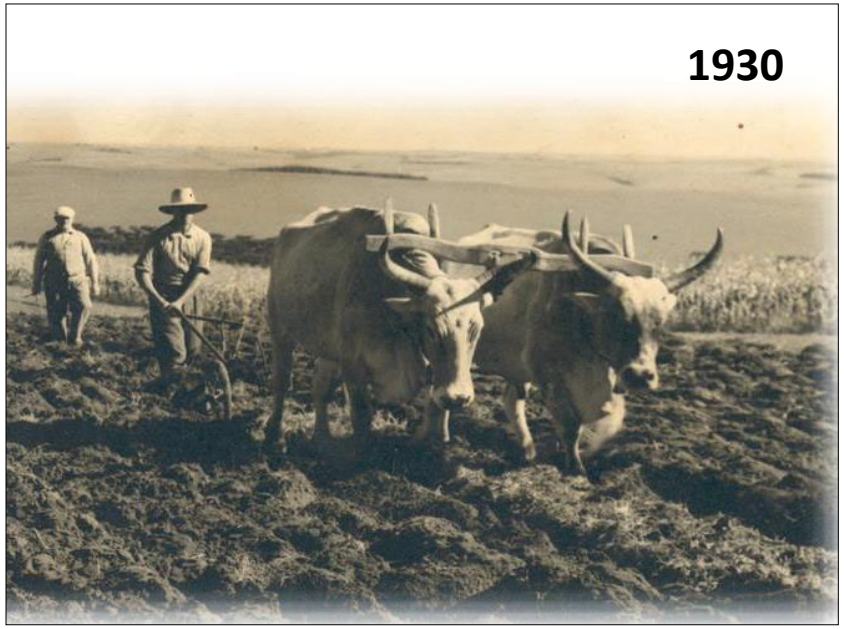
Feliz aquele que transfere o que
sabe e aprende o que ensina
Cora Coralina
Plantio direto
Prof. J. L. Favarin
Disciplina Sistemas de Produção
14/04/2020

Lavração de solo remonta à origem da agricultura

A lavração sempre existiu mais ou menos intensa e por razões diversas. À medida que adota o uso da grade aradora inviabiliza a produção sustentável.



A grade aradora, diferente do arado, aprofunda no solo pelo peso e impacto. Isso destrói os agregados do solo - 1ª fase da erosão (desagregação).

Origem da erosão. Erosividade e lavração

Lavração sempre existiu. No entanto, o uso da grade aradora combinada à erosividade das chuvas tropical e subtropical agravam a desagregação.

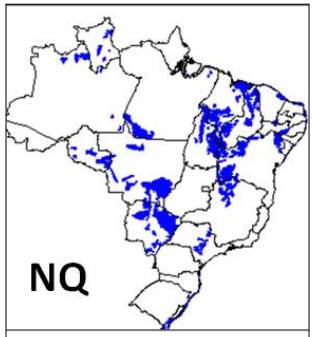
Desagregação - 1ª fase da erosão

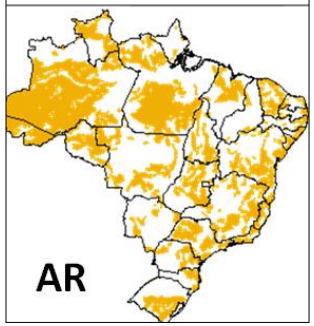
Transporte - 2ª fase da erosão

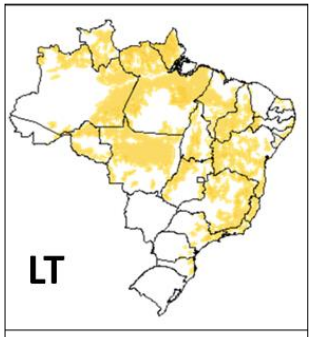
Solo desagregado reduz os macroporos, e prejudica a recarga hídrica do solo. Isso causa o aumento do deflúvio superficial - 2ª fase da erosão (transporte).

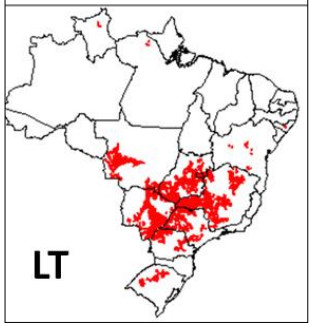
Origem da erosão. Erodibilidade e lavração

Lavração sempre existiu. O uso da grade aradora e a erosividade combinada à erodibilidade do solo aceleram as duas fases iniciais da erosão.









Portanto, a erosão era inevitável. A 3ª e última fase do processo se dá com a sedimentação das partículas, em consequência das duas fases anteriores.

