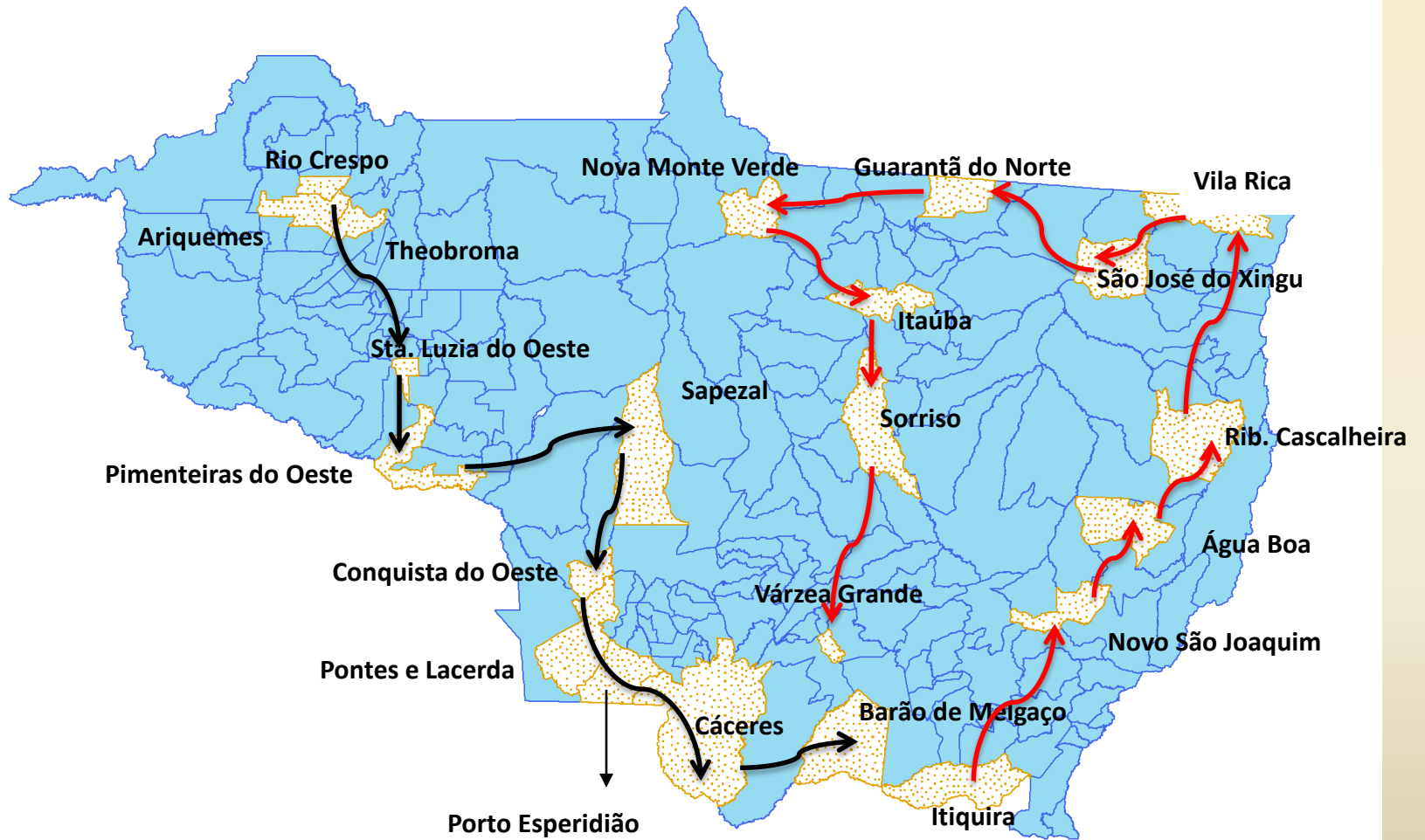
Melhoramento de pastagens

Cana-de-açúcar: colheita precedida ou não por queima da palhada

Preparo convencional do solo versus plantio direto na palha



Missão de campo



Validação das ecorregiões em expedição de campo



Vista da vegetação nativa (Cerrado) (a), pastagem em condição normal de uso (b), área cultivada com soja com safrinha de milho (c) e área com cultivo de algodão (d) no município de Novo São Joaquim (MT).

Validação das ecorregiões em expedição de campo



Vista da vegetação nativa (Cerrado) (a), da superfície do solo (b) e de um perfil de solo (c) de um Latossolo Petrico com no Alto Pantanal no município de Poconé (MT).

Validação das ecorregiões em expedição de campo



Vista da vegetação nativa (Floresta Ombrófila) (a), áreas sob plantio convencional de soja em pousio (b), áreas com plantio direto de soja e com safrinha de milho (c), pastagem altamente degradada (d) e, pastagem moderadamente degradada (e) no município de Pimenteiras d' Oeste (RO).

Validação das ecorregiões em expedição de campo



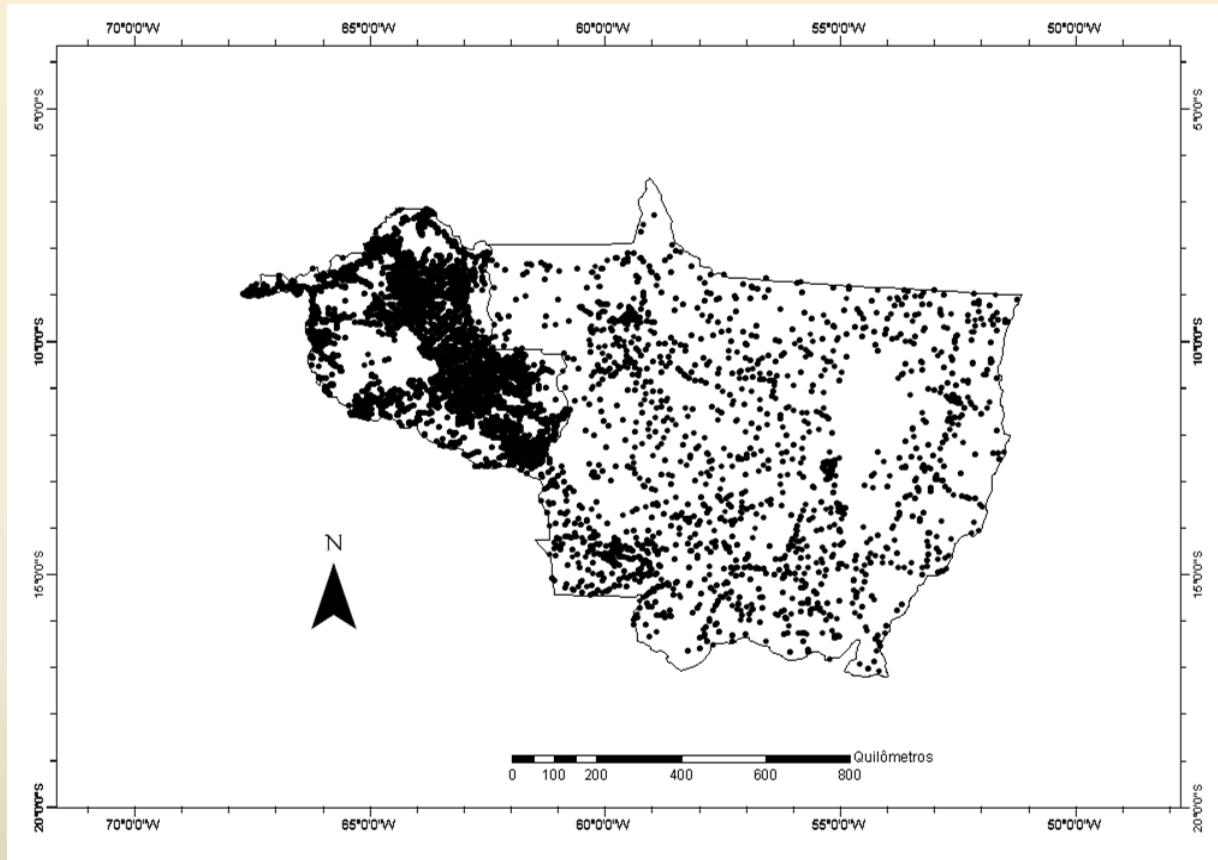
Vista da vegetação nativa (Cerrado) (a), da mini-trincheira para a amostragem de solo sob vegetação nativa (b) e um perfil no Latossolo vermelho (c) na Fazenda Carioca no município de Itiquira (MT).

Validação das ecorregiões em expedição de campo



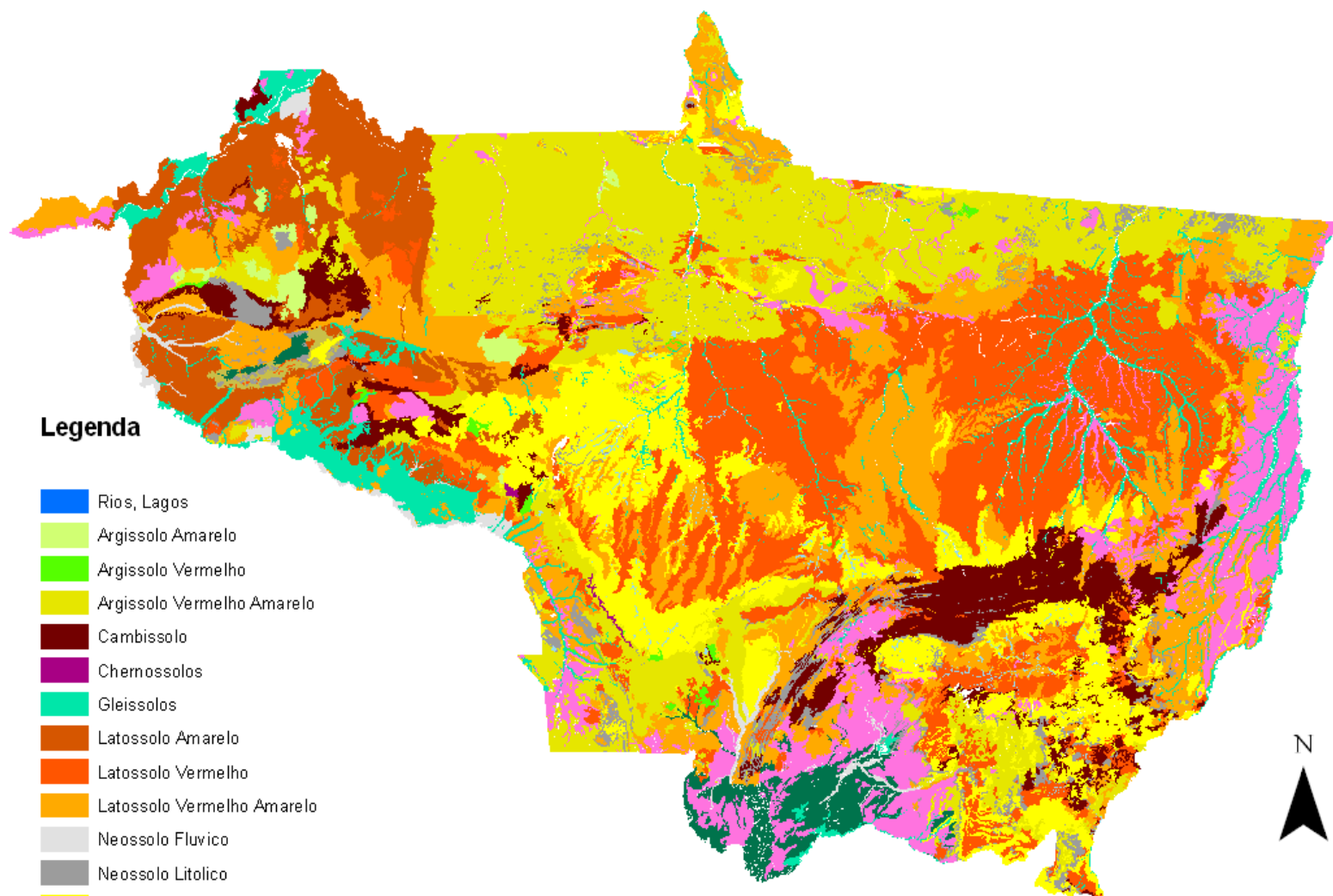
Vista da vegetação nativa (Cerrado) (a), pastagem com 12 anos (b) e pastagem com 21 anos (c) no município de Porto Esperidião (MT).

ORGANIZAÇÃO DOS DADOS DE COBERTURA E USO DA TERRA



Cobertura espacial dos perfis de solo consistidos na base de dados georreferenciados.

Mapa dos solos dos estados de Rondônia e Mato Grosso



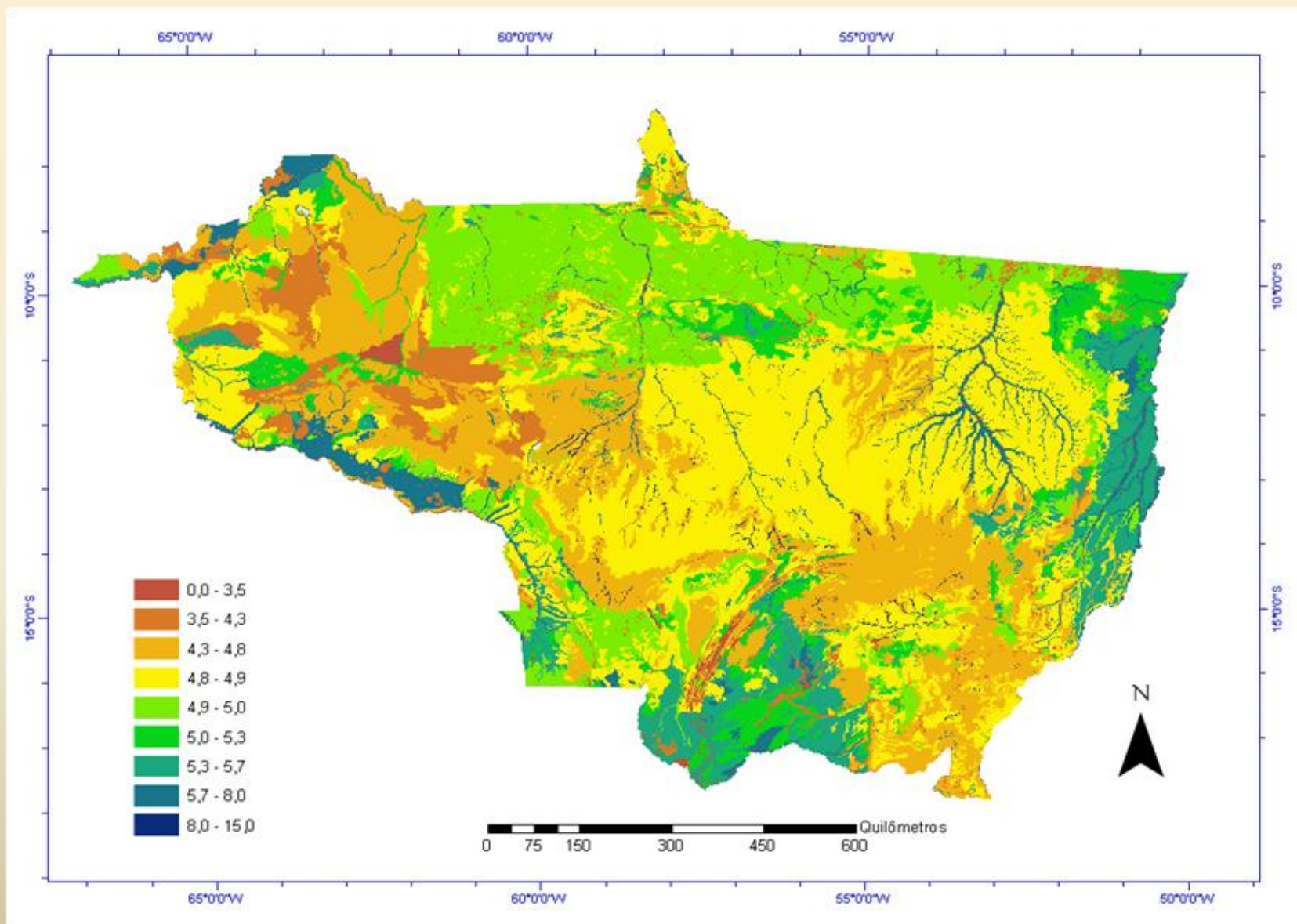
Legenda

- Rios, Lagos
- Argissolo Amarelo
- Argissolo Vermelho
- Argissolo Vermelho Amarelo
- Cambissolo
- Chernossolos
- Gleissolos
- Latossolo Amarelo
- Latossolo Vermelho
- Latossolo Vermelho Amarelo
- Neossolo Fluvico
- Neossolo Litico
- Neossolo Quartzarenico
- Neossolo Regolítico
- Planossolos
- Plintossolos

