



Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola

Uso de inibidor de urease para aumentar a eficiência da uréia

**Heitor Cantarella
&
Rafael Marcelino**



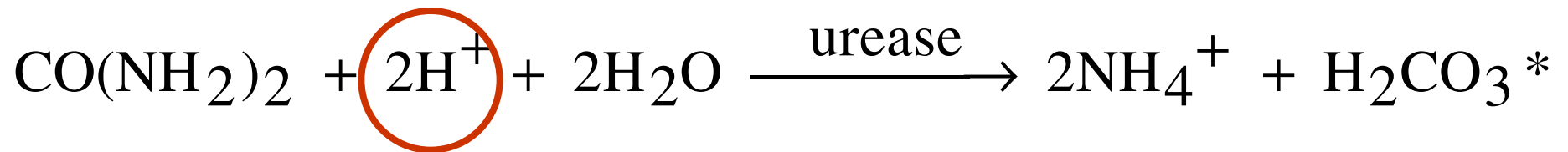
Fertilizante: uréia

- **Principal adubo sólido no mercado mundial**
 - **46% N**
 - **Síntese: $\text{NH}_3 + \text{CO}_2$**
 - **Preço N: $\text{UR} < \text{NA} < \text{SA}$**
- **NA: restrições crescentes à produção, transporte e estocagem**

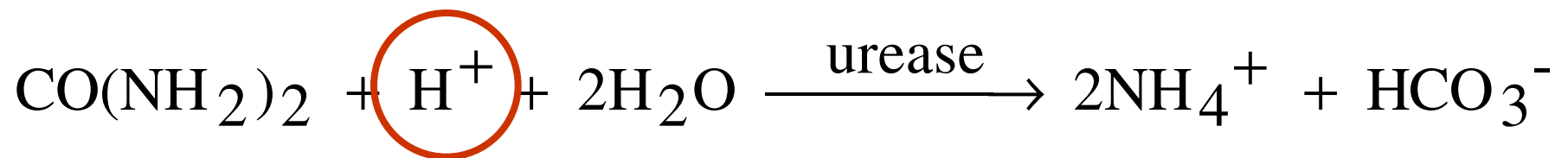
Uréia: principal desvantagem

■ Perda de N por volatilização de NH₃

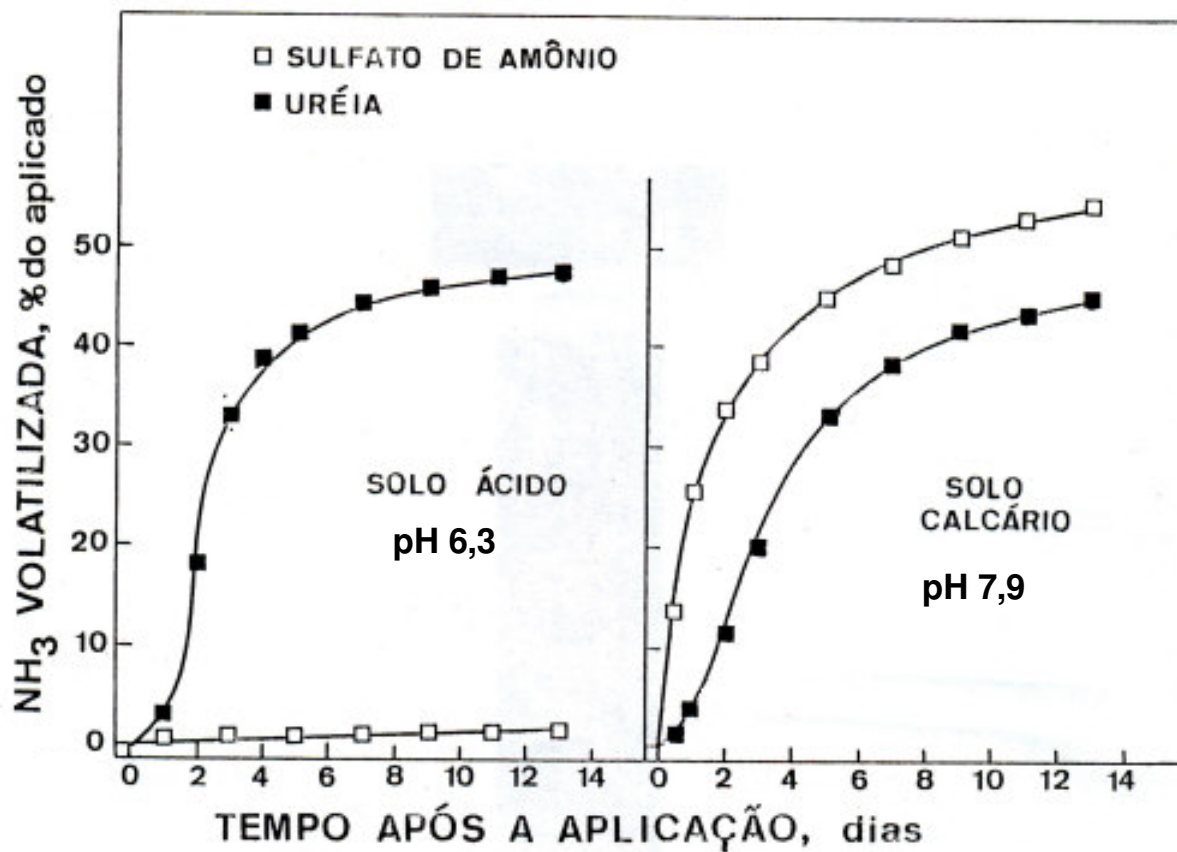
Em solos com pH < 6,3 :