Erosão. Impacto econômico e ambiental

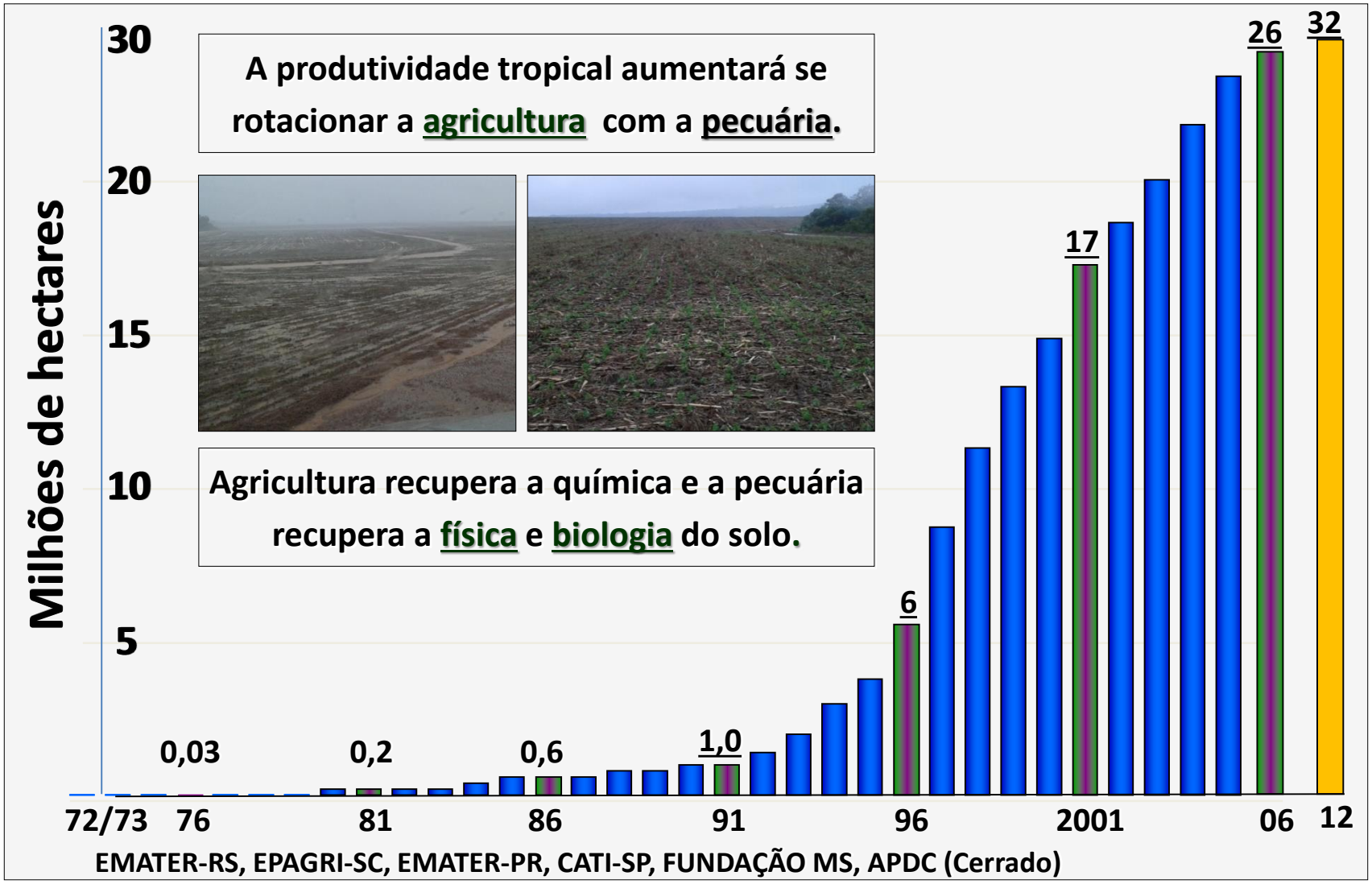
No ano de 1980 o Brasil produziu 80 milhões de toneladas de grãos em 30 milhões de hectares e perdeu cerca de 1,0 bilhão de toneladas de solo.

Neste ano (1980), o país perdeu 33,3 t/ha de solos ($1,0 \times 10^9 \div 30 \times 10^6$) e trocou 12,5 toneladas de solo por tonelada de grãos ($1,0 \times 10^9$ t solo $\div 80 \times 10^6$ t grãos).

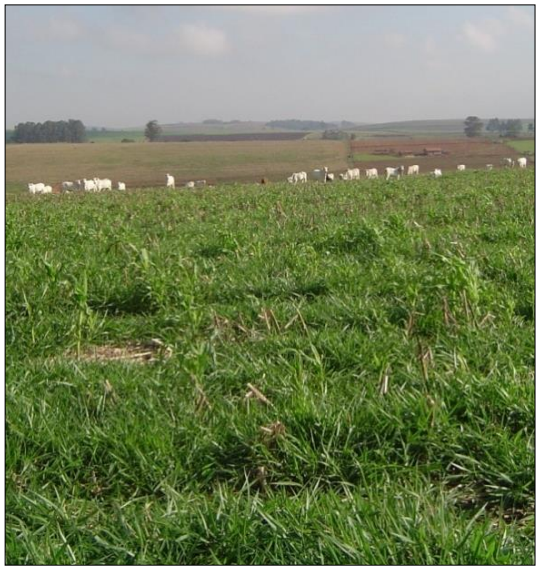
Estes indicadores evidenciam que o sistema de produção baseado na lavra do solo era insustentável. Algo precisava ser feito, porque o problema era recorrente. E foi feito!