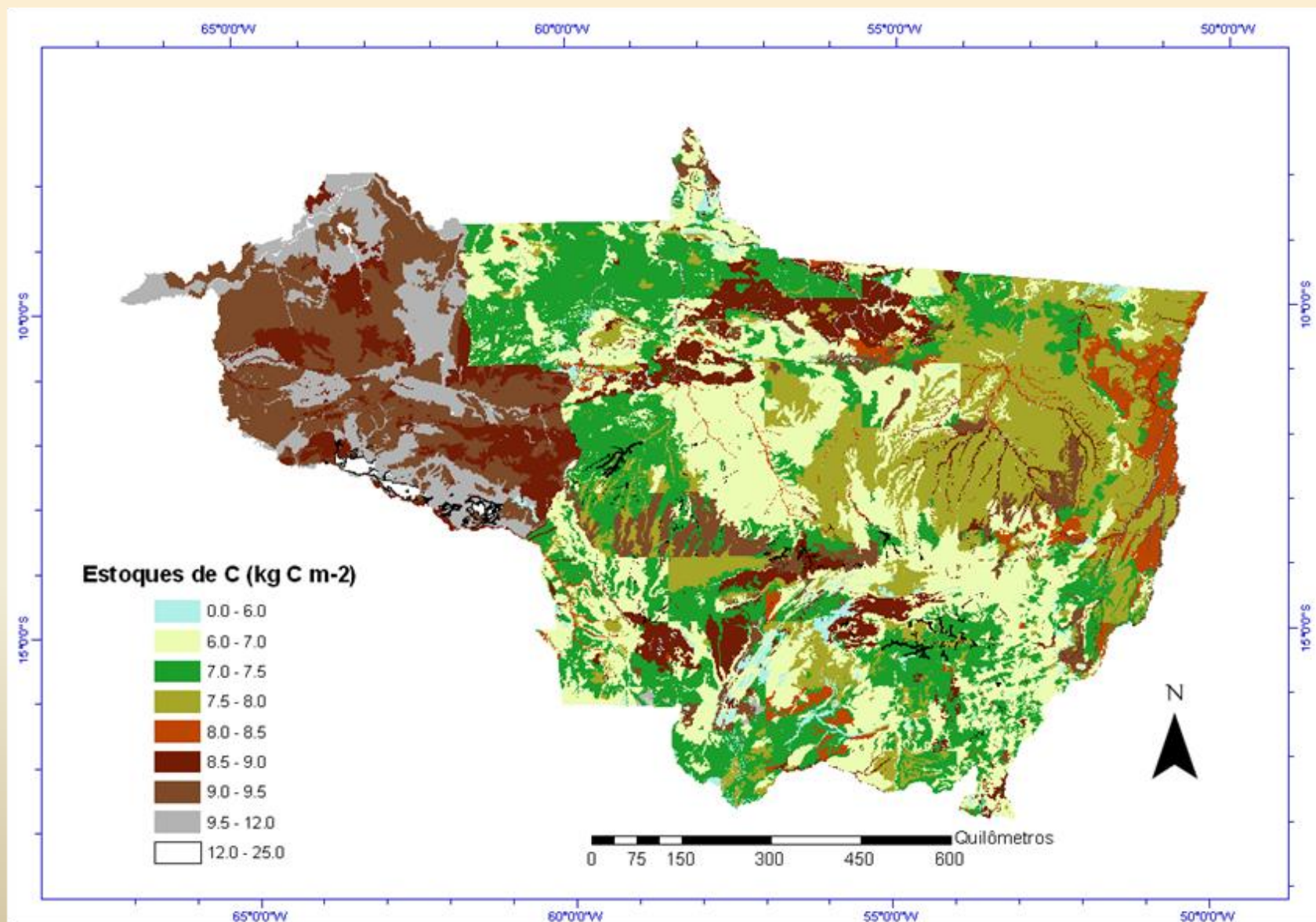
0 75 150 300 450 600 Quilômetros



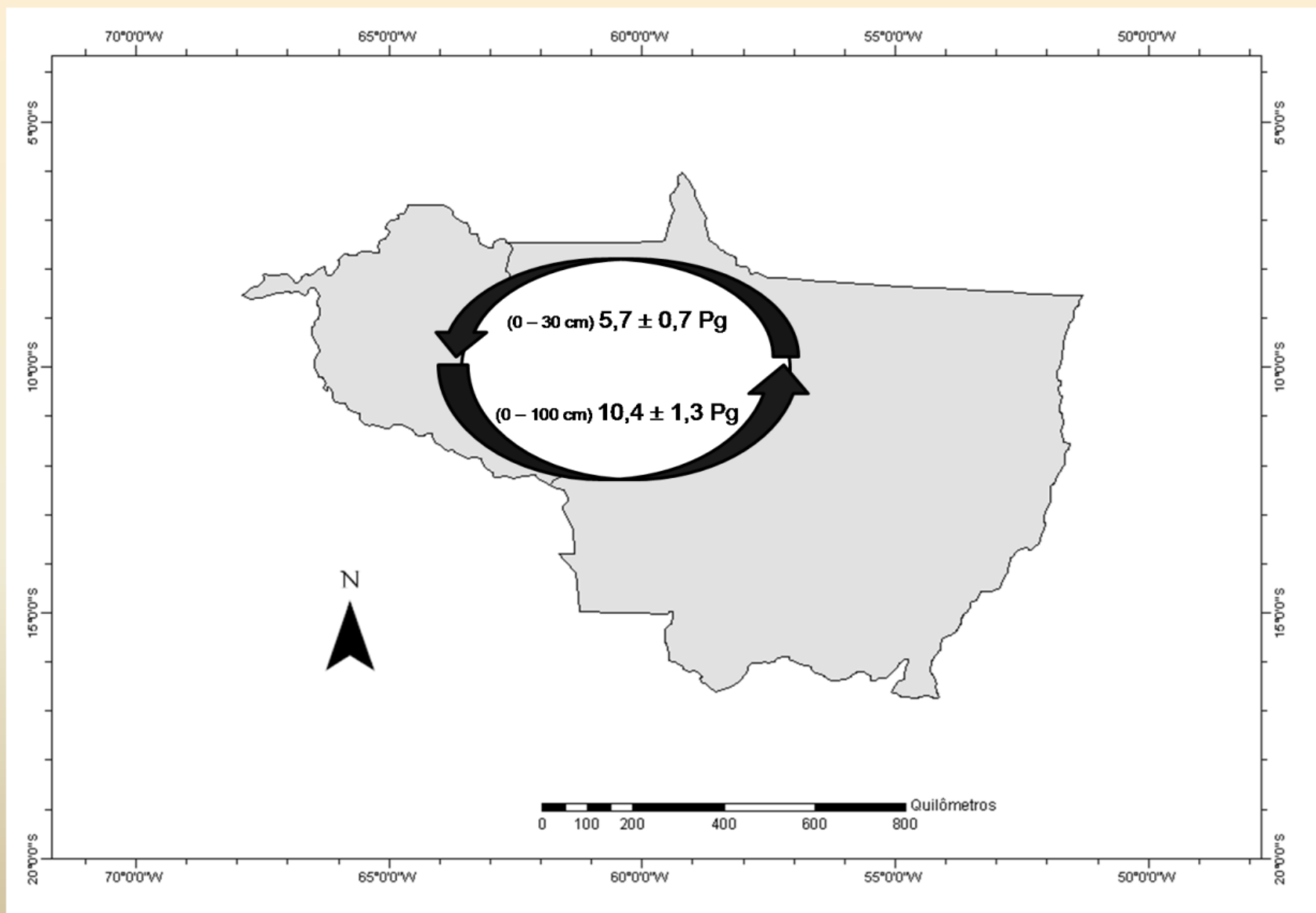
Mapa dos estoques de C para os estados de RO e MT para a camada 0–30 cm



Mapa dos estoques de C para os estados de RO e MT para a camada 0–100 cm



Estoques totais de C dos solos de RO e MT anteriores a intervenção antrópica



Melhoramento do manejo



Pastagem degradada



Pastagem melhorada

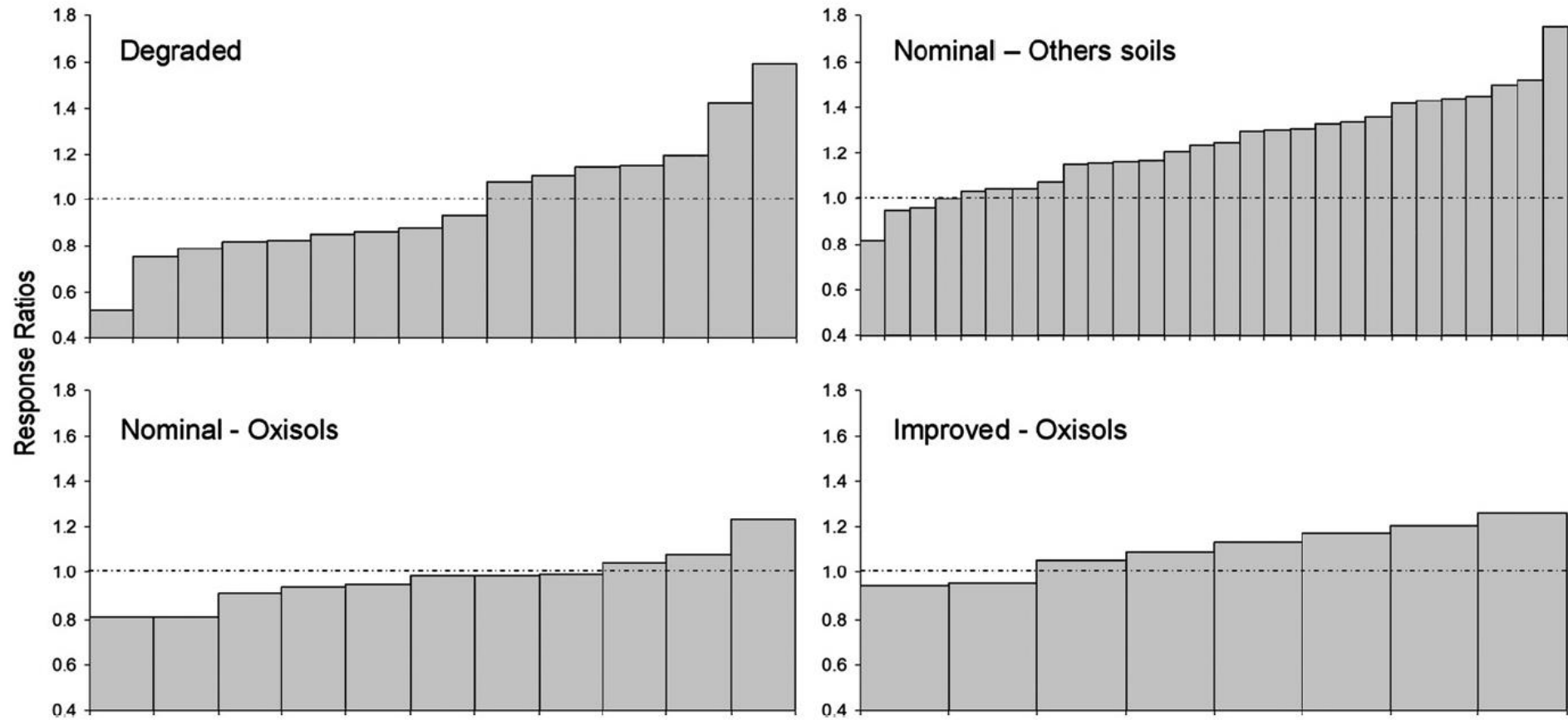


Fig. 3. Response ratios (ratio of SOC content in grassland management relative to native vegetation) from individual observations.

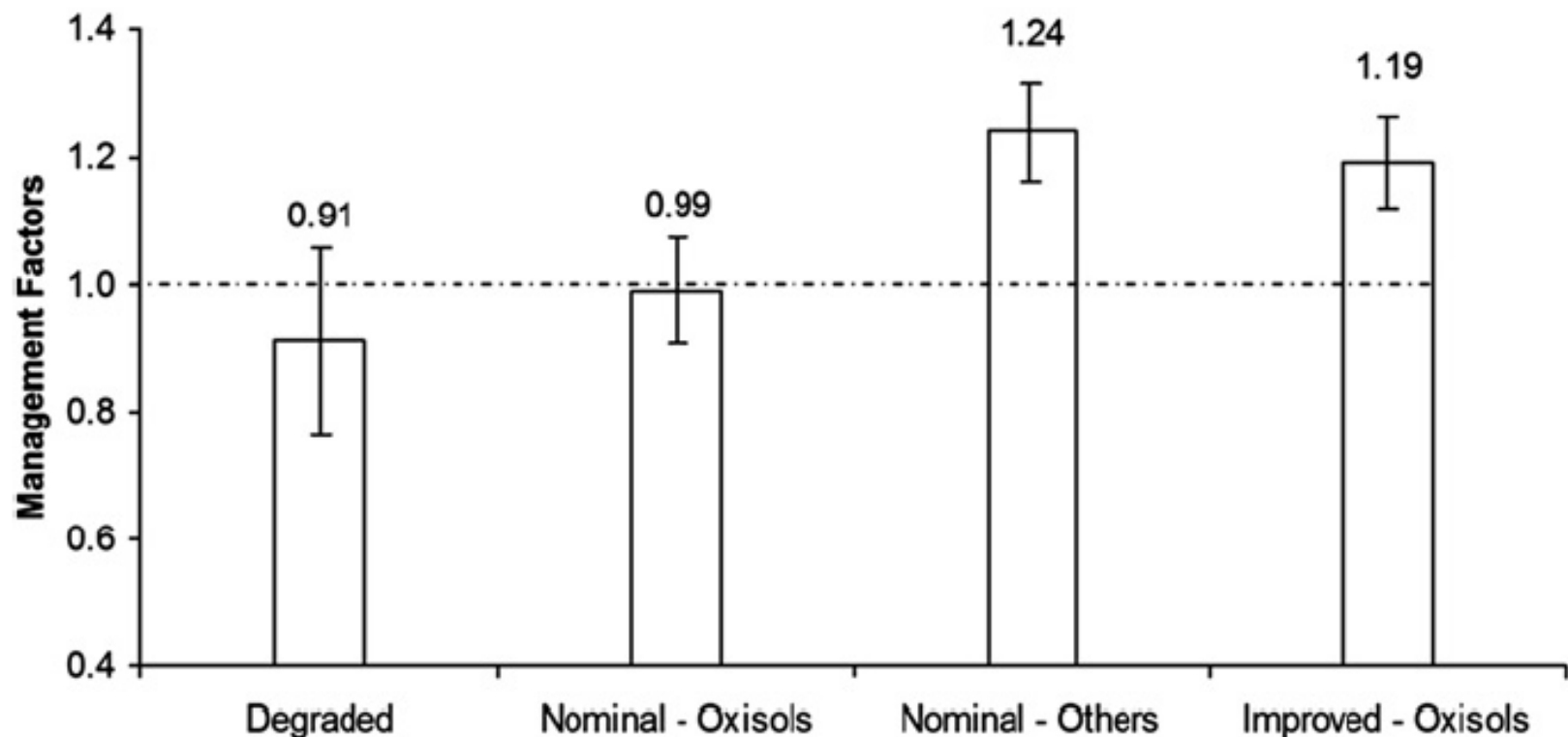


Fig. 2. Management factors estimates ($\pm 2SD$) (integrated effect of management over the top 30 cm of the soil profile) for the change in SOC storage due to changing from native vegetation to grassland management (after 20 years) in Rondônia and Mato Grosso states.

Management conversion



Full Tillage



Zero Tillage

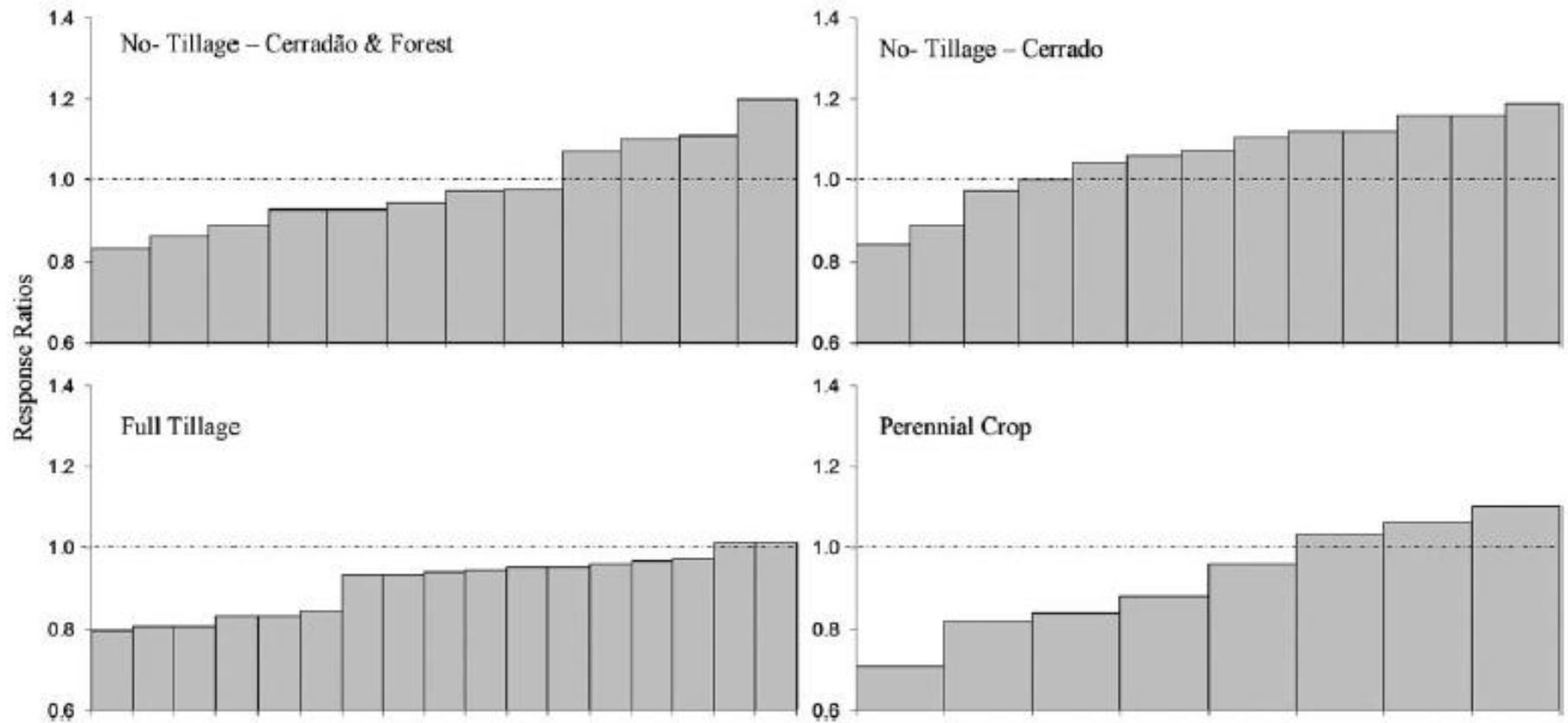


Fig. 3. Response ratios (ratio of SOC content in managed cropland relative to native vegetation) from individual observations.