Em solos com pH mais elevado (≥ 6,3) :



Volatilização de NH_3 com UR e SA: efeito do pH do solo





Urease

- **Enzima responsável pela hidrólise da uréia**
- **Comum na natureza (microrganismos, plantas e animais)**
 - **Solo: origem em resíduos de plantas e síntese por microrganismos**
- **80-90% atividade no solo: enzimas extracelulares adsorvidas a colóides**

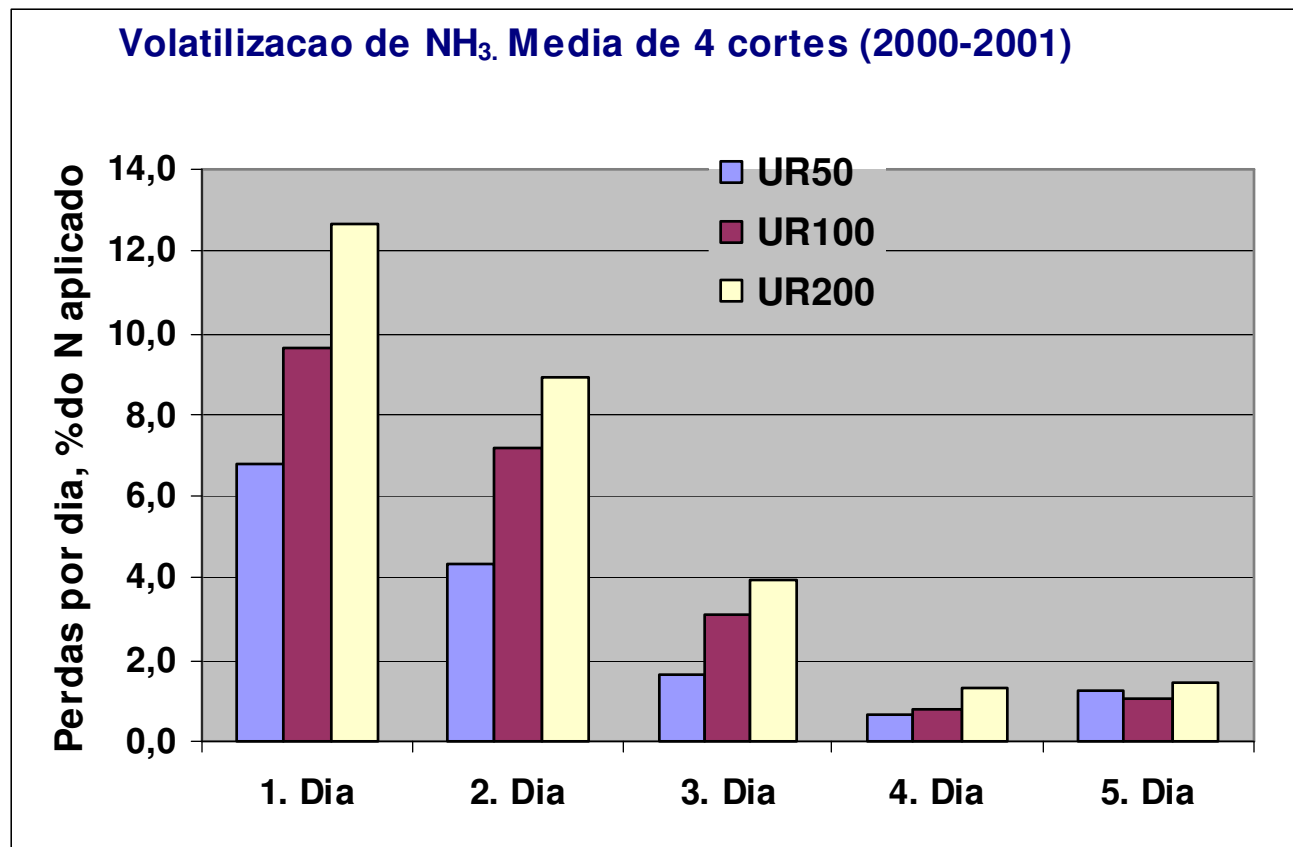


Efeito do manejo do solo sobre a atividade da urease

	Atividade da urease (10 mm)	
	Local 1	Local 2
	$\text{mg N-NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$	
Convencional	12,1	9,7
Cultivo mínimo	41,4	12,4
Plantio direto	45,2	35,0
Resteva de trigo		376,0