Agricultores do Estado do Paraná buscaram uma saída para produzir sem erodir o solo, e esta veio com a agricultura sem lavração do solo (ASD).

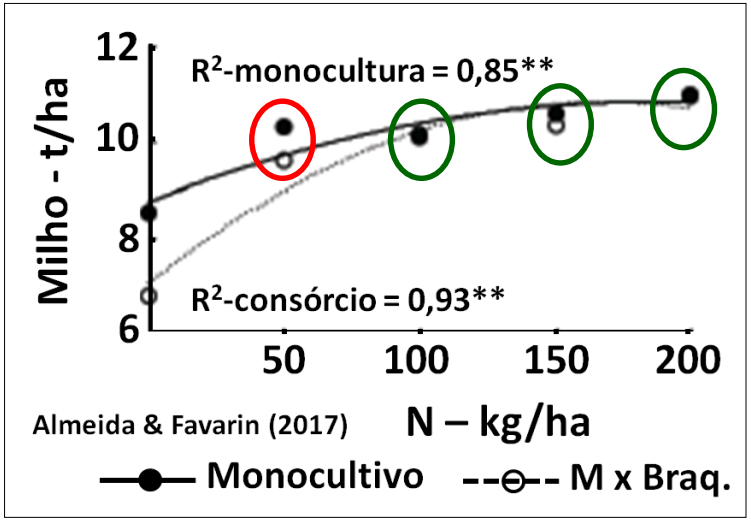
Agricultura sem lavração é um sistema de produção de baixo risco de **erosão**, graças à presença de **resíduos vegetais** sobre o solo, o qual se faz baseado na **rotação de culturas** para atenuar a ação **pragas, doenças e plantas daninhas**.



Consórcio. Semeação direta e integração



Consórcio de culturas



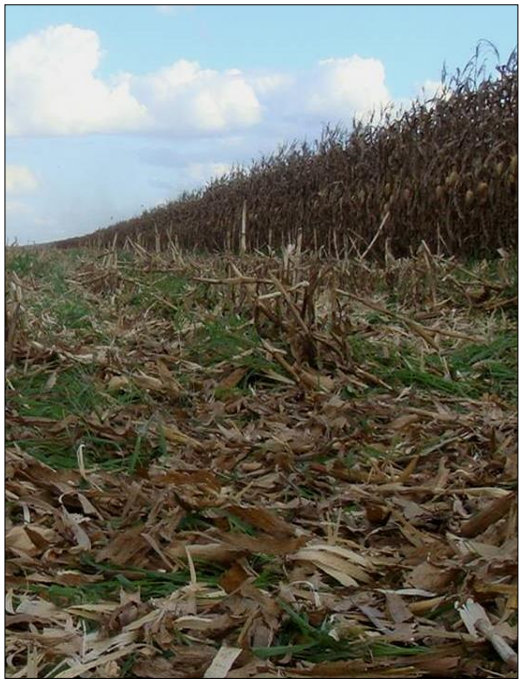
Arroz x cv. marandu	Grãos	Biomassa
	kg ha^{-1}	
Sertaneja	3.368 b	693,8 a
Primavera	4.081 a	448,3 b
Curinga	3.664 ab	377,2 b

Oliveira, Kluthcouski & Favarin (2014)

Consórcio de culturas

Correção do solo e subsolo - planta perene

Consórcio milho-braquiária. Competição por N ?



Tipos de consórcio	Milho sacas/ha	Braquiária MS (kg/ha)
Milho solteiro	189a	-
M x braq. lanço, plantio	186a	985a
M x braq. Sulco, plantio	186a	1.125a
M x braq. cobert. lanço, 4ª FL	189a	119b
M x braq. cobert. lanço, infl.	186a	22c