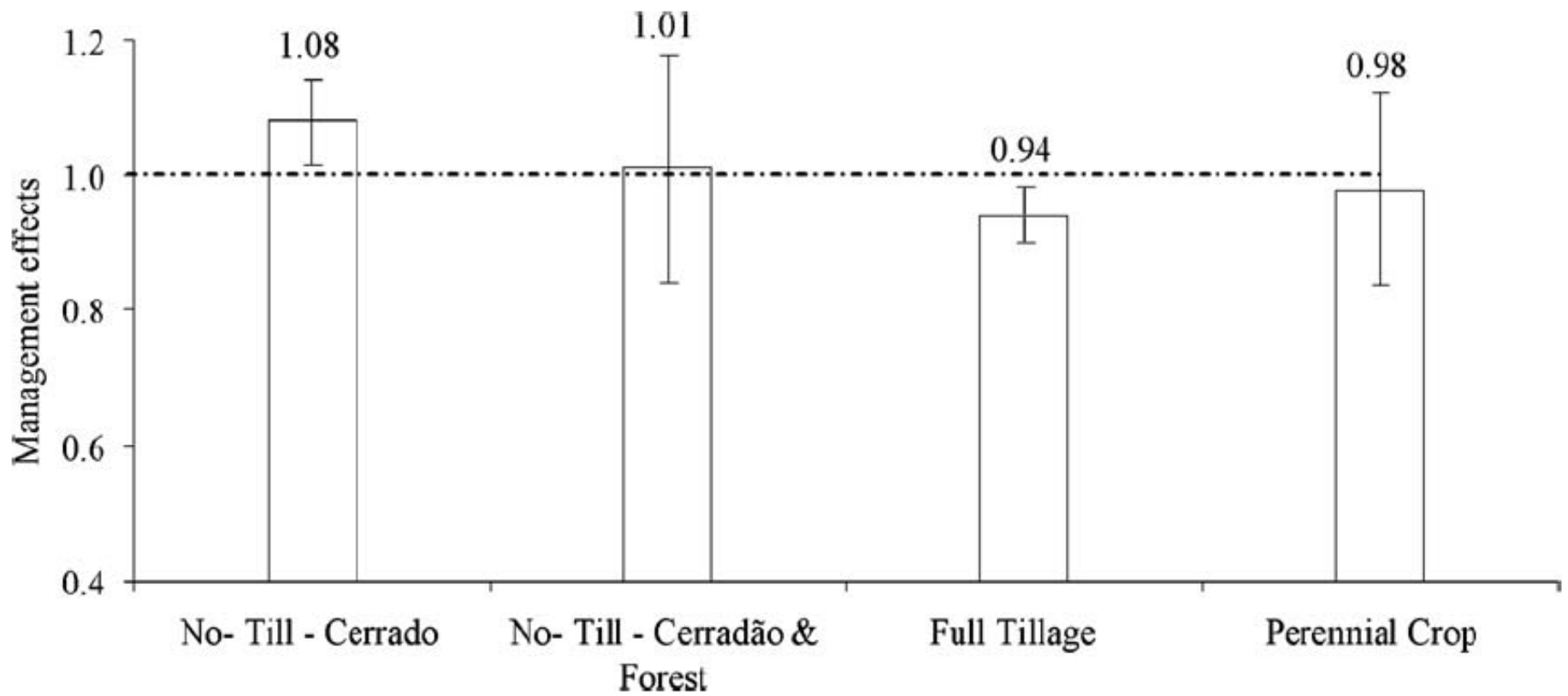
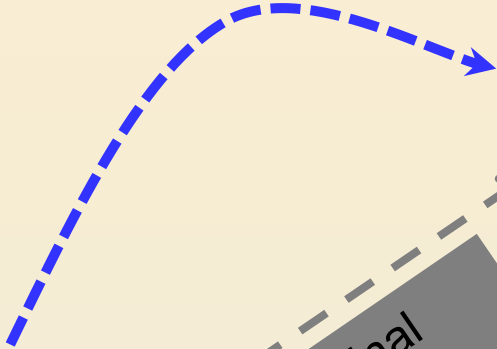


Fig. 2. Management factors estimates (± 2 SD) (integrated effect of management over the top 30 cm of the soil profile) for the change in SOC storage associated with different management options (after 20 years) in Rondônia and Mato Grosso states.

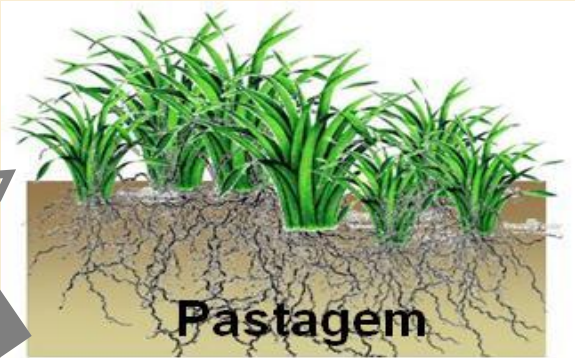
CARBONO NO SOLO NA INTEGRAÇÃO LAVOURA/PASTAGEM

Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹

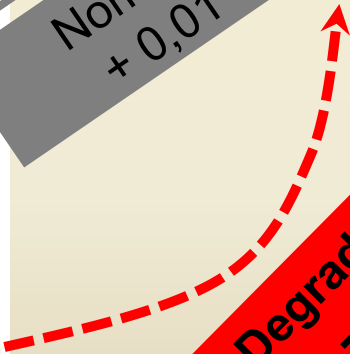
Melhorada
+ 0,2



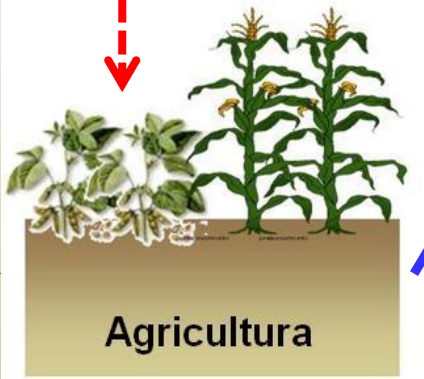
Nominal
+ 0,01



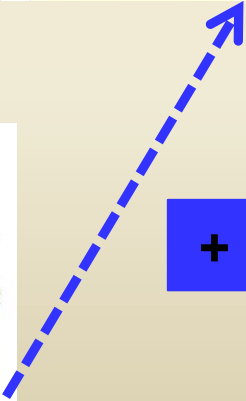
Degradada
- 0,4



- 0,2



+ 1,1



- 0,2



Dinâmica do carbono e fluxo de gases do efeito estufa em sistemas de integração lavoura-pecuária na Amazônia e no Cerrado



Doutorando: João Luís Nunes Carvalho
Orientador: Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri

Objetivo

CO₂ N₂O CH₄

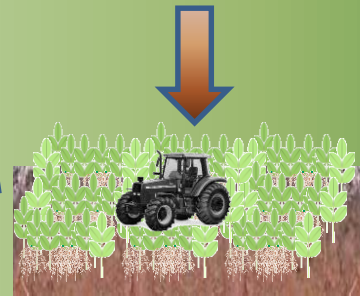
Carbono

Floresta



Cerrado

Pastagem



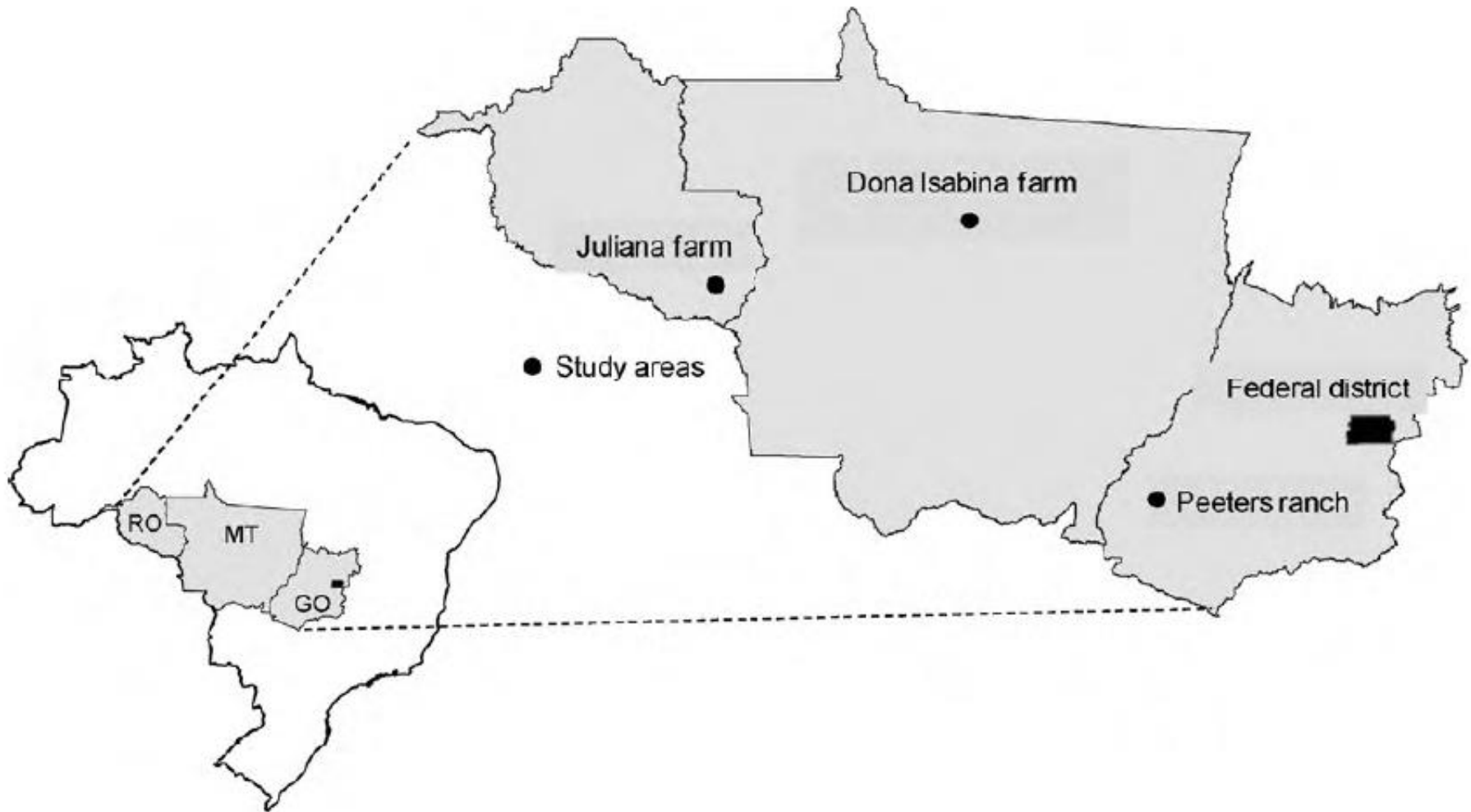
Agricultura

Integração
lavoura-pecuária



Mudança de uso da terra

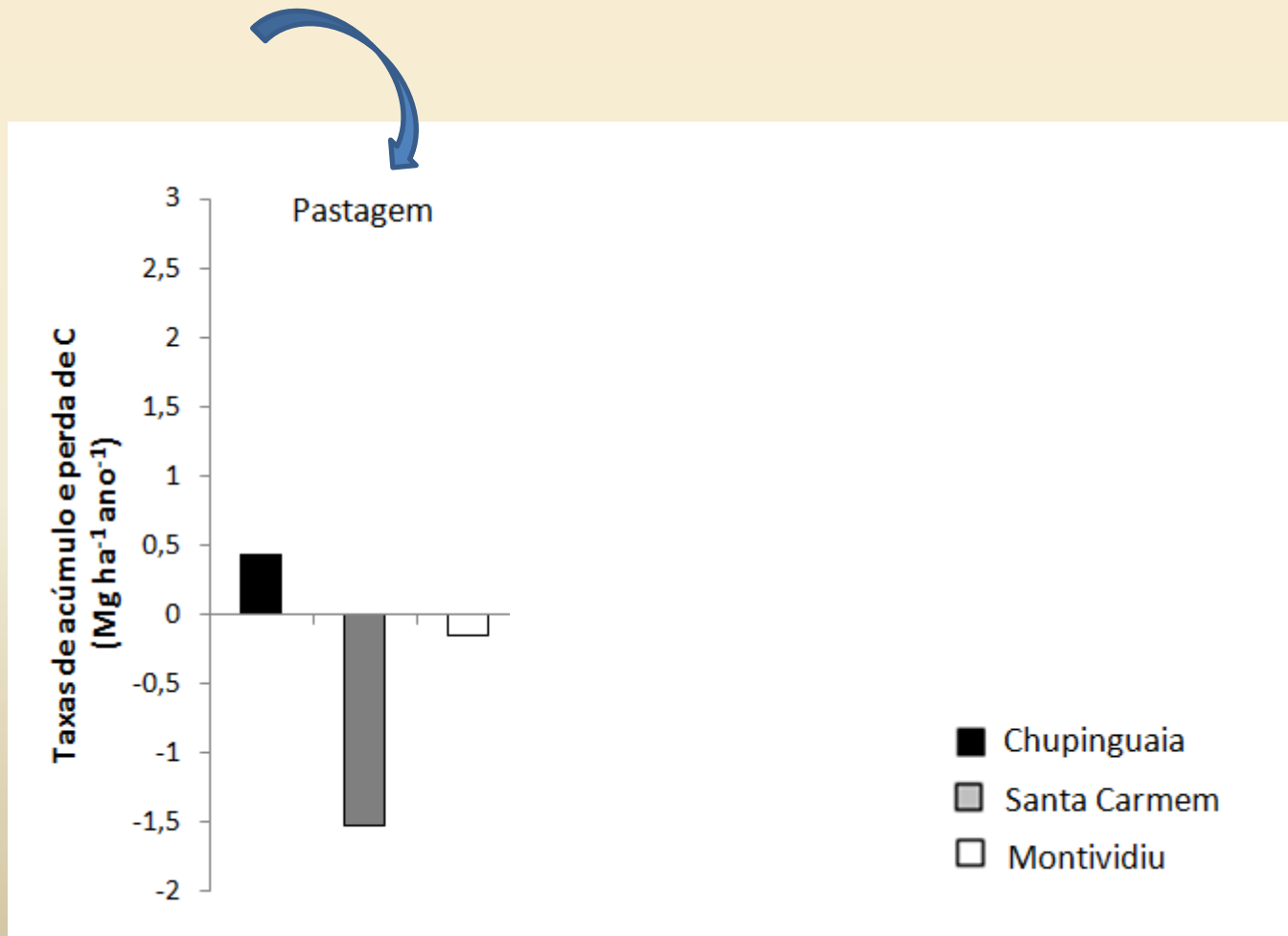
Localização das áreas em estudo



Resultados

Estoques de C do solo na mudança de uso da terra

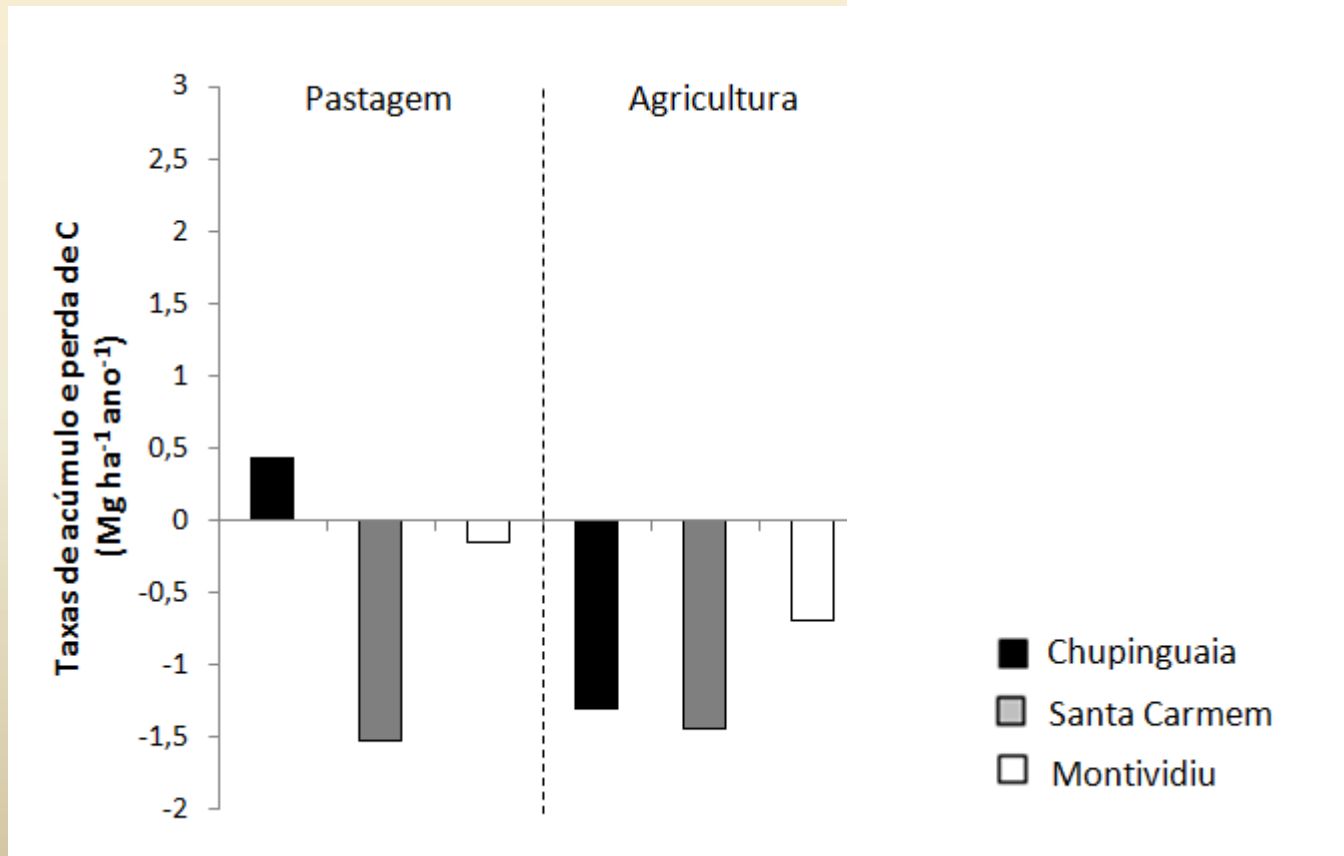
Vegetação nativa



Resultados

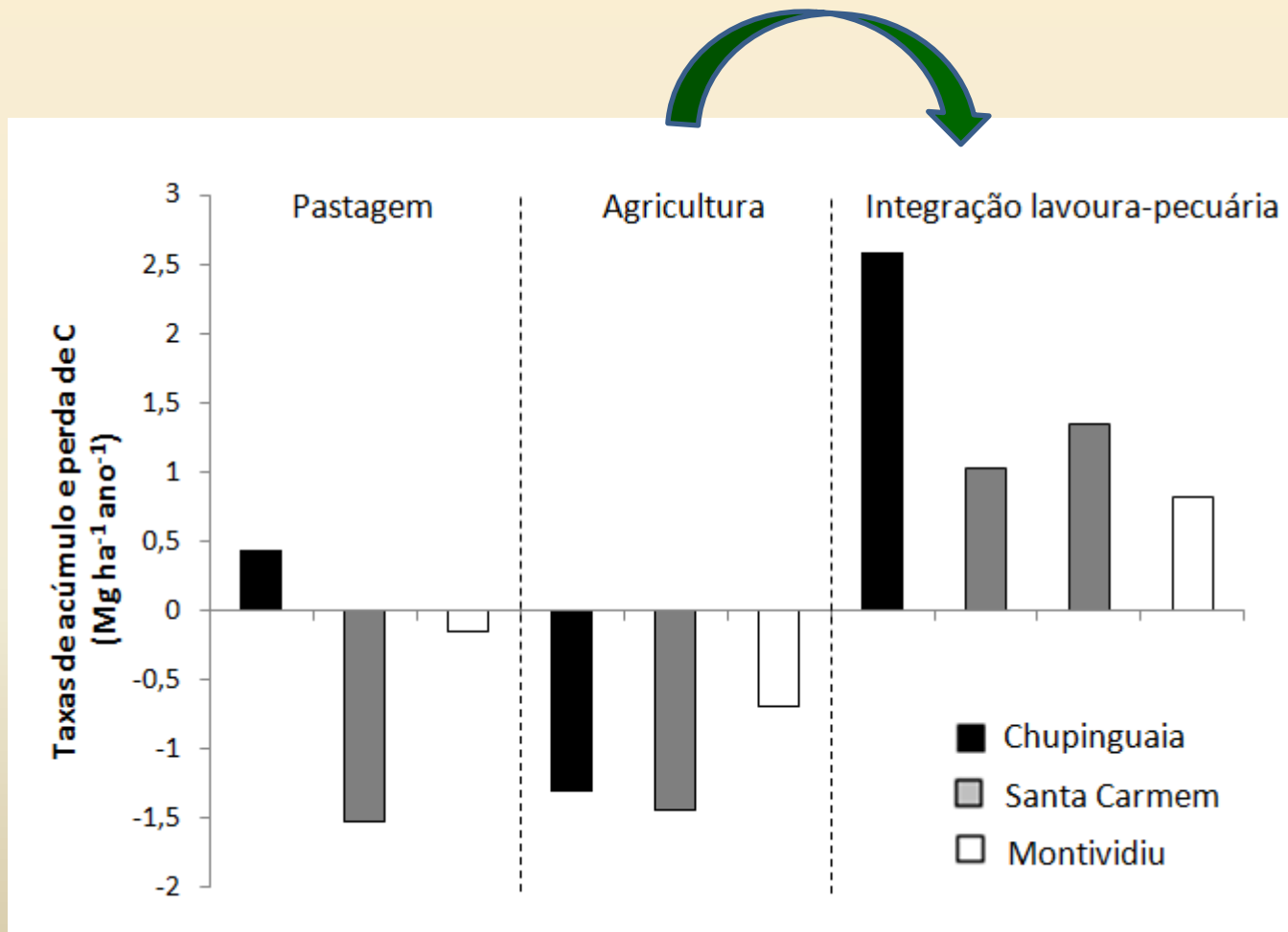
Estoques de C do solo na mudança de uso da terra

Vegetação nativa



Resultados

Estoques de C do solo na mudança de uso da terra



Results

Net soil GHG emissions in Montividiu, GO

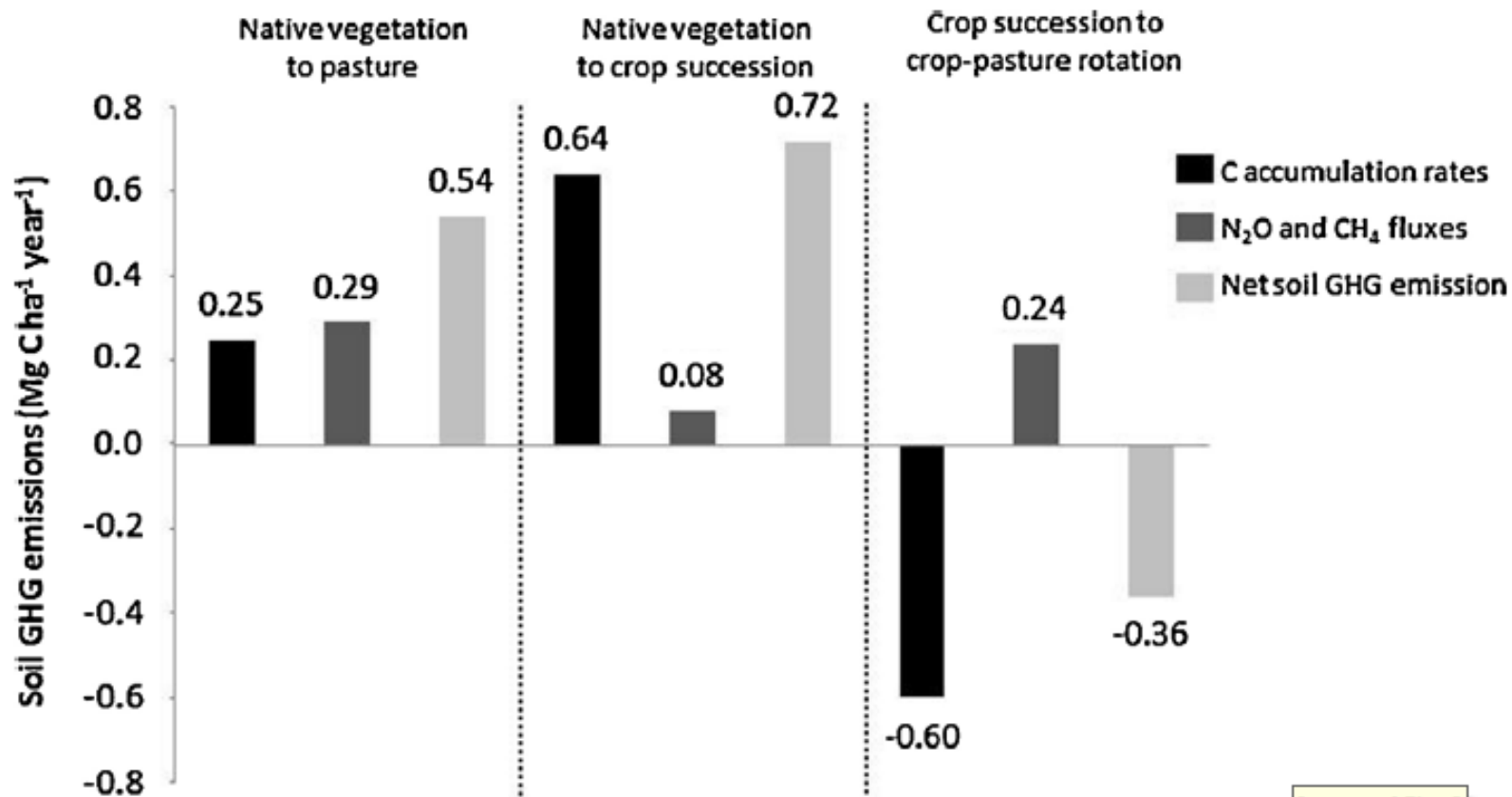


Image of Fig. 6

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE devido à mudança do manejo agrícola

Melhoramento de pastagens

Cana-de-açúcar: colheita precedida ou não por queima da palhada

Preparo convencional do solo versus plantio direto na palha

Mudança do estoque de carbono no solo

Colheita com queima



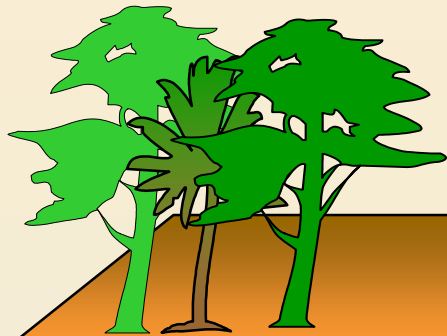
Colheita sem queima



Mudança nos estoques de carbono sob cana-de-açúcar

Vegetação nativa

Cana-de-açúcar Com Queima



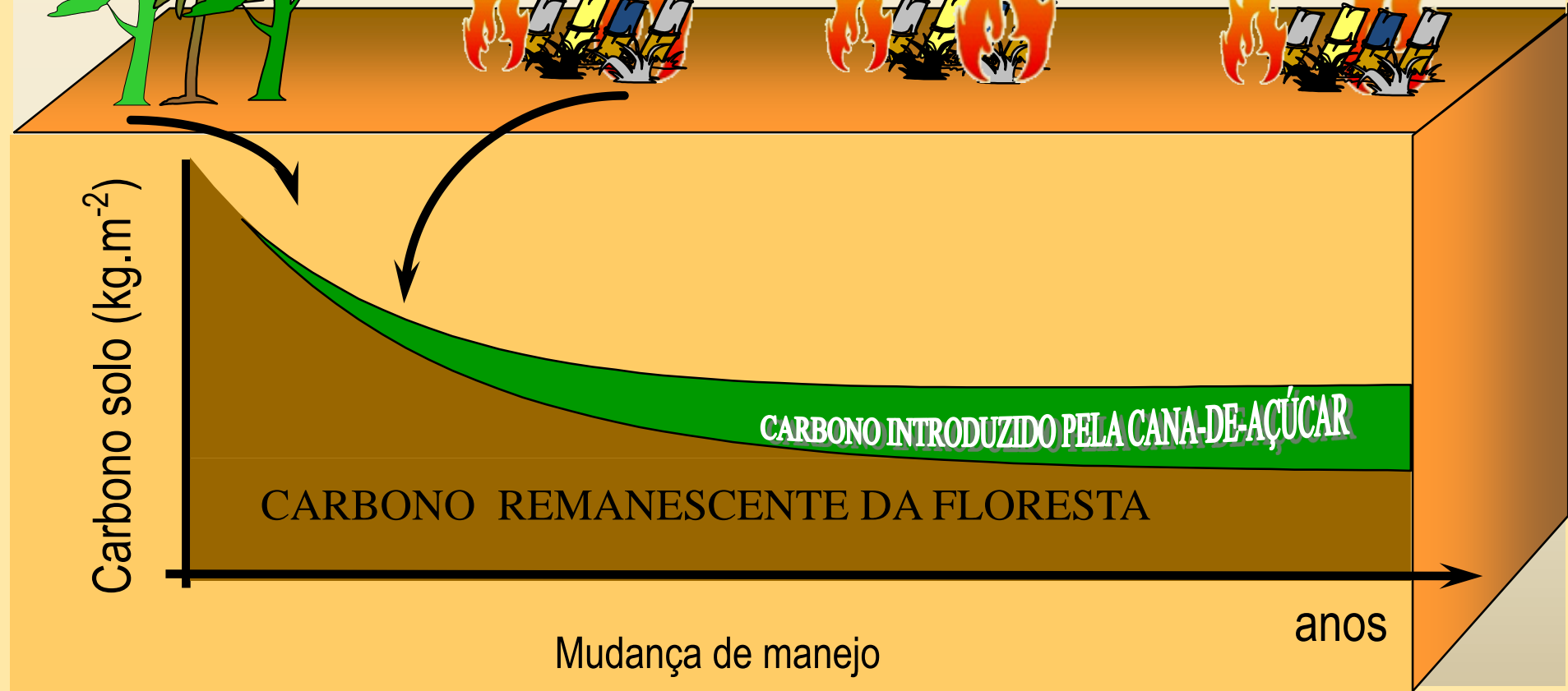
Carbono solo ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)

CARBONO REMANESCENTE DA FLORESTA

CARBONO INTRODUZIDO PELA CANA-DE-AÇÚCAR

anos

Mudança de manejo

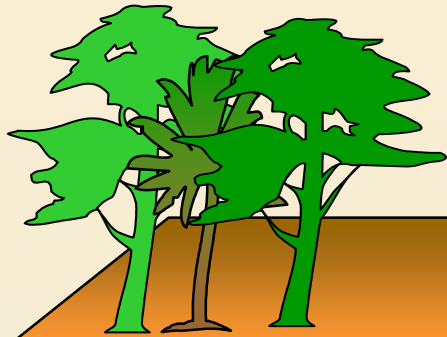


Mudança nos estoques de carbono sob cana-de-açúcar

Vegetação nativa

Cana Com Queima

Cana Sem Queima



Carbono Solo

CARBONO INTRODUZIDO PELA CANA-DE-AÇÚCAR

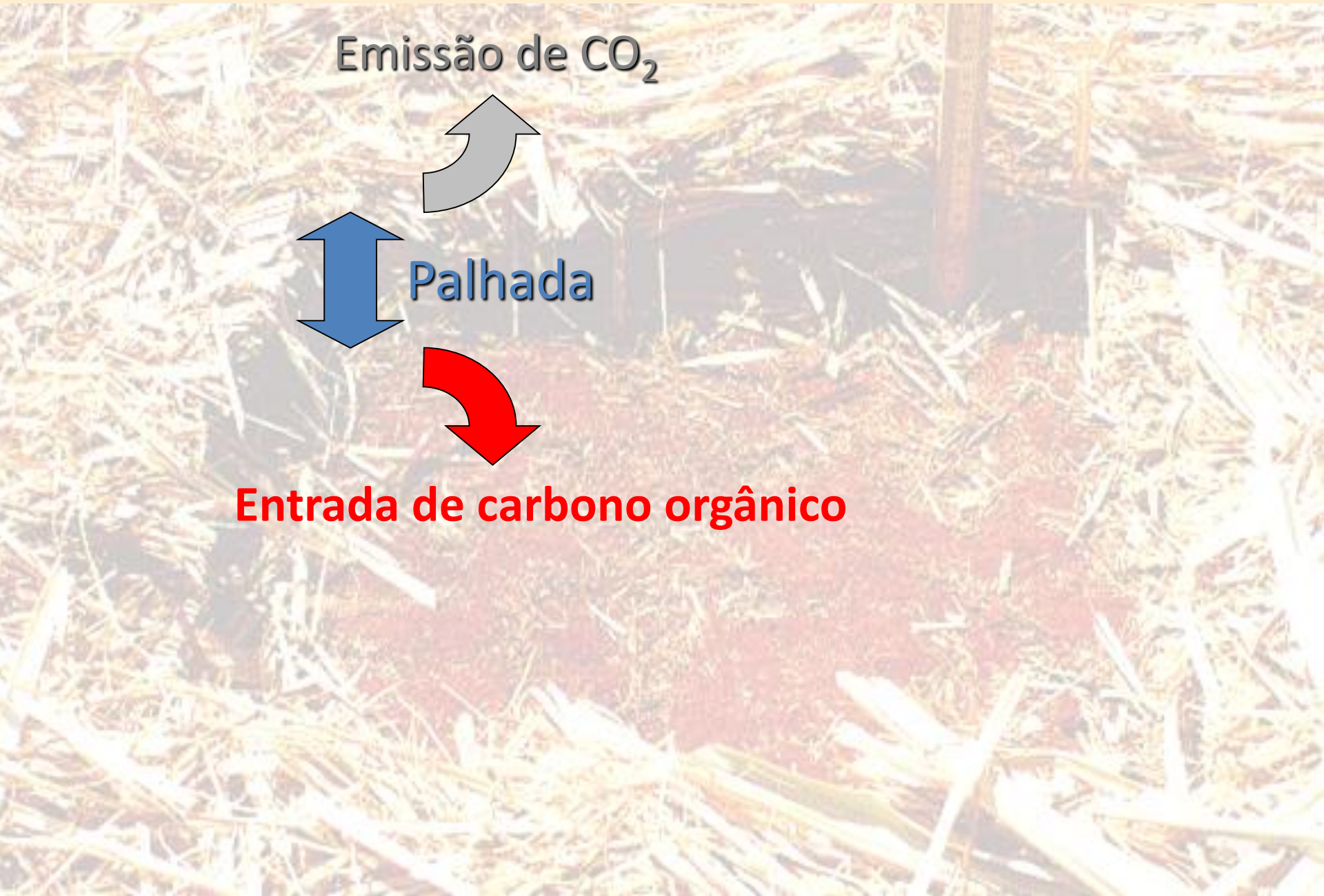
C palhada

CARBONO REMANESCENTE DA FLORESTA

Mudança de manejo



Transferência de carbono da palhada ao solo e atmosfera



Emissão de CO₂



Palhada



Entrada de carbono orgânico

Transferência de carbono da palhada ao solo e atmosfera



Palhada

12-16 Mg MS ha / ano

6-8 Mg C ha / ano

Entrada de carbono orgânico

?

0,3-1,6 Mg C ha / ano

?