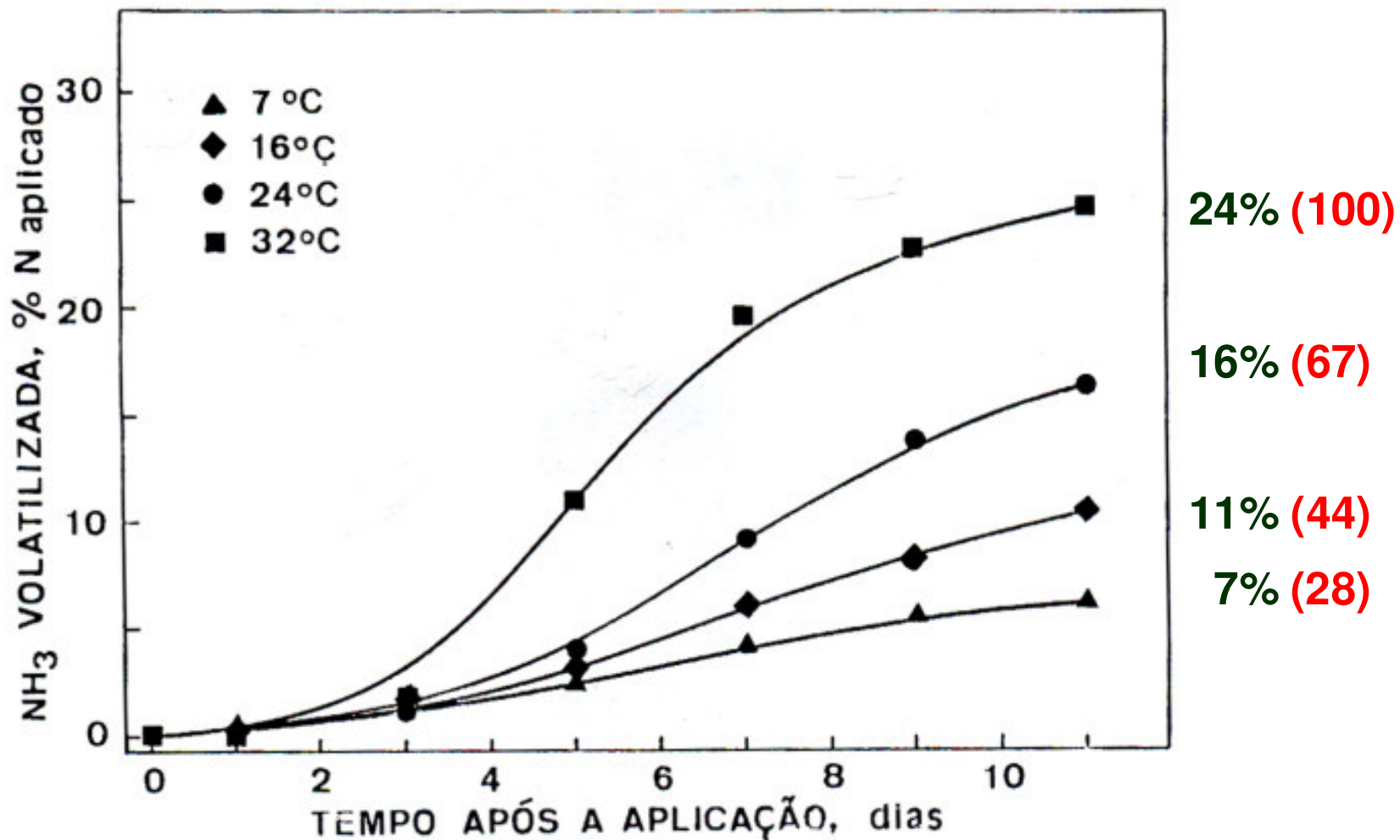
Fonte: Barreto & Westerman, 1989

Hidrólise rápida da uréia em áreas com muita MO

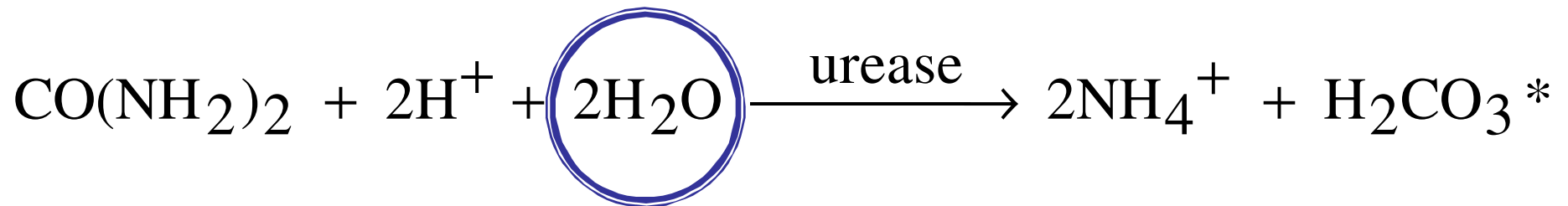


Em pastagem, a volatilização de NH_3 ocorre com muita rapidez, no primeiro e segundo dias principalmente