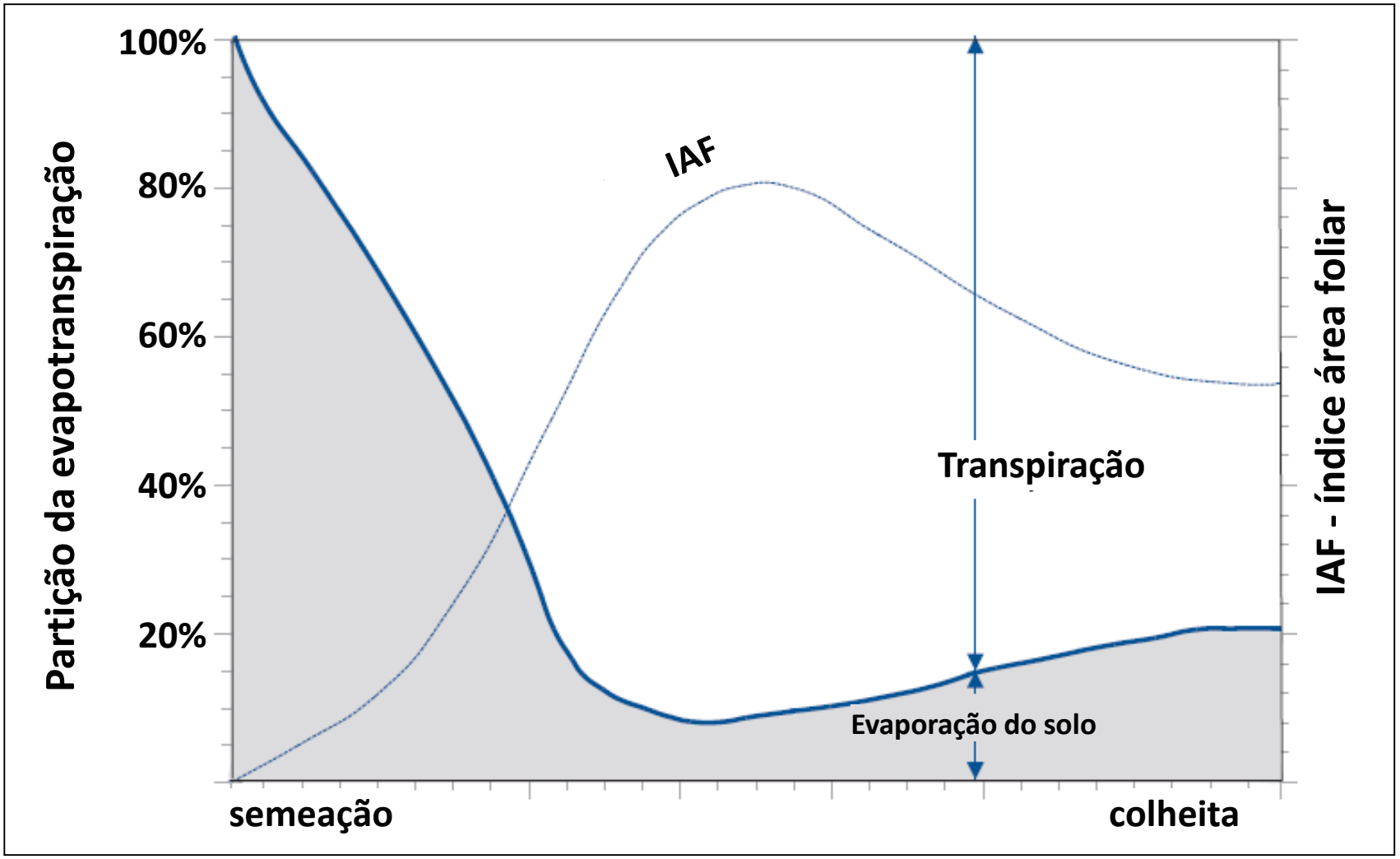
Favarin & Almeida (2010)

Braquiária absorveu 2,1 kg ha^{-1} de $^{15}\underline{N}$ do milho. Competição da forrageira por N variou entre 1,4% e 2,4% de 150 kg/ha de N aplicado na semeação. Dados médios de vários modos de consórcio (Favarin & Almeida, 2013).

Rotação agricultura-pecuária. Soja após 2 anos pasto

Acúmulo resíduo para menor evaporação no início ciclo

Partição da ET. Evaporação e transpiração

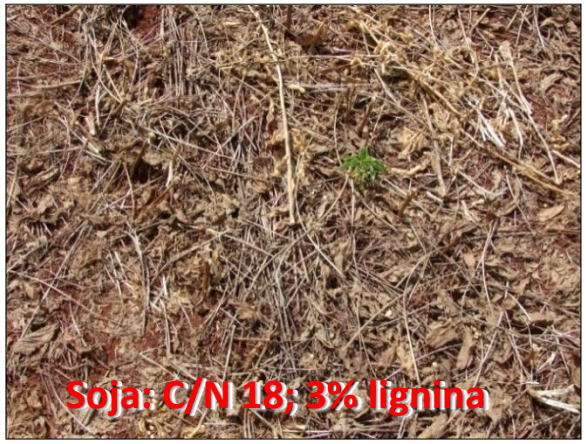


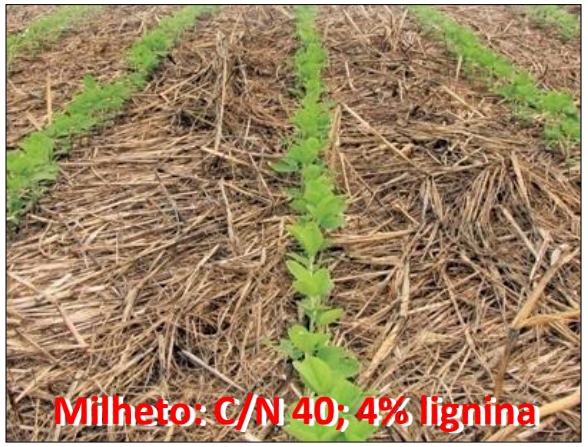
Quantidade de resíduos. Fora e dentro do solo

Uso/espécie	Biomassa seca	
	t/ha	kg/m^2/ano
Floresta tropical	**27**	**2,7**
Milho - 12 t/ha (1)	21,0	-
Resíduo caulinar	10,5	1,05
Resíduo radicular	10,5	1,05
Soja - 4,2 t/ha (0,4)	5,12	-
Resíduo caulinar	3,65	0,37
Resíduo radicular	1,46	0,15

Carbono no solo depende: clima, cultura (teor de C, IC e RA/PA), N, textura e mineralogia (90% do C está ligado a óxidos) e manejo do solo (lavração).