1,0 Mg C / ha = 16,3 g CO₂ / MJ etanol

Mudança no estoque de carbono do solo



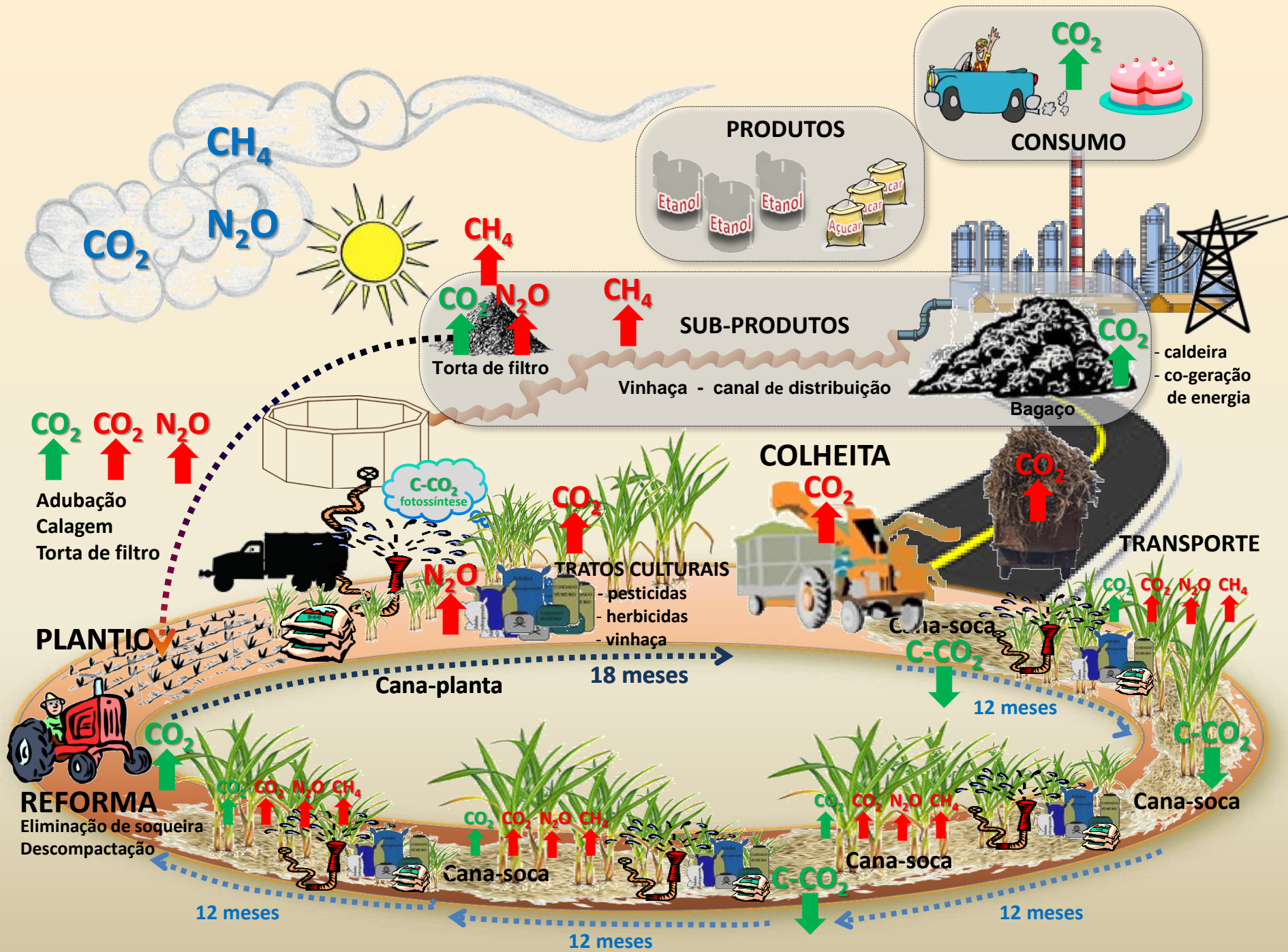
48 950



55 450

$\Delta C = 4\ 870\ \text{kg C ha}^{-1}$ em 4 anos (0-30cm)

Aumento de C no solo = $1\ 625\ \text{kg C ha}^{-1}\ \text{ano}^{-1}$



CO₂ N₂O

CH₄

PRODUTOS

CONSUMO

SUB-PRODUTOS

Torta de filtro

Vinhaça - canal de distribuição

Bagaço

- caldeira
- co-geração de energia

CO₂ CO₂ N₂O

Adubação
Calagem
Torta de filtro

C-CO₂
fotossíntese

CO₂

TRATOS CULTURAIS

- pesticidas
- herbicidas
- vinhaça

N₂O

COLHEITA

CO₂

CO₂

TRANSPORTE

CO₂ CO₂ N₂O CH₄

PLANTIO

Cana-planta

18 meses

Cana-soca

12 meses

REFORMA

Eliminação de soqueira
Descompactação

CO₂

CO₂ CO₂ N₂O CH₄

CO₂ CO₂ N₂O CH₄

Cana-soca

12 meses

CO₂ CO₂ N₂O CH₄

Cana-soca

12 meses

Cana-soca

C-CO₂

12 meses

Avaliação do estoque de C no solo e fluxo de GEE devido à mudança do manejo agrícola

Melhoramento de pastagens

Cana-de-açúcar: colheita precedida ou não por queima da palhada

Preparo convencional do solo versus plantio direto na palha

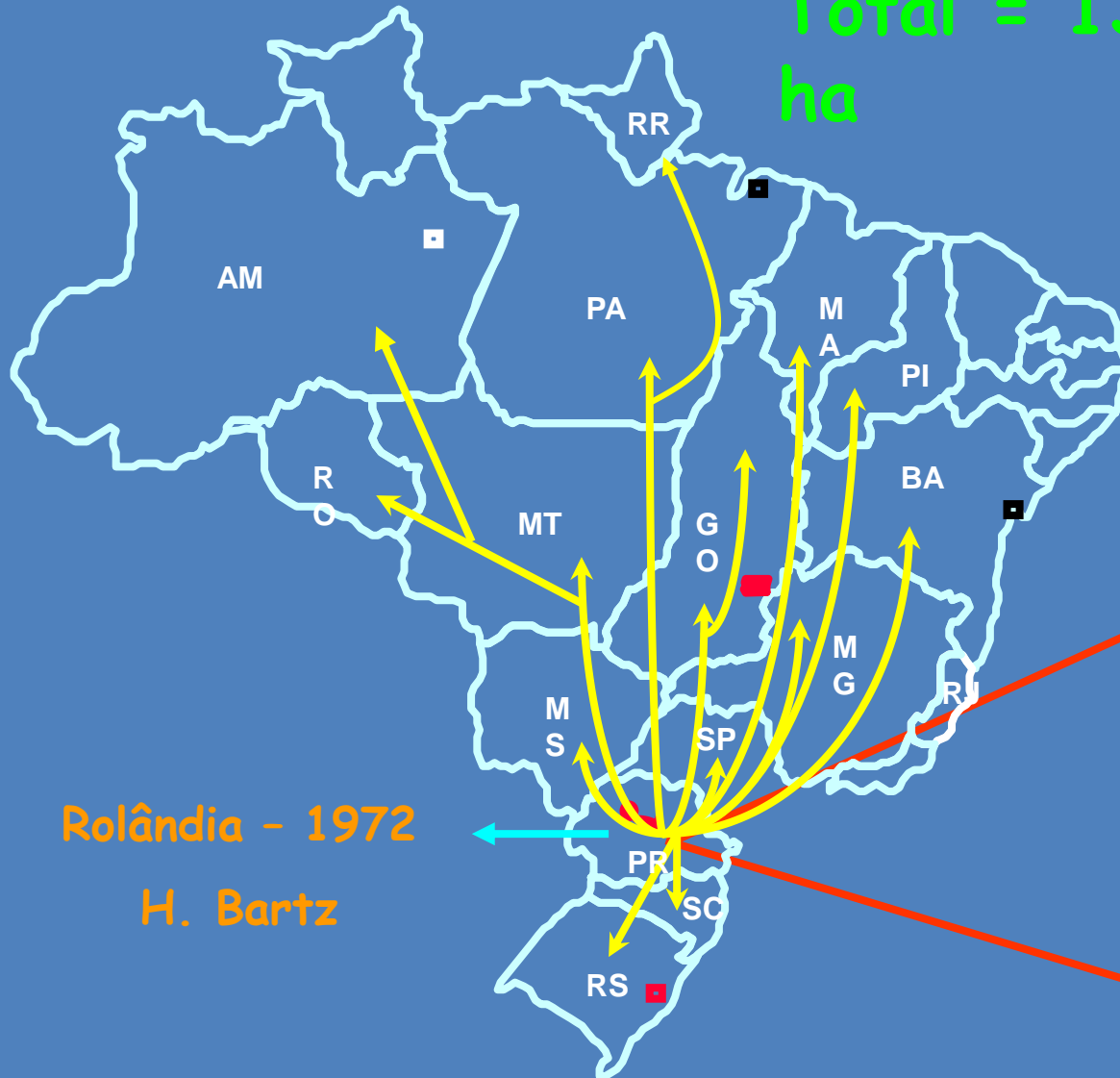
Dinâmica do carbono do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto



Plantio direto no Brasil

Total = 13,5 milhões de ha

32 % da área com produção de grãos



Rolândia - 1972

H. Bartz

Ponta
Grossa
Tibagi
Castro
Centro
de
difusão



Sistema Plantio Direto

Conceito: Processo de semeadura em solo não revolvido no qual a semente é colocada em sulcos abertos sobre os resíduos culturais.

(Jones et al., 1968)