Atividade de urease: efeito da temperatura



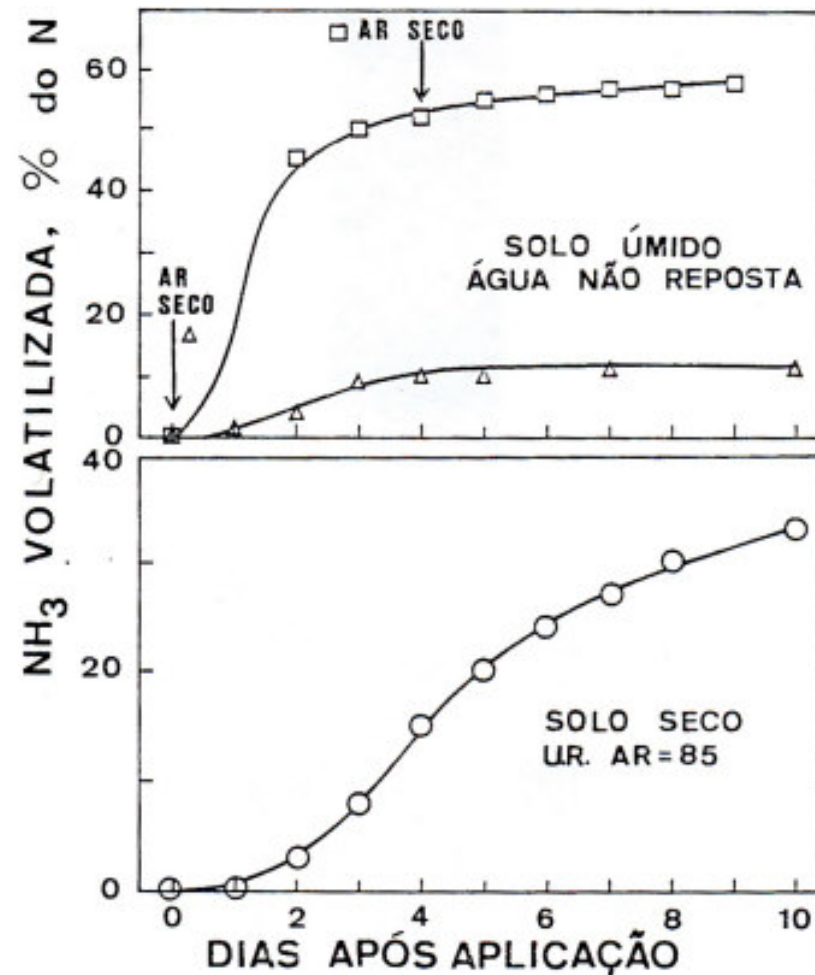
Volatilização de NH₃: efeito da umidade



- **Atividade da urease aumenta com a elevação da umidade do solo. A partir de 25% umidade, o efeito é pequeno.**