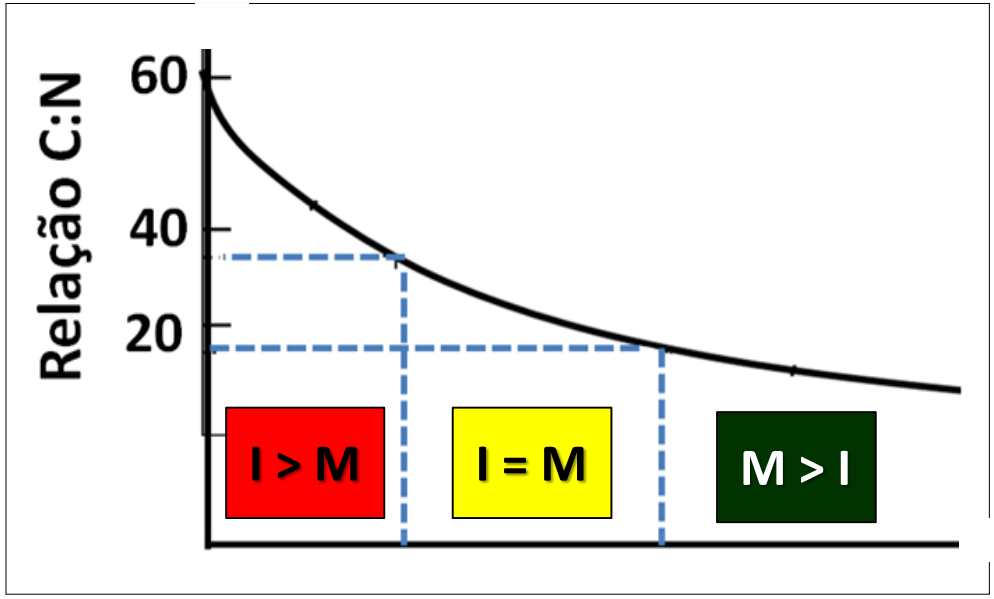
Qualidade de resíduos. Teor lignina e relação C/N



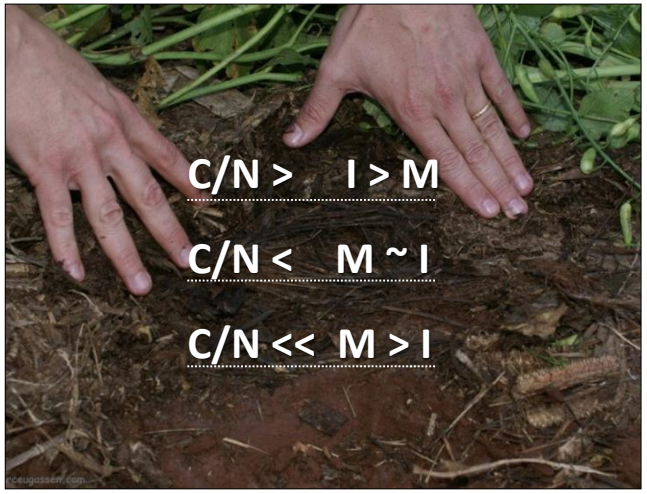


Degradação de carbono. Gradiente de resíduos

A degradação microbiana é difícil para materiais com relação C/N maior do que 50. Problema é ainda pior se na composição tem lignina e ceras.



Gradiente de degradação



No ambiente tropical é difícil produzir e acumular resíduos. Quantidade de resíduos depende de N. Difícil acumular resíduo no trópico (patina!!!).

Equilíbrio de carbono. Adição C = Degradação C

Adição via resíduos de raízes e parte aérea depende clima, ciclo e drenos da cultura, IC e relação RA/PA. Degradação biológica depende da quantidade e qualidade do resíduo e do sistema de produção (com ou sem a lavração solo).