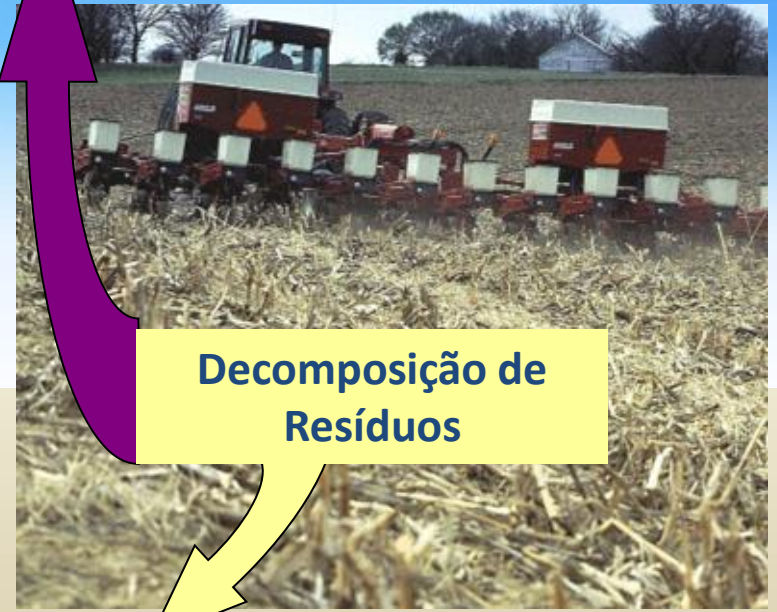
Plantio convencional versus

Sistema convencional
plantio direto

Sistema
Plantio Direto

GEE

Redução da emissão

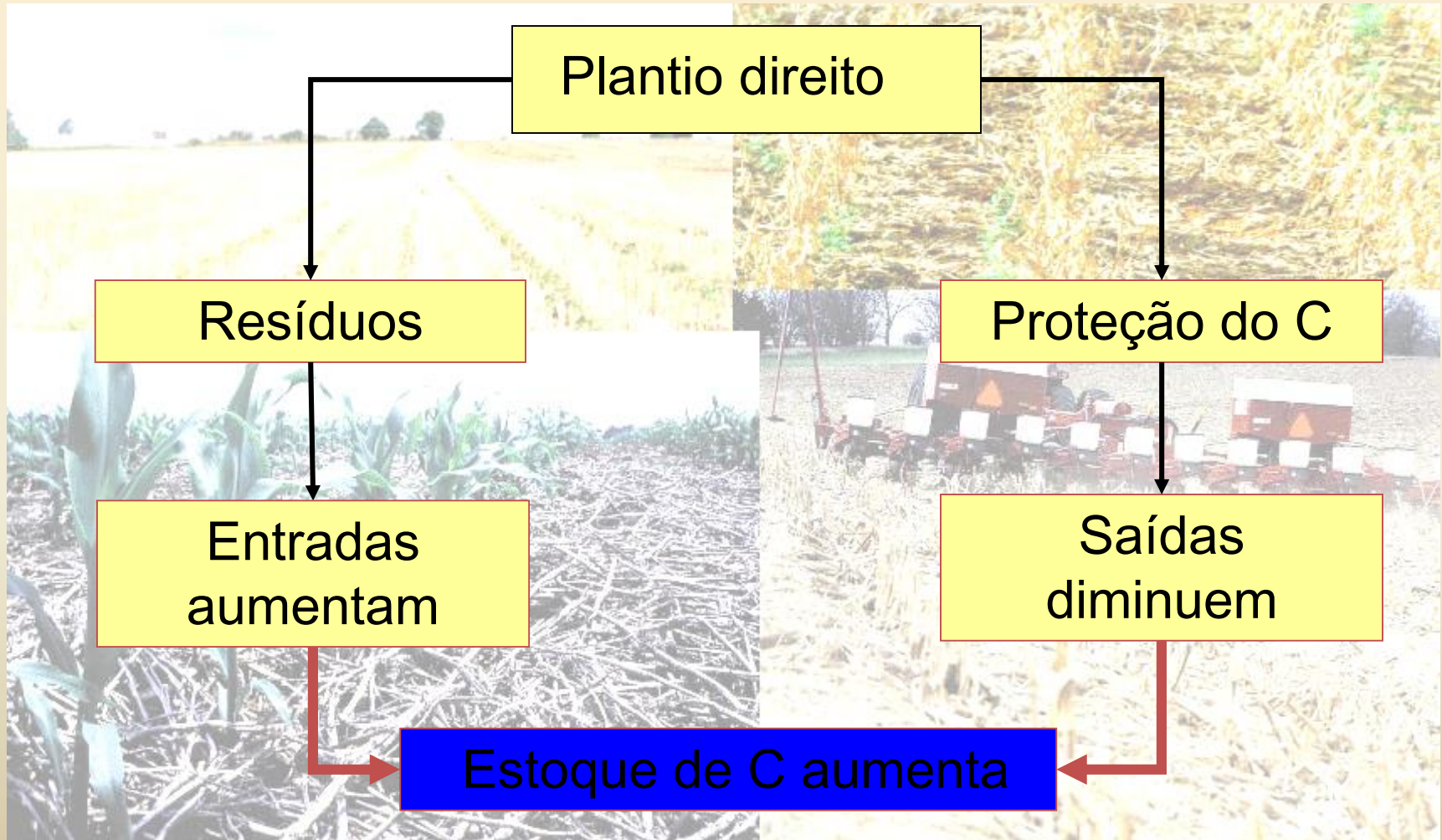


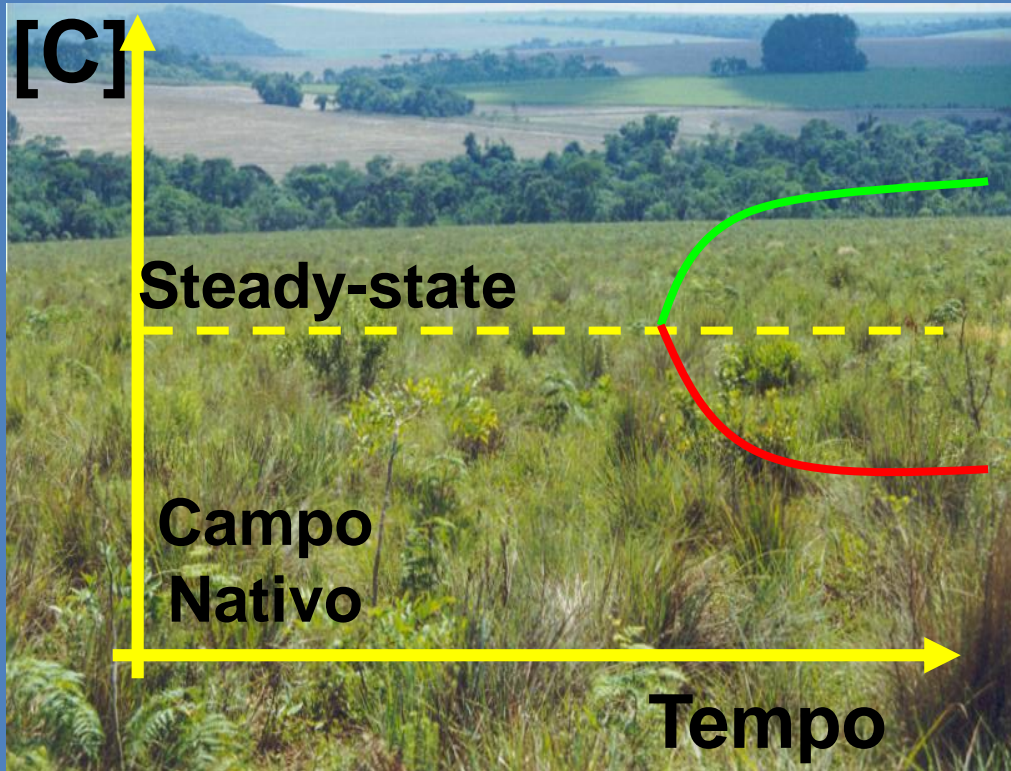
Decréscimo do
estoque de C do solo

Aumento do
estoque de C solo

Acúmulo de C do solo

Mecanismos do incremento do C estocado



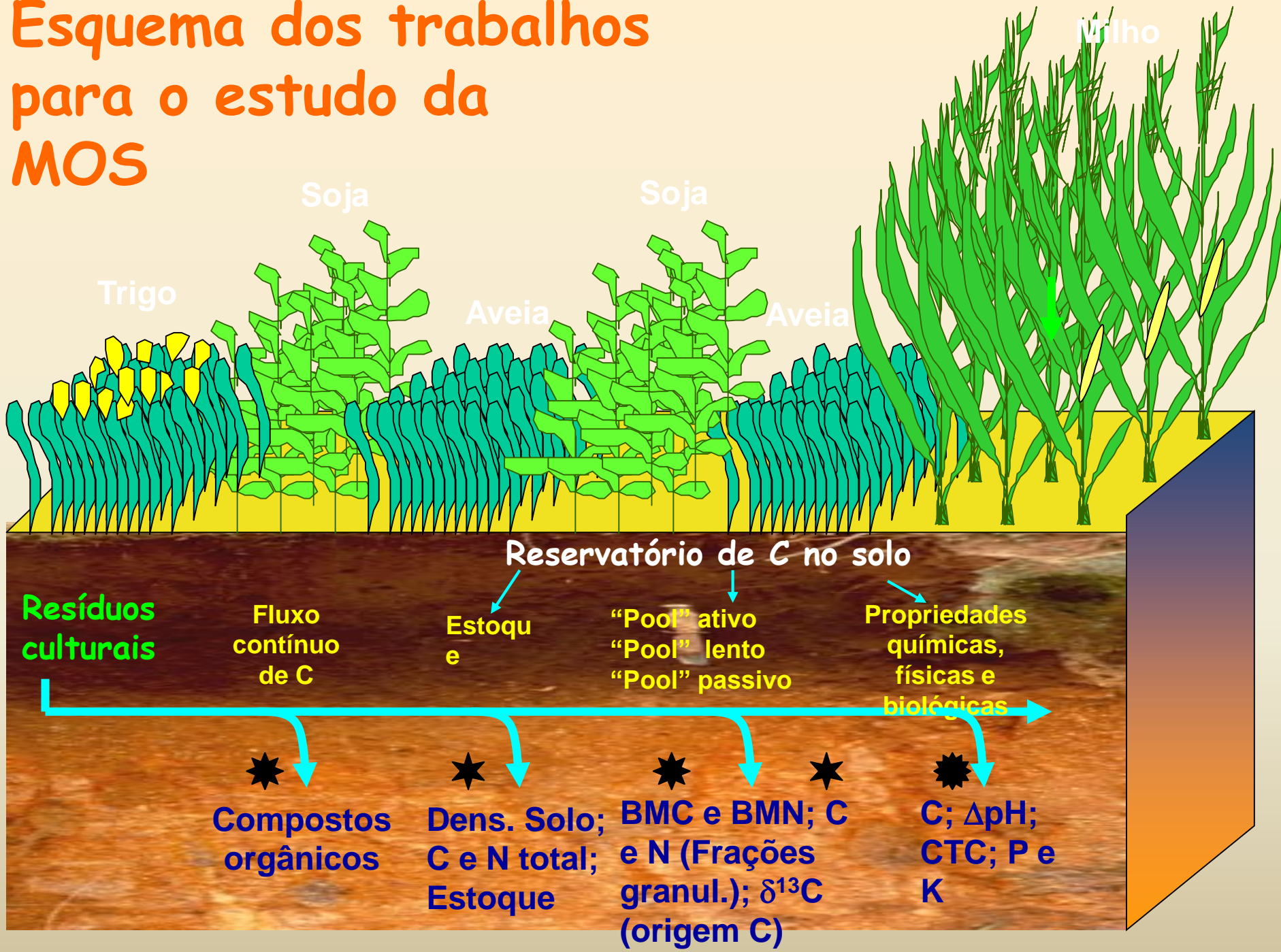


?



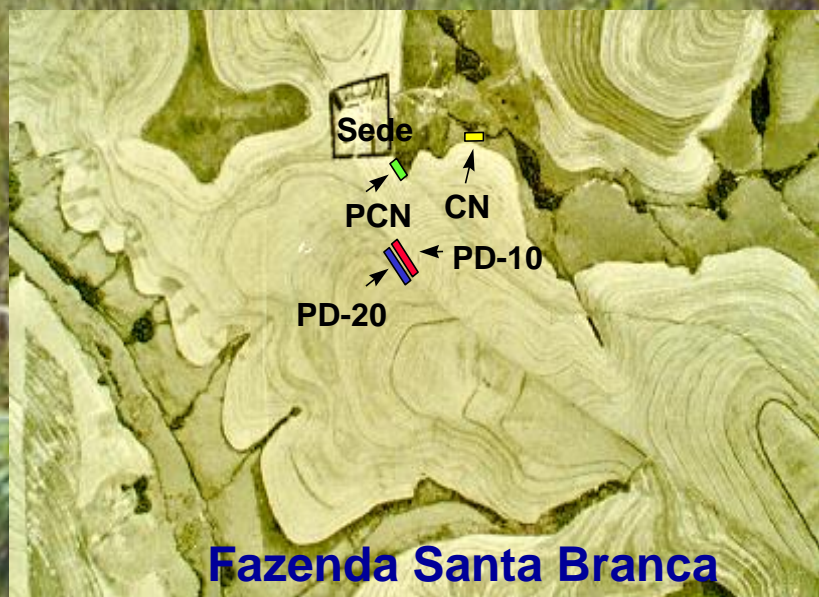
Plantio
Convencional

Esquema dos trabalhos para o estudo da MOS

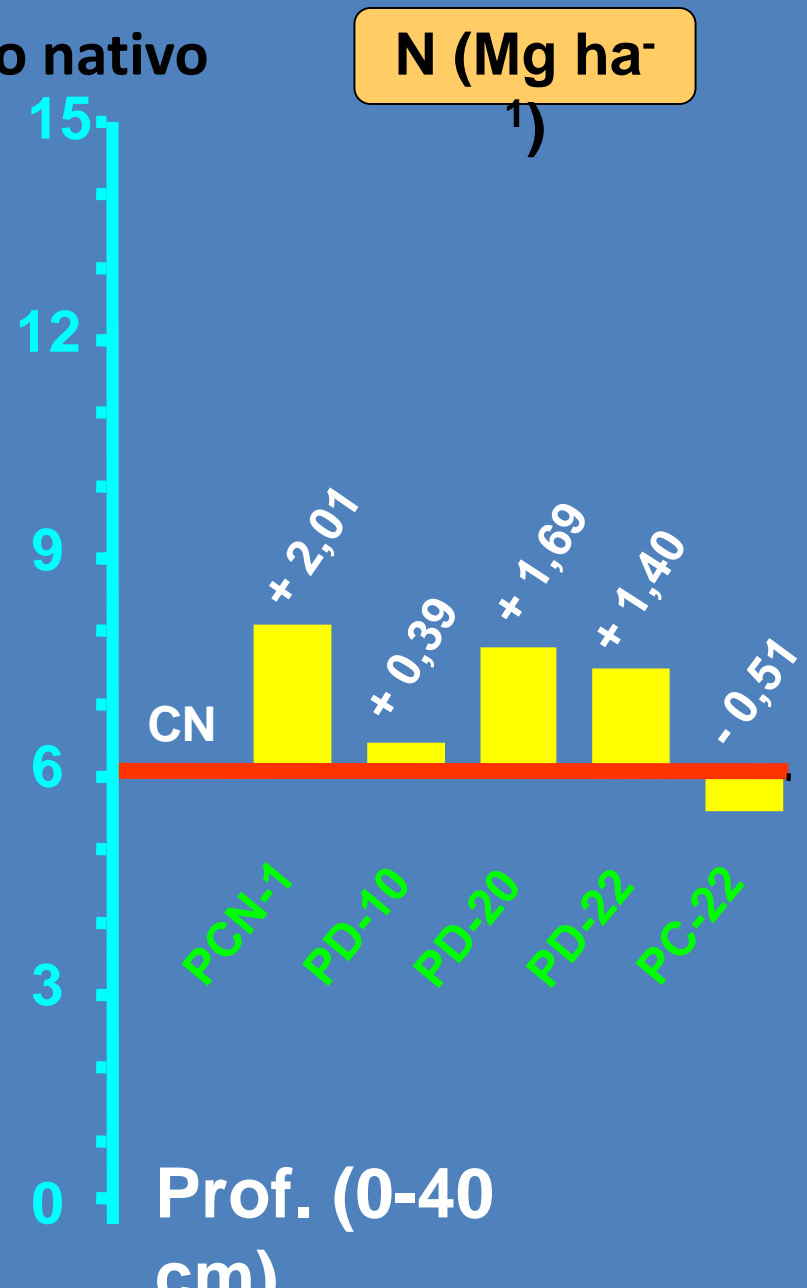
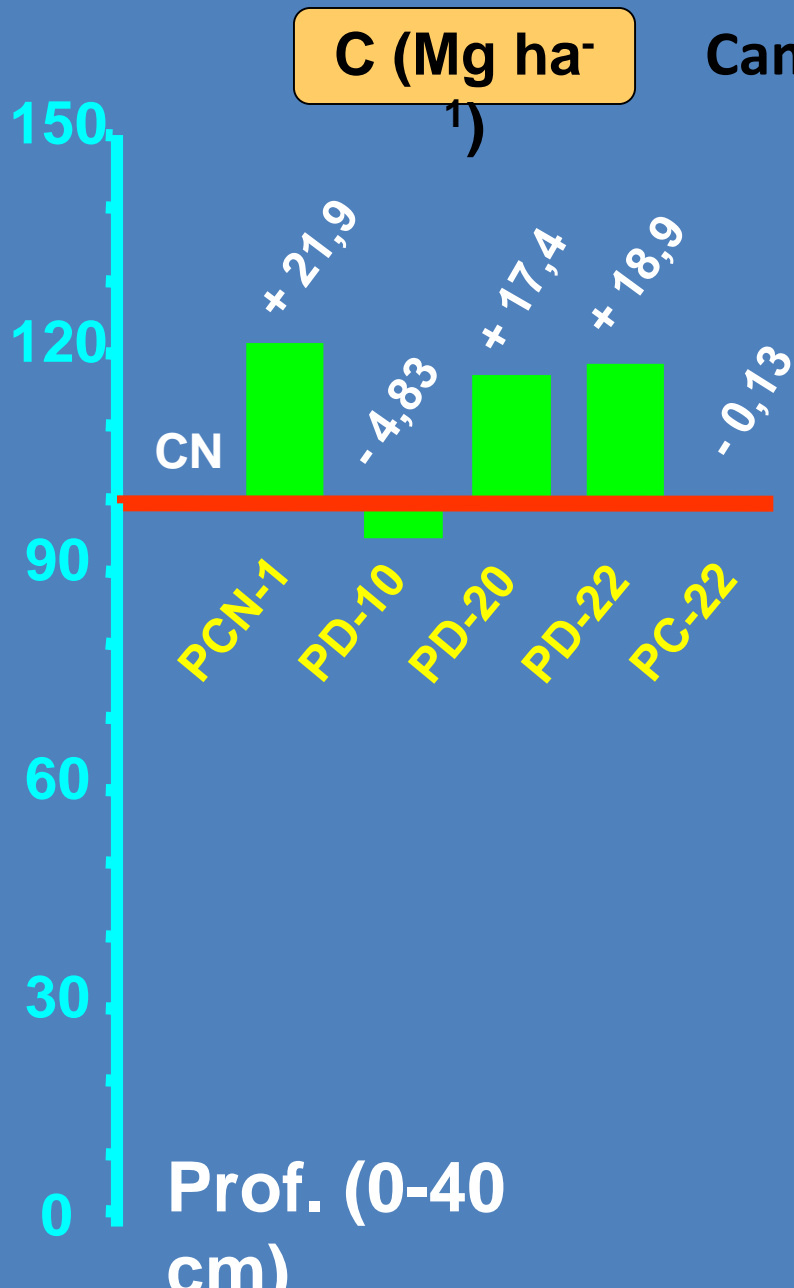


A cronossequência - Critério de escolha

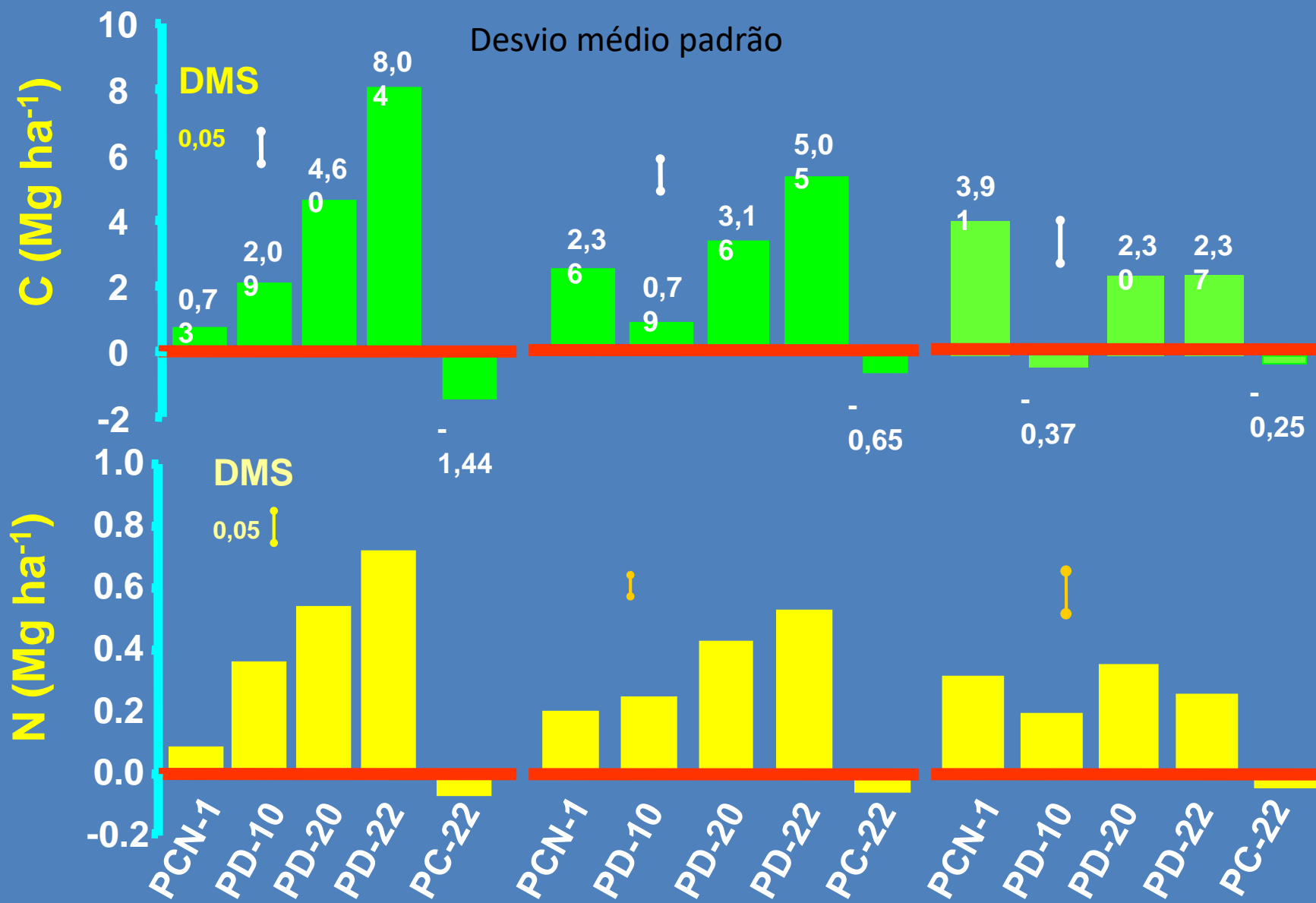
- O ponto de referência: a vegetação natural
- Características comuns: material de origem; unidade de solo; classe textural; posição na vertente; altitude e pluviosidade
- Rotação de culturas semelhante e detalhado histórico de uso de insumos



Estoque de C e N no solo (L.vermelho)



Estratificação do estoque de C e N (camada 0-10 cm)




Estratificação do estoque de C e N (camada 0-10 cm)



O ganho de C e N no PD-10 se restringiu a camada de 0-5 cm, indicando que o processo de recuperação da MOS é de longo prazo.



O ganho de C e N no PD-20 representou 57,9 e 96,6% e no PD-22 foi de 81,8 e 98,9%.



As perdas de C e N no PC-22 em relação ao Campo Nativo, apesar de significativas, foram sensivelmente inferiores ao PD-22, indicando a estreita associação entre entrada de resíduos e a ausência de preparo.