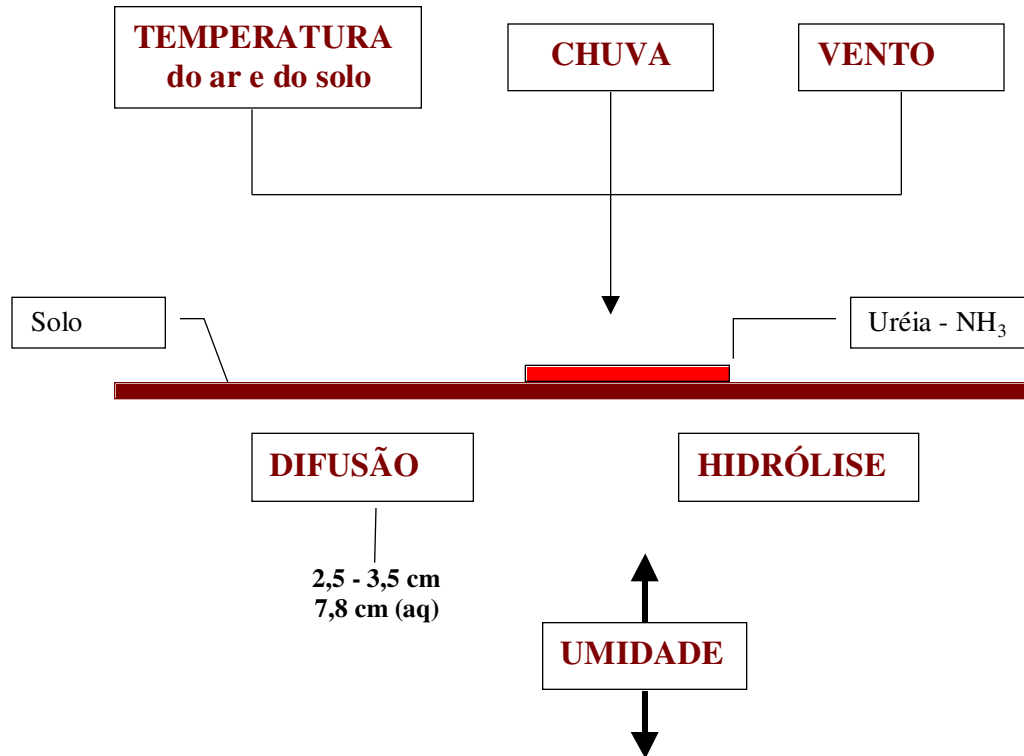
Volatilização de NH_3 : efeito da umidade

- Solo seco: a volatilização é baixa
- A água que evapora do solo é importante também para carregar a NH_3 produzida para a atmosfera



Adaptado de Reynolds & Wolf, 1987

FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM AS PERDAS DE N POR VOLATILIZAÇÃO DE NH₃



UMIDADE: dissolução e hidrólise necessárias para volatiliz.
Evaporação (maiores perdas com solo secando)
Chuva enterra a uréia (10 - 20 mm)
Solo seco: hidrólise e volatilização cessam



QUANTA CHUVA É NECESSÁRIA PARA ENTERRAR URÉIA

- **Enterrar: 5-10 cm são suficientes**
- **CHUVA:**
- **Dados de outras culturas/sistemas:
10 - 20 mm**

Perdas de NH₃ em cana crua

Sertãozinho, SP

Fontes de N	Modo de aplicação	Perdas de N por volatilização de amônia nos anos	
		1997	1999
		----- % do N aplicado -----	
Uréia	Superfície	25,2	37,6
	Incorporado	1,0	0,9
Nitrato de amônio	Superfície	0,3	1,0
	Incorporado	0,3	0,4

Cantarella et al., 2002



Quanta chuva é necessário em sistemas com palha na superfície?

10 mm	insuficiente para redução efetiva	Hayson et al. 1990
>16 mm	Necessário para redução	Freney et al, 1991
23 mm	Aparentemente não suficiente	Calcino & Burgess, 1995
28 mm	Pouca redução em milho em plantio direto	Lara Cabezas et al., 1997
38 mm	Ainda houve perda significativa	Oliveira et al., 1997
100 mm	Ainda houve perdas	Prammanee et al., 1989



UMIDADE DO SOLO & HIDRÓLISE DA URÉIA

- **SOLO SECO:**

- Não há hidrólise da uréia

- **ORVALHO:**

- Dados da Austrália mostram a importância do orvalho (0,1 a 0,5 mm/noite). Inicia a hidrólise e o processo de volatilização se estende por longos períodos (lentamente)
- É preciso avaliar esses efeitos nas condições do Brasil, especialmente no inverno

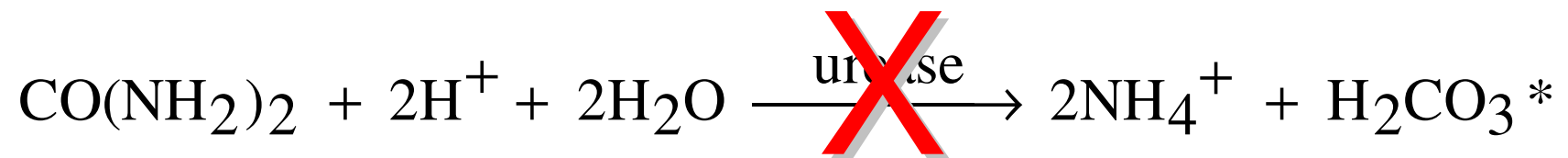


Modificações na uréia para reduzir perdas

- **Recobrimento (S, polímeros)**
- **Adição de ácidos e sais**
- **Mistura com outros fertilizantes**
 - **Geralmente alto custo (uréia encapsulada) ou baixa eficiência (misturas e adição de ácidos)**