$$dc/dt = CA \times k_1 - CS \times k_2$$

$$CA \times k_1 - CS \times k_2 = 0$$

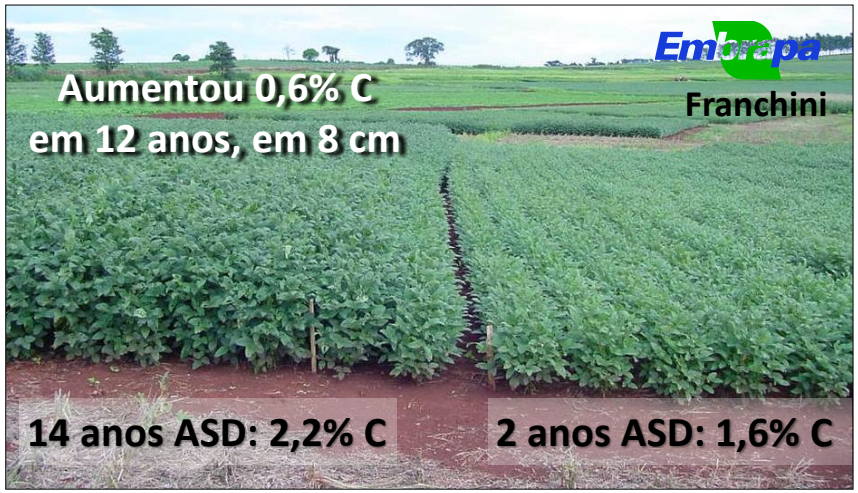
$$CA \times k_1 = CS \times k_2$$

A taxa anual (k_2) varia com a umidade, temperatura, mineralogia, textura e manejo do solo (ASD - 2,9% e lavrado - 5,4%). No clima tropical k_2 pode chegar 10% (0,1 ano^{-1}) e menos de 2% (0,02 ano^{-1}) no temperado. Taxa k_1 de 20 a 30%.

Recuperação física do solo. Agricultura-pecuária

Raízes deixam canais/bioporos, fundamentais para aeração e recarga hídrica do solo e subsolo. A forrageira adiciona carbono (1 t de C retêm de 3 a 5 mil L de água).

camada solo	C solo	C - nativo		C - pasto	
	t/ha	t/ha	%	t/ha	%
Vegetação cerrado					
20 cm	11,2	11,2	100	-	-
Pasto braquiária - 10 anos					
20 cm	15,1	7,2	48	7,9	52



Água e mecanismos de contato nutriente-raiz

Movimento em massa - $q = K(\Theta) \times \Delta\Psi/x$. Íons e moléculas, inclusive de água, movem-se graças ao gradiente de potencial da solução ($\Delta\Psi$) entre o solo e as raízes (x), e depende da condutividade hidráulica (K), medida da facilidade de o solo conduzir água, uma função exponencial do teor de água do solo (Θ).

Fluxo de massa na planta

$$FM = V_{H2O} \times Cs$$

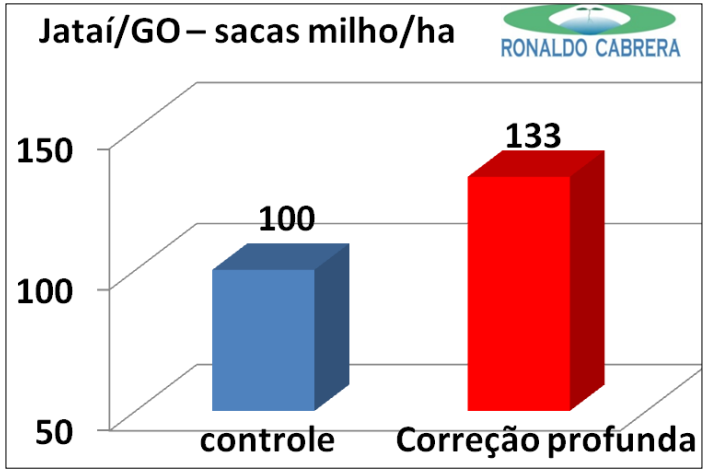
regulado pelo gradiente de potencial entre a atmosfera e a folha e entre a folha e a raiz da planta.

Difusão - $DI = Df \times \theta \times \Delta Cs/x$): movimento individual de íons dissolvidos na solução do solo (Θ) por causa da energia cinética apropriada das colisões entre íons de uma zona concentrada para a rizosfera - menos concentrada (ΔCs) a certa distância (x).

Calcário. Correção do solo e subsolo (água)

Atributos solo	0 a 20	0 a 5
pH $CaCl_2$	4,5	6,0
P (mg/dm)	12	62

Calcário: sal básico insolúvel (14 g/1000 L) reage em solo ácido. Implantação ASD calcário ação residual bem fundo, na superfície calcário mais reativo.



Produtividade (EC). Gesso agrícola e água subsolo

Safra 13/14: milho - 143,3 sacas/ha
Safra 14/15: milho - 167,3 sacas/ha
Safra 15/16: milho não respondeu!

Safra 13/14: milho - 124,2 sacas/ha
Safra 14/15: milho - 128,0 sacas/ha
Safra 15/16: milho não respondeu!

Gesso agrícola. Método para cálculo da dose

Há consenso sobre as condições de solo para uso de gesso. No entanto, não se pode dizer o mesmo sobre métodos para o cálculo da dose.