Taxas de acúmulo do C



Lal et al., 1995

- Semi-arido e (sub)tropical:

tC ha⁻¹ ano⁻¹

0,05-0,2

- Temperado:

0,10-0,5

Six et al., 2002

- Temperado e Tropical (0-30 cm):

0,3 ± 0,1

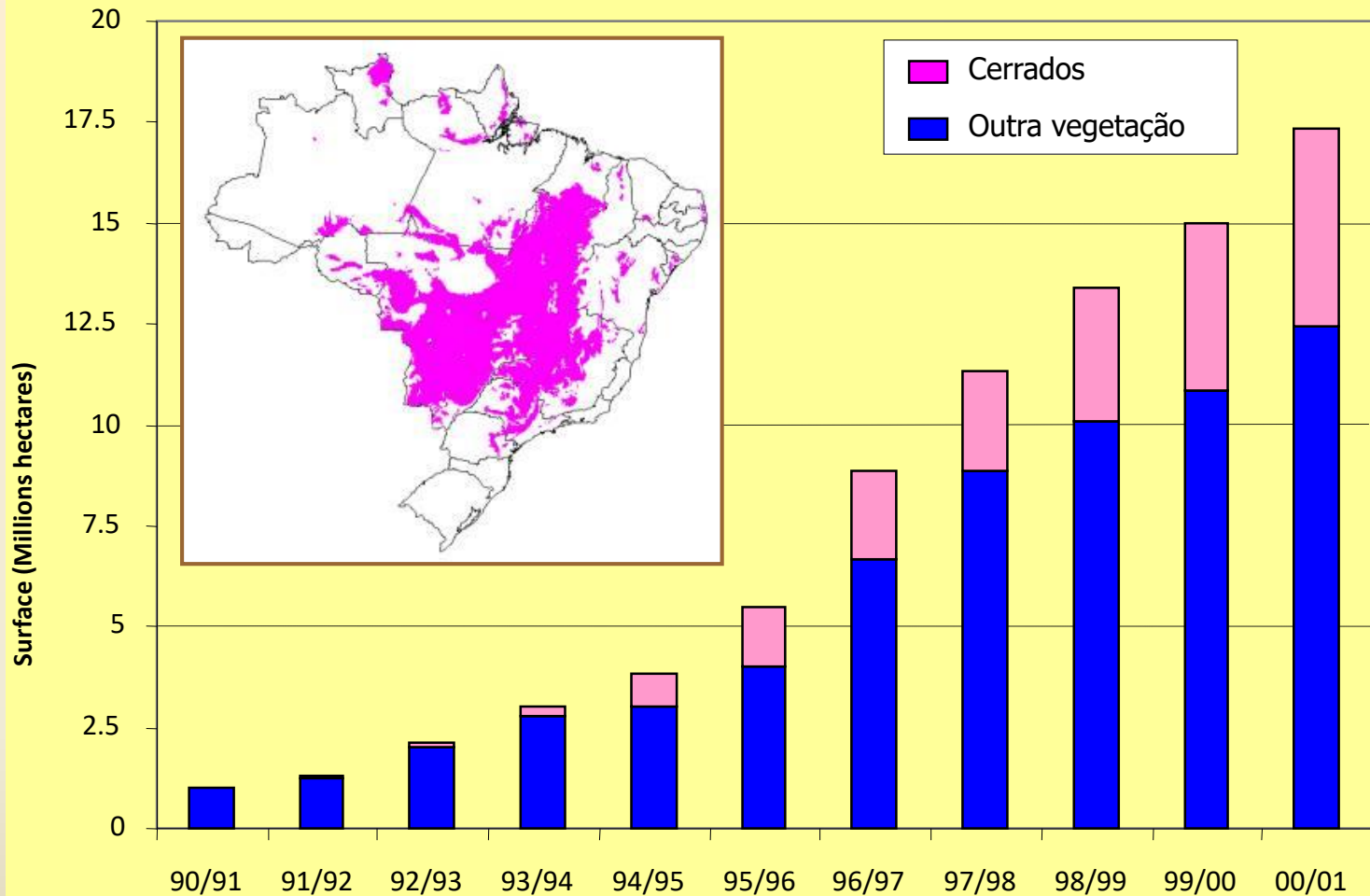


Bernoux et al., 2004 (revisão da literatura)

Média de 0,65-0,70 tC ha⁻¹ ano⁻¹ para a camada 0-20 cm

Cerri et al., 2007 (revisão da literatura)

Média de 0,50 tC ha⁻¹ ano⁻¹ para a camada 0-20 cm



**Atualmente
~26 M ha:
Taxa anual
~13 Mt C**

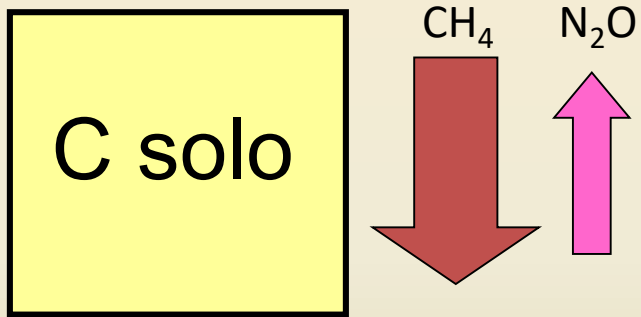
Mas é preciso considerar os fluxos de N_2O e CH_4 , e outros fluxos de CO_2

Seqüestro de C no solo

(incremento no solo – fluxo de gases para atmosfera)

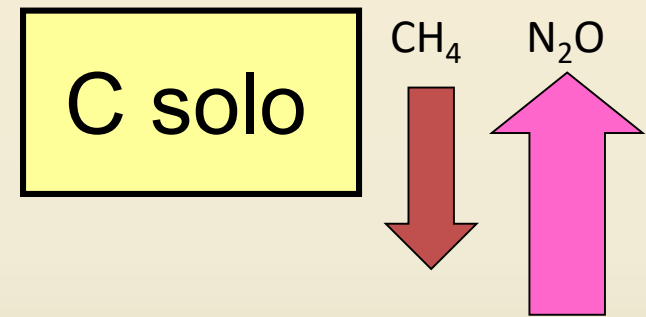
	Equivalente em C	
	Tibagi (PR)	Rio Verde (GO)
	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹	
Incremento no solo	1,62	1,26
Fluxo de gases	0,26	0,32
Sequestro C	1,36	0,94

Plantio Direto PD



Ceq-PD

Plantio Convencional PC



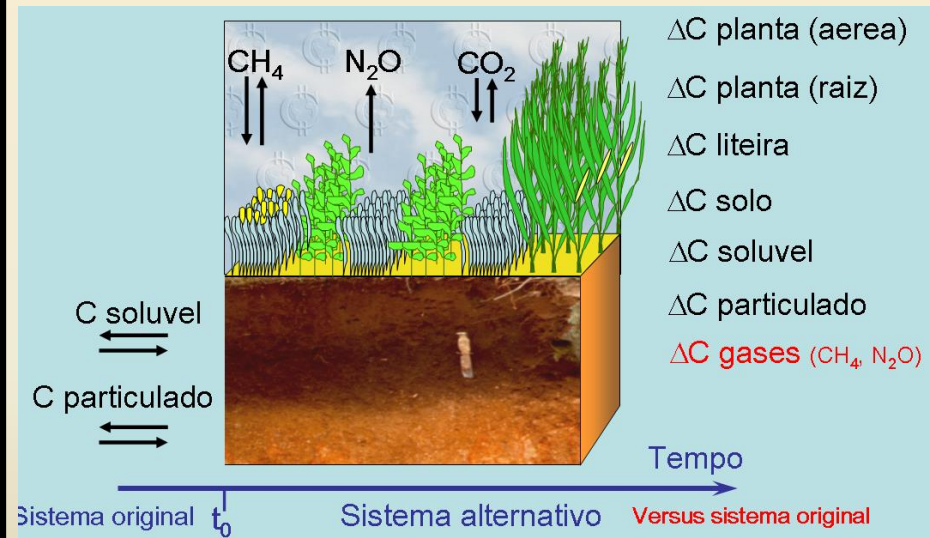
Ceq-PC

Serviços ambientais do sistema Plantio Direto

Luta contra erosão



Seqüestro de carbono



Outros: biodiversidade, ciclo da água,....

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: Sistema Plantio Direto



MOS

Locais estratégicos

Sinop

Balsas ?

Vilhena

Rio Verde
Montividiu

Goiania

Tibagi
Ponta Grossa

RS ?

Soja (ha plantado)

- V1 - Open Amazon forest
- V2 - Dense Amazon forest
- V3 - Atlantic forest
- V4 - Seasonal deciduous forest
- V5 - Seasonal semi-deciduous forest
- V6 - Mixed ombrophylous forest
- V7 - South savanna
- V8 - Amazon savanna
- V9 - Savanna (cerrado)
- V10 - South steppe
- V11 - Northeast steppe
- V12 - Western steppe
- V13 - Highland fields
- V14 - Pioneer formations
- V15 - Woody oligotrophic vegetation

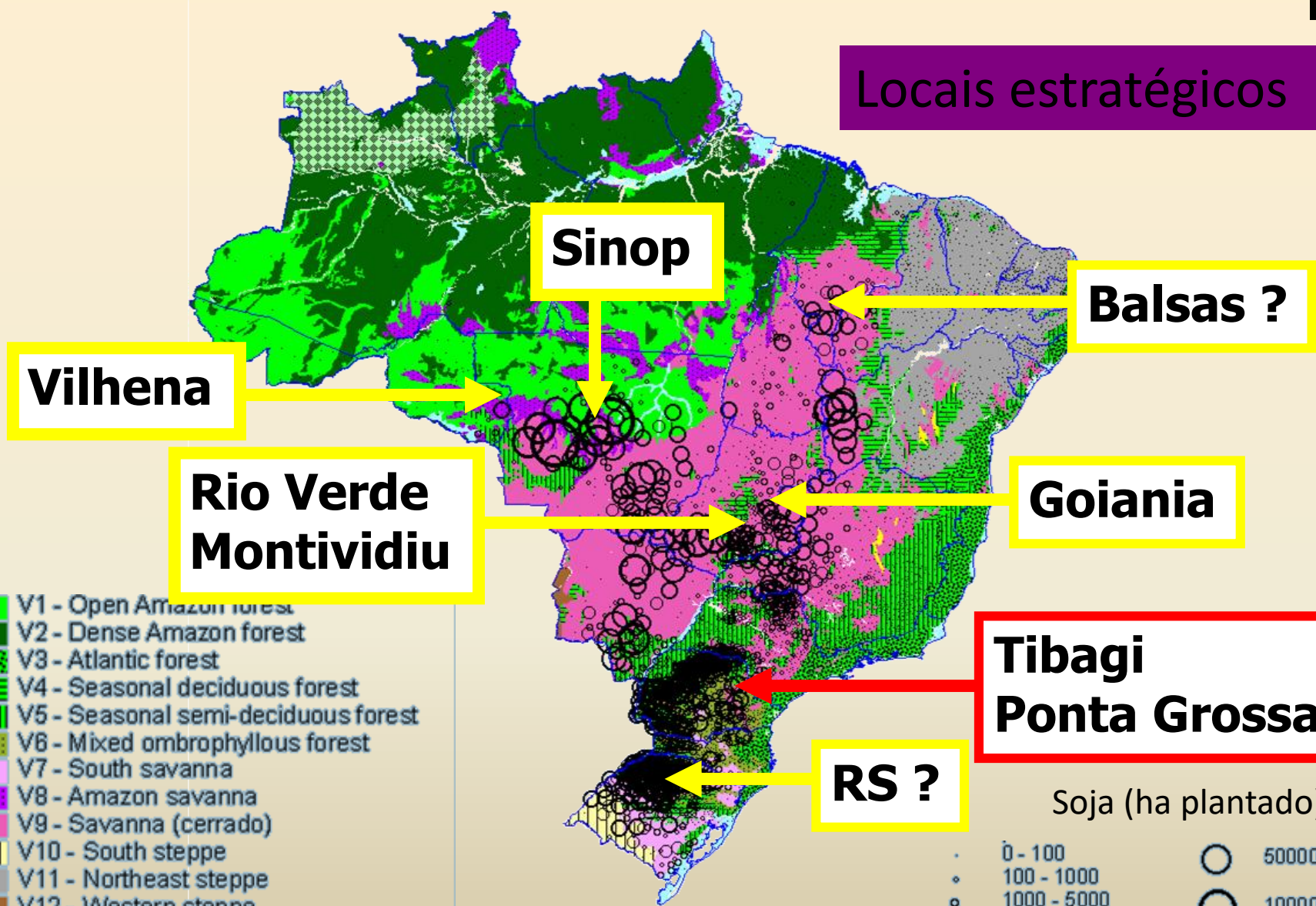


MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: Sistema Plantio Direto



MOS

Locais estratégicos



Sinop

Balsas ?

Vilhena

Rio Verde
Montividiu

Goiania

Tibagi
Ponta Grossa

RS ?

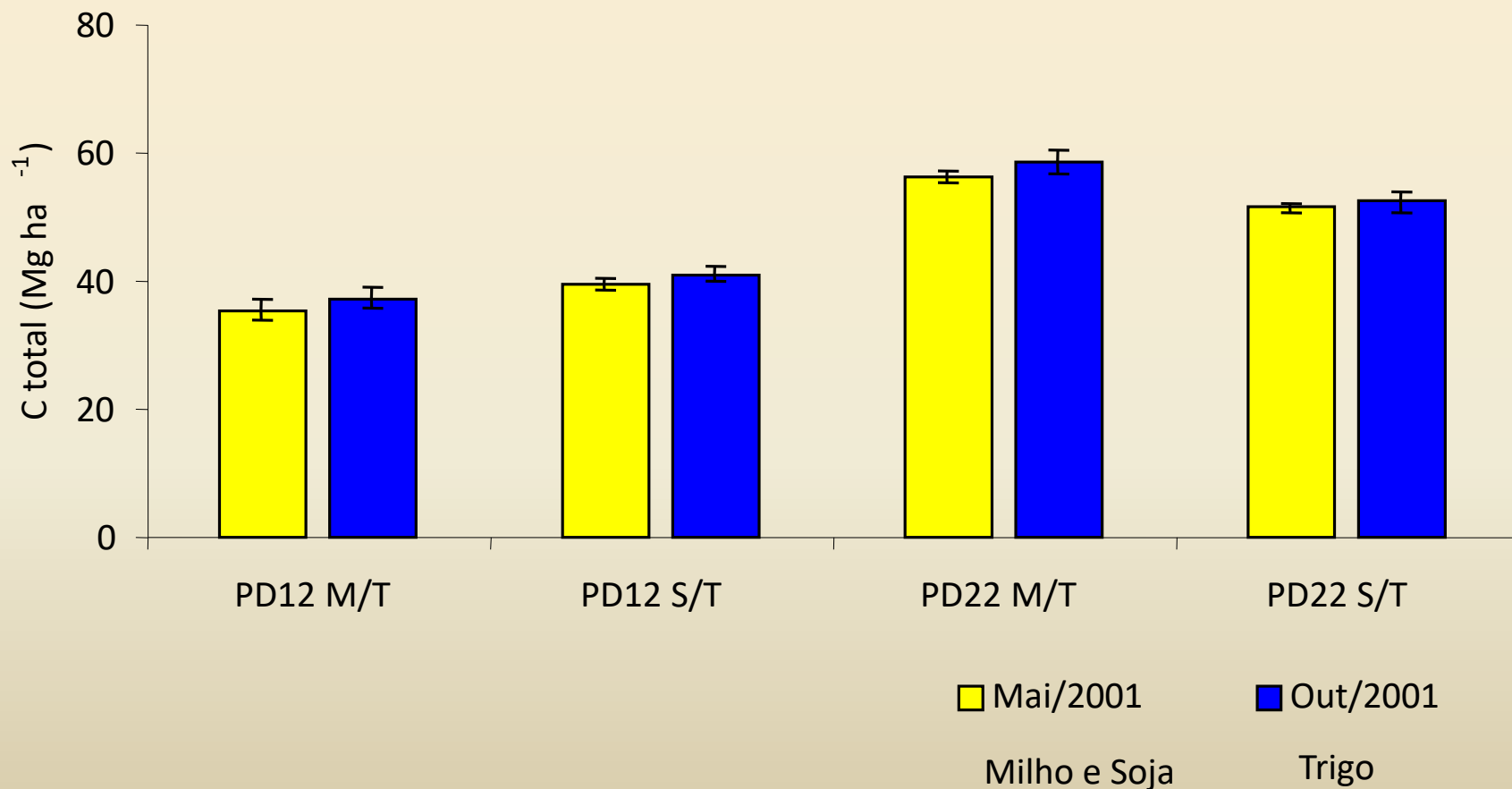
- V1 - Open Amazon forest
- V2 - Dense Amazon forest
- V3 - Atlantic forest
- V4 - Seasonal deciduous forest
- V5 - Seasonal semi-deciduous forest
- V6 - Mixed ombrophylous forest
- V7 - South savanna
- V8 - Amazon savanna
- V9 - Savanna (cerrado)
- V10 - South steppe
- V11 - Northeast steppe
- V12 - Western steppe
- V13 - Highland fields
- V14 - Pioneer formations
- V15 - Woody oligotrophic vegetation

Soja (ha plantado)

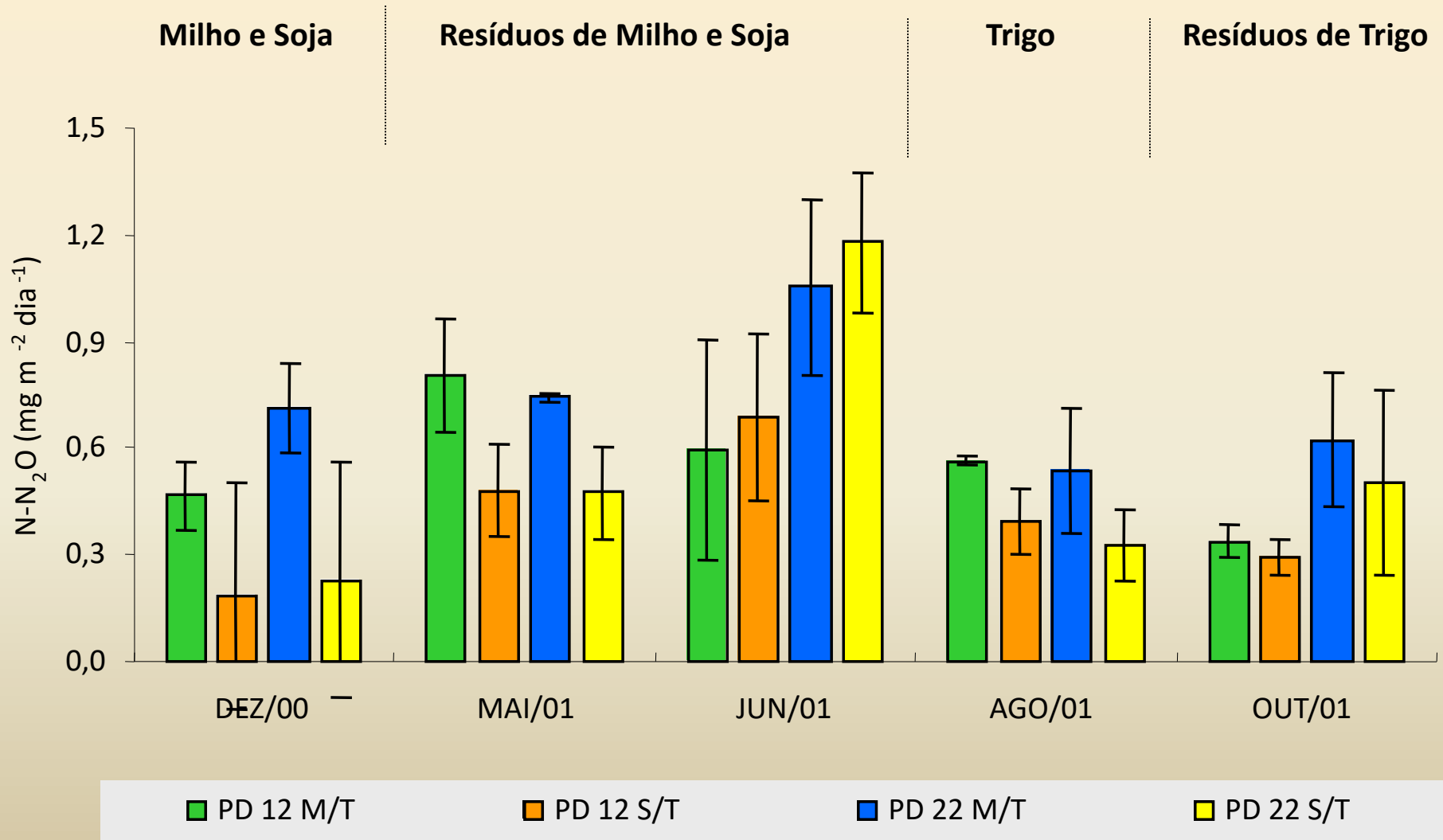


Estoque de C do solo – Tibagi (PR)

0-20 cm profundidade



Fluxos de N₂O do solo – Tibagi (PR)



MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: Sistema Plantio Direto



MOS

Locais estratégicos

Sinop

Balsas ?