Inibidor de urease



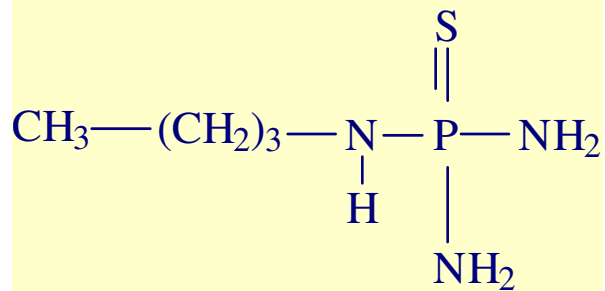


Inibidores de urease

Vários compostos testados

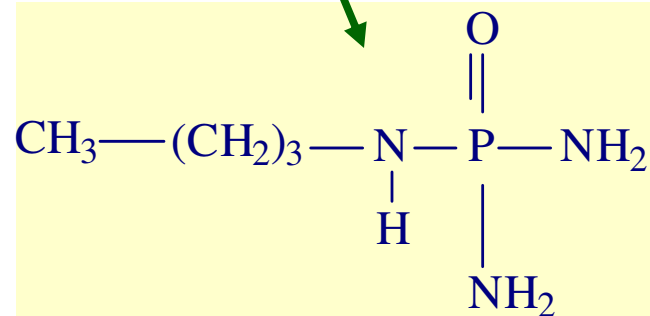
- **Metais: Ag, Hg, Cd, Zn, Sn**
 - **Baixa eficiência, poluentes**
- **Tiofosfato de amônio**
 - **Baixa taxa de inibição, altas doses**
- **Análogos de uréia**
 - **Muitos produtos testados**
 - **Melhores resultados: PPD e NBPT**

NBPT



**Tiofosfato de N-n-butiltriamida
(NBPT)**

**Após algumas horas o
NBPT é oxidado no
solo a NBPTO**



**Fosfato de N-n-butiltriamida
(NBPTO)
(Análogo de oxigênio)**



- **Formulação comercial desde 1996, contendo 20 a 25% de NBPT + solvente**



NBPT

- **Eficiente para inibir a urease em baixas concentrações**
 - **Testes com 500 a 4000 mg NBPT/kg uréia (0,05 a 0,4%)**
 - **Recomendação do produto comercial: 2,5 a 5 L/t UR**
(~500 a 1000 mg NBPT/kg UR)



Estabilidade do NBPT: armazenamento por 60 dias

Uréia + NBPT (2500 mg/kg):

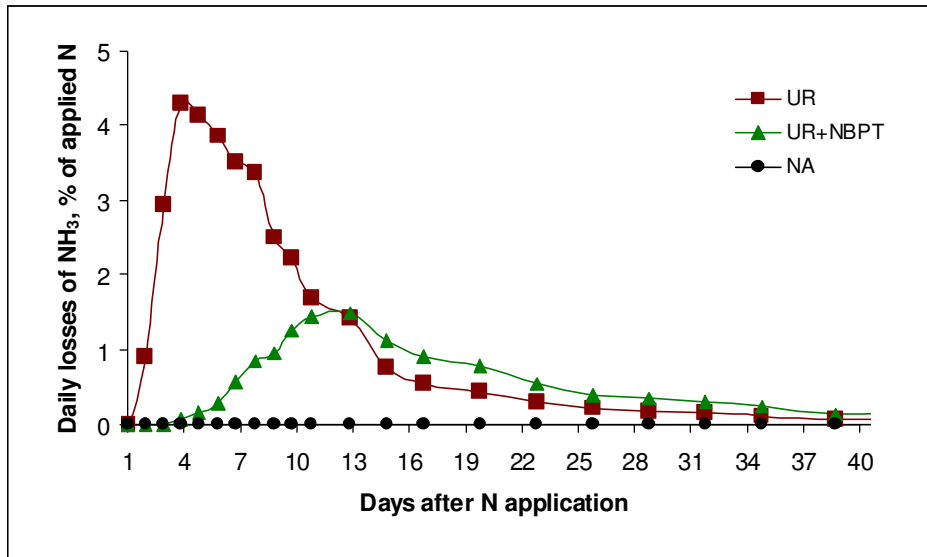
- 40°C – eficiência de 76% da original
- 25°C – eficiência 87
- **Uréia + turfa + NBPT**
 - 40°C – eficiência 0%
 - 25°C – eficiência 32%
(Giocchini et al. 2000)
- **Fabricante: armazenamento por 6 semanas sem degradação significativa**