Reação do gesso agrícola no solo

$$(CaSO_4)_{sólido} + H_2O \Longleftrightarrow Ca^{2+} + SO_4^{2-}$$

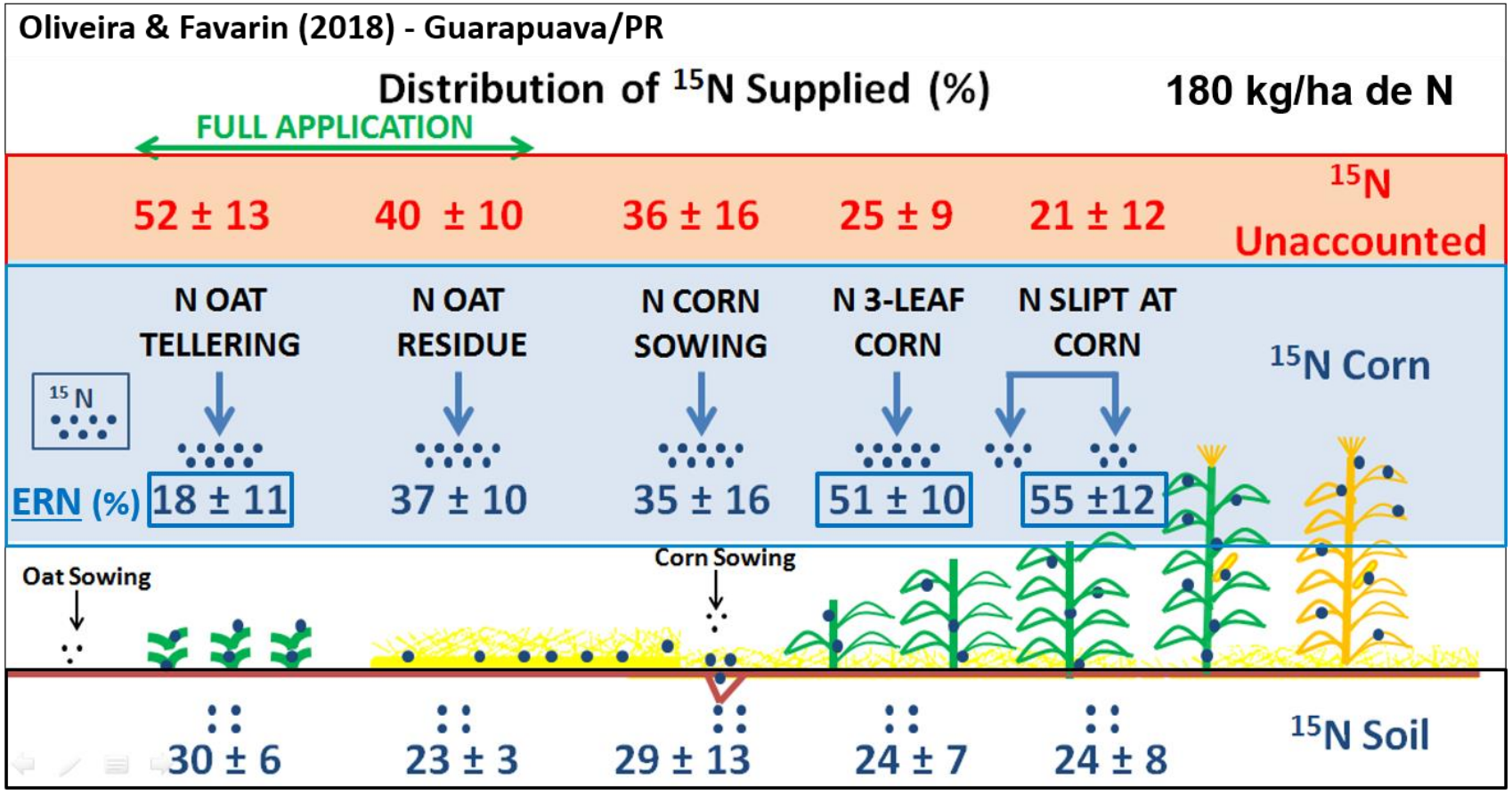
Pesquisa recente propôs um método com alta correlação significativa entre produtividade e dose de gesso (R = 0,86) (Caires & Guimarães, 2018), maior que o método baseado no teor de argila (R = 0,43) (Raij et al., 1997).

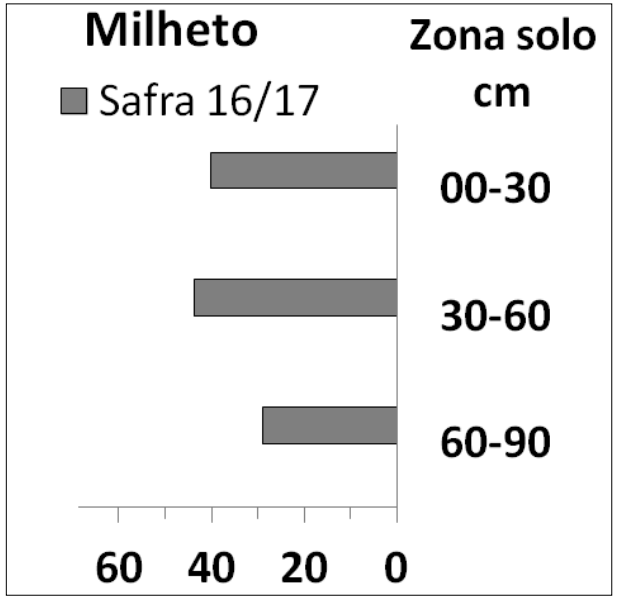
$$DG = [(0,6 \times CTCe) - Ca\ trocável] \times 6,4$$