Vilhena

Rio Verde
Montividiu

Goiania

Tibagi
Ponta Grossa

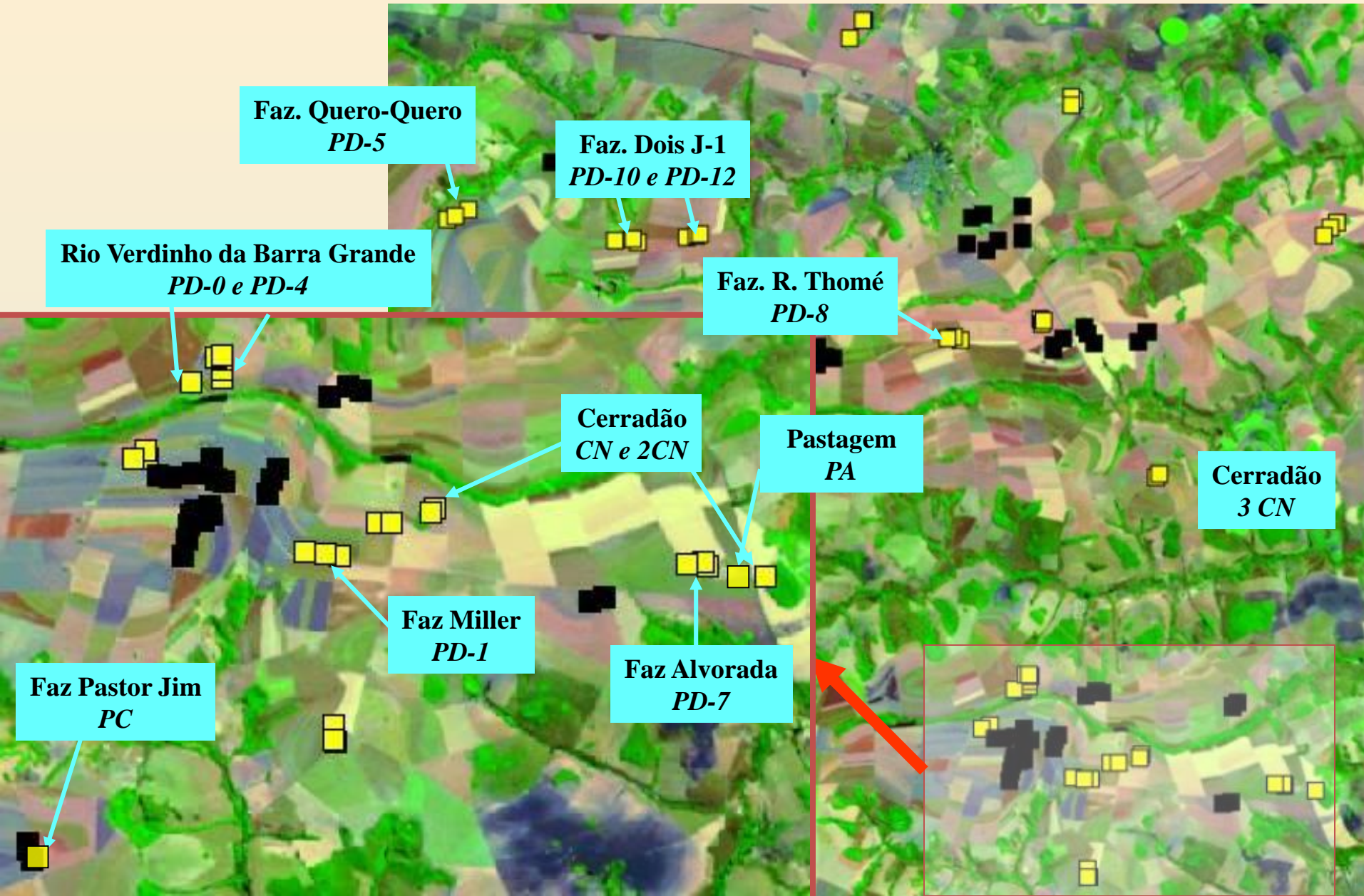
RS ?

Soja (ha plantado)

- V1 - Open Amazon forest
- V2 - Dense Amazon forest
- V3 - Atlantic forest
- V4 - Seasonal deciduous forest
- V5 - Seasonal semi-deciduous forest
- V6 - Mixed ombrophylous forest
- V7 - South savanna
- V8 - Amazon savanna
- V9 - Savanna (cerrado)
- V10 - South steppe
- V11 - Northeast steppe
- V12 - Western steppe
- V13 - Highland fields
- V14 - Pioneer formations
- V15 - Woody oligotrophic vegetation

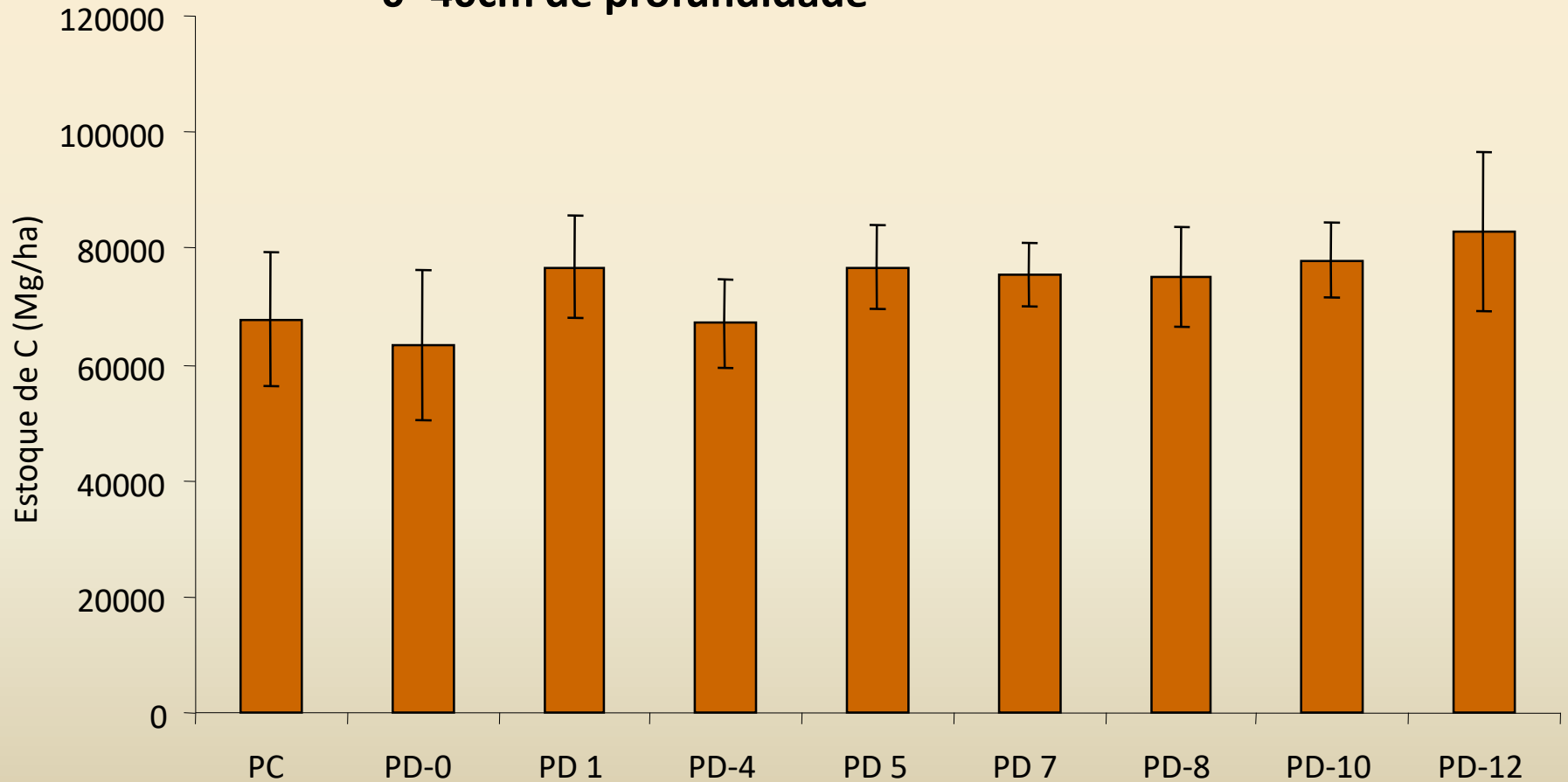


Localização das área amostradas - Rio Verde (GO)



Estoque de C do solo - Rio Verde (GO)

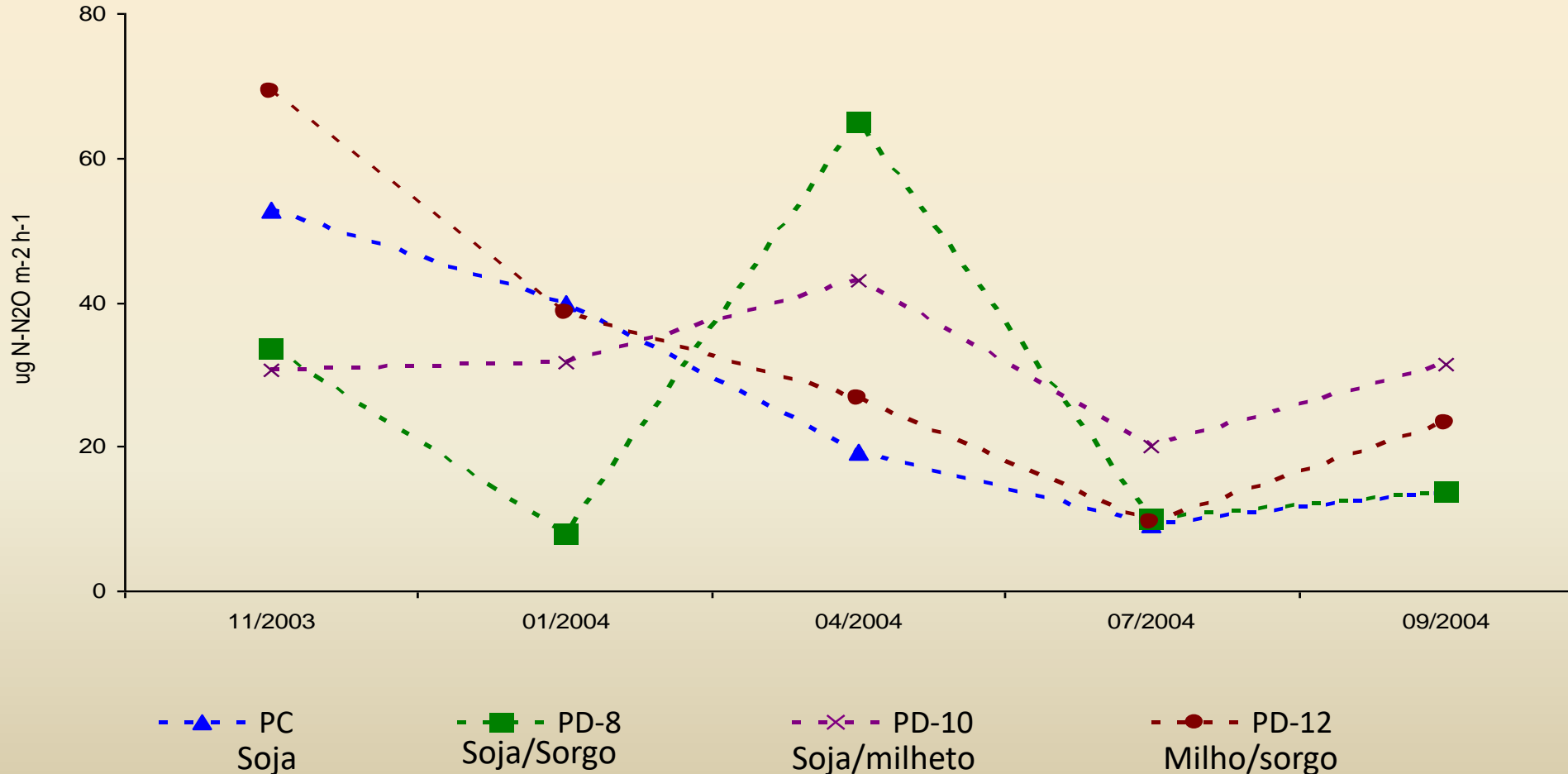
0- 40cm de profundidade



PC = Plantio Convencional ; PD = Plantio Direto

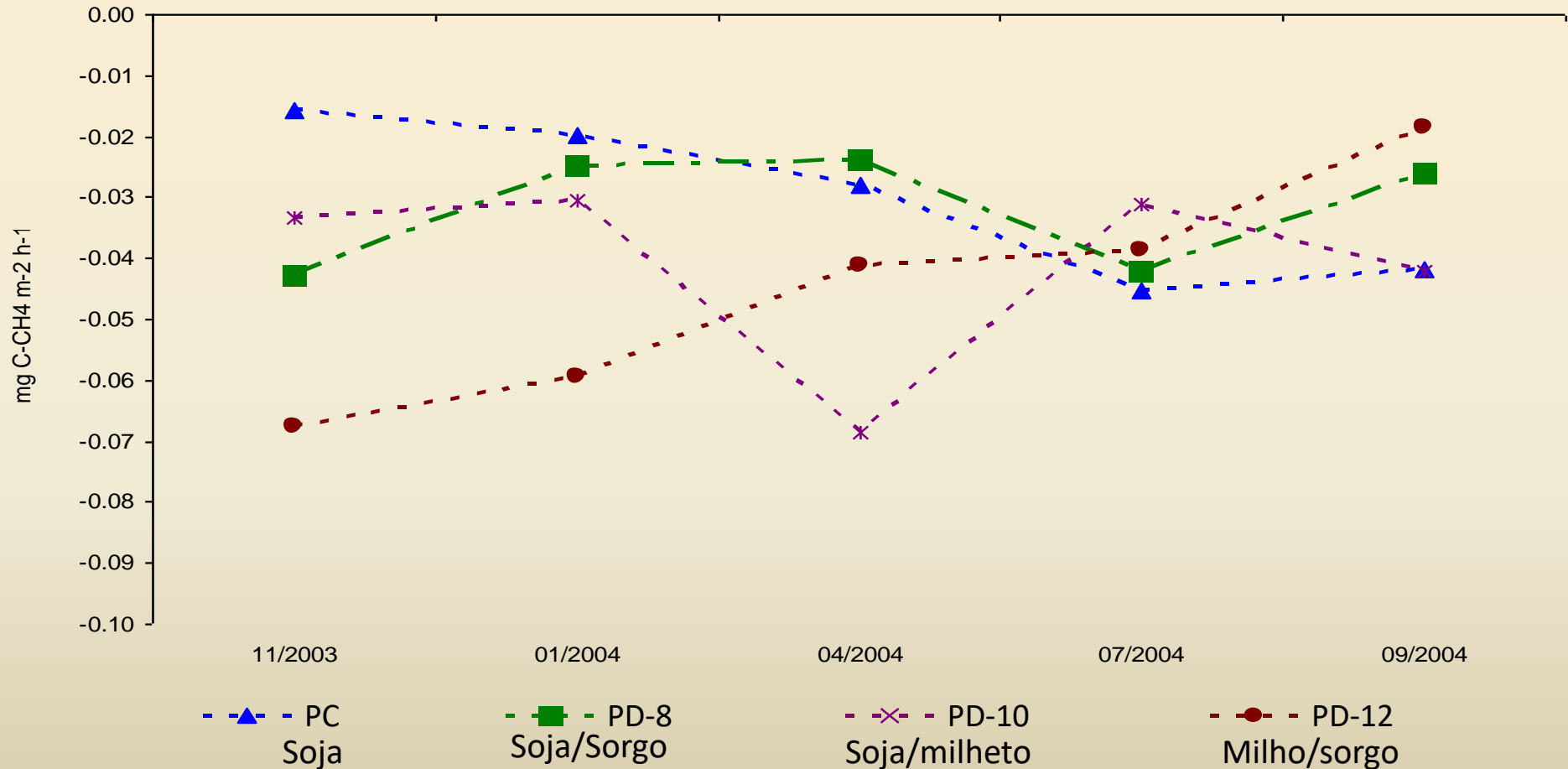
Fluxos de gases do efeito estufa - Rio Verde (GO)

Fluxo de N-NO₂



Fluxos de gases do efeito estufa - Rio Verde (GO)

Fluxo de C-CH₄



ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO E FLUXOS DE GEE: exemplos na agricultura, pecuária e reflorestamento no Brasil

Introdução

Estoque de carbono nos solos do Brasil

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao uso da terra

Geral do Brasil

Conversão de vegetações nativas em agricultura

Conversão de pastagens plantadas em agricultura

Mudança do estoque de carbono do solo devido ao manejo agrícola

Considerações finais

Aquecimento Global

Mudanças climáticas



Adoção de práticas conservacionistas





Manejo do solo



Manejo da água



Preservação da biodiversidade



Gases do efeito estufa



Adoção de práticas conservacionistas