Estabilidade do NBPT: no solo

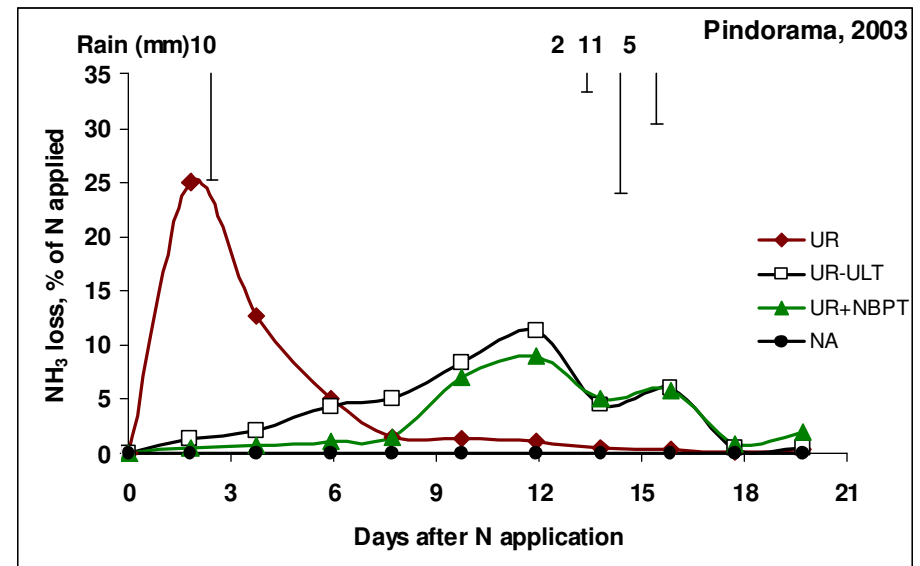
- **3 a 15 dias dependendo da temperatura e umidade**
 - **Testes feitos no Brasil: 3 a 7 dias**

Estabilidade do NBPT: no solo (UR na superfície)

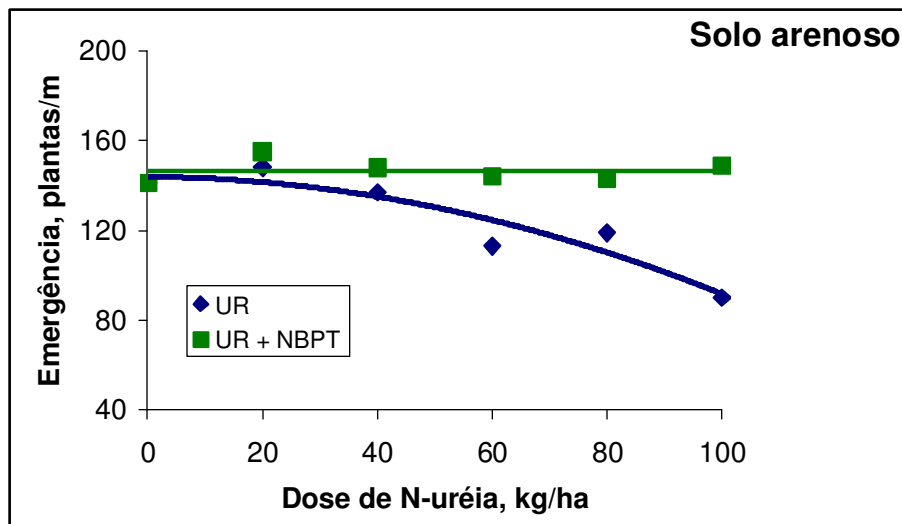
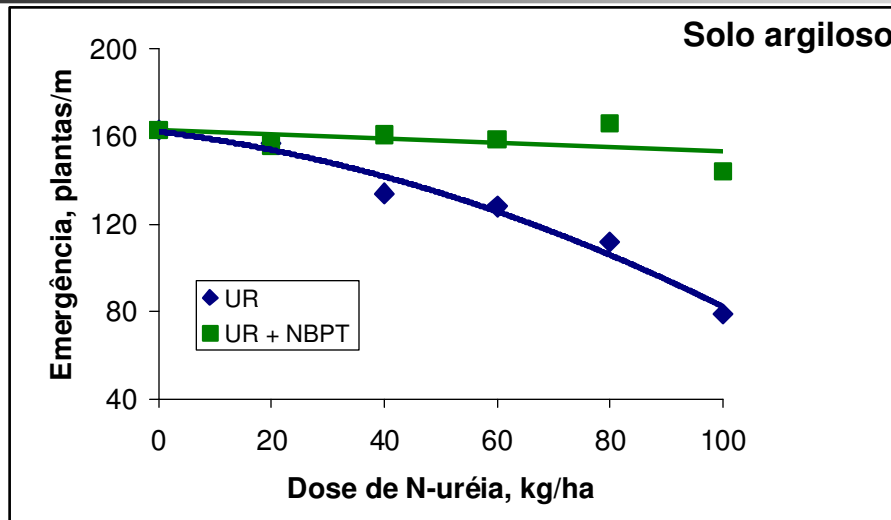


Laboratório

Campo, Pindorama
(Mai-Jun 2003)