Elevar a CTC efetiva a 60% com Ca na camada de 20 a 40 cm

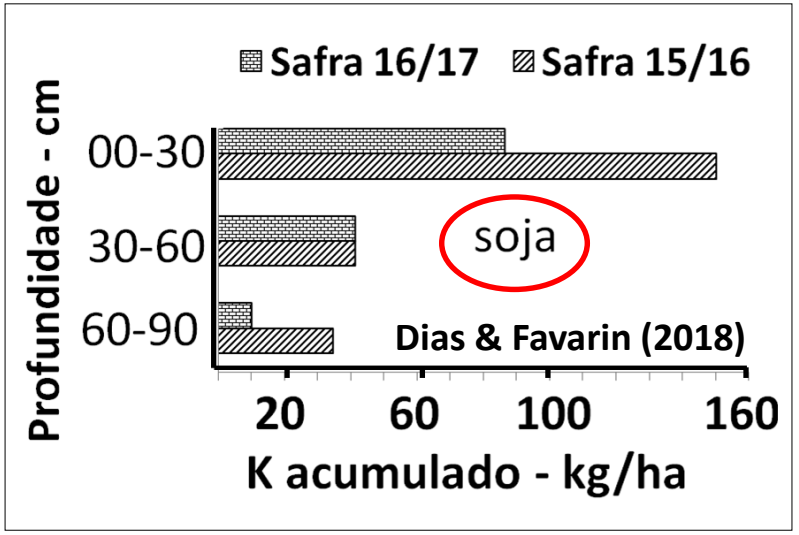
Adubação de sistema ou da cultura?

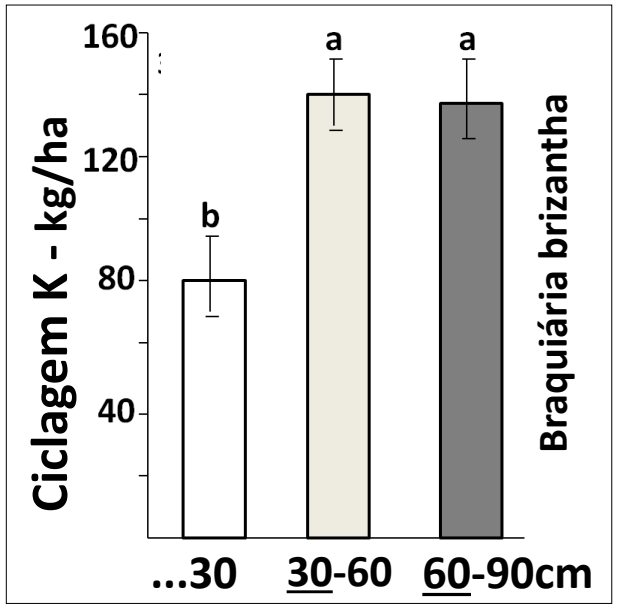
Antecipar a adubação reduz a eficiência e perde N-volatilizado da planta e resíduo.



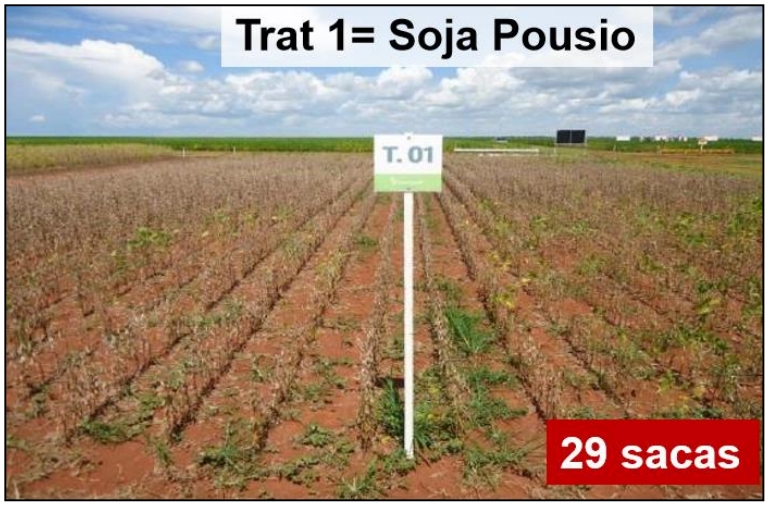


Capacidade de reciclar potássio





Rotação de culturas. Biologia do solo



Experimento de rotação de 2008/2015

Produtividade semelhante nos primeiros seis cultivos seguidos (2008/09 até 2013/14).

Do 7° cultivo (2014/15) em diante usou cultivar super precoce (TMG-7262RR), mais o veranico em 01/15 - diferença 30 sacas/ha.

Variáveis analisadas	Soja pousio	Soja Braq
MOS (g/kg)	28,3	42,3
pH H_2O	6,3	6,4
Mg ($cmol_c/dm^3$)	2,2	3,1
K ($cmol_c/dm^3$)	0,34	0,39
C-BM (mg C/kg solo)	131	410
β-glicosidase	64	233
Arilsulfatase	28	223

Profissional inteligente sabe praticar a teoria!

J. L. Favarin

Até mais...

favarin.esalq@usp.br

Prof. José Laércio Favarin

Departamento de Produção Vegetal

Setor agricultura