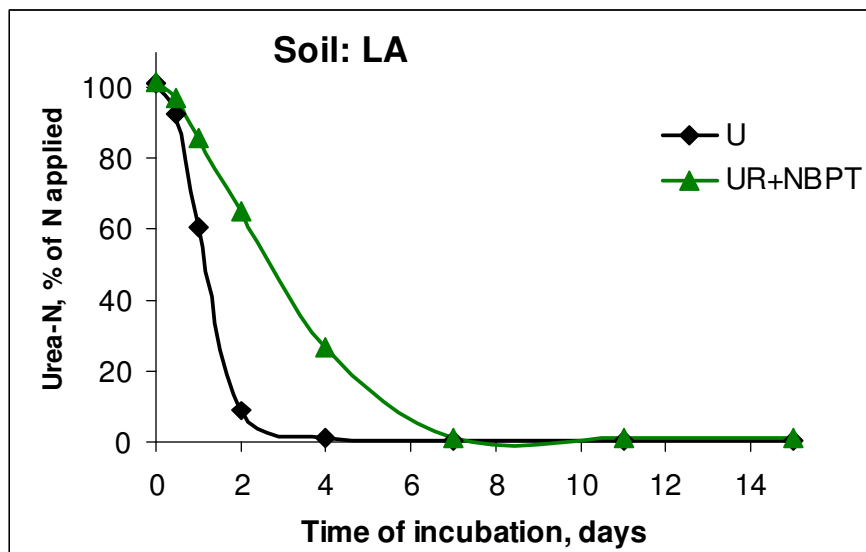
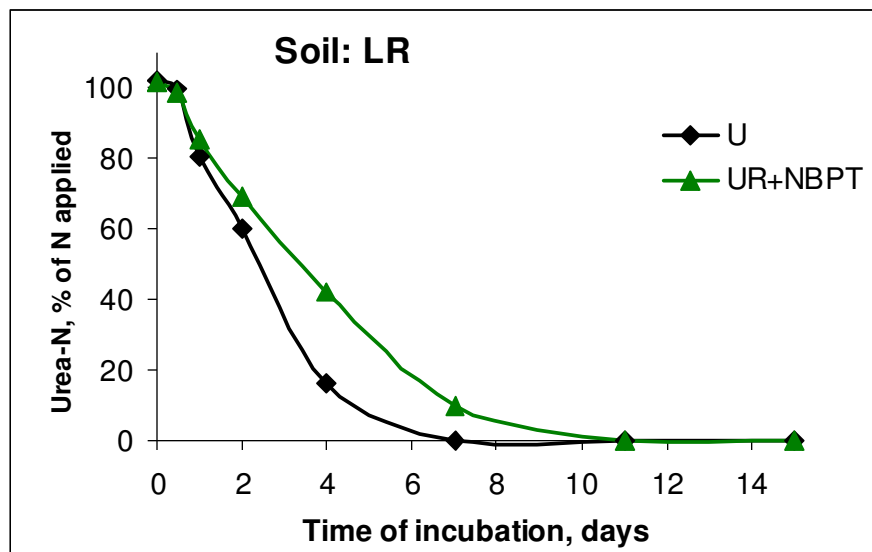


Germinação de cevada: UR x UR-NBPT



- UR: redução na germinação.
- NBPT: não afetou germinação.
- Possibilidade de aumento de doses de N-uréia na semeadura em SPD??
- Solos com altas temperaturas, efeito do NBPT pode ser menos duradouro.

Estabilidade do NBPT: no solo (UR incorporada)



	Uréia remanescente após 4 dias (%)	
	UR	UR-NBPT
LR	16	62
LA	1	27

Produção de milho (EUA) com e sem NBPT

Dose de N	Ano	Produção de grãos com		
		UR *	UR + NBPT *	NA **
kg/ha		----- t ha ⁻¹ -----		
56 kg N ha ⁻¹	1989	5,4	6,3	6,2
	1990	6,7	6,8	5,5
	1991	6,5	6,5	6,8
	Média	6,2	6,5	6,2
111 kg N ha ⁻¹	1989	7,0	8,6	7,9
	1990	7,5	8,2	7,7
	1991	7,5	7,7	8,4
	Média	7,3	8,2	8,0
167 kg N ha ⁻¹	1989	7,9	9,2	8,9
	1990	8,8	8,3	9,5
	1991	6,8	8,5	7,7
	Média	7,1	7,8	7,6

* = fertilizante aplicado em cobertura (faixas);

** = fertilizante aplicado em cobertura (área total).

Produção de milho (EUA). Resumo de grande número de ensaios responsivos a N

Fonte de N	Número de ensaios	Produção de grãos		
		Com NBPT	Sem NBPT	Acréscimo (NBPT)
		----- t ha ⁻¹ -----		
Uréia	316	8,02	7,13	0,89
Uran	119	8,21	7,62	0,56

Experimentos com NBPT em milho no Brasil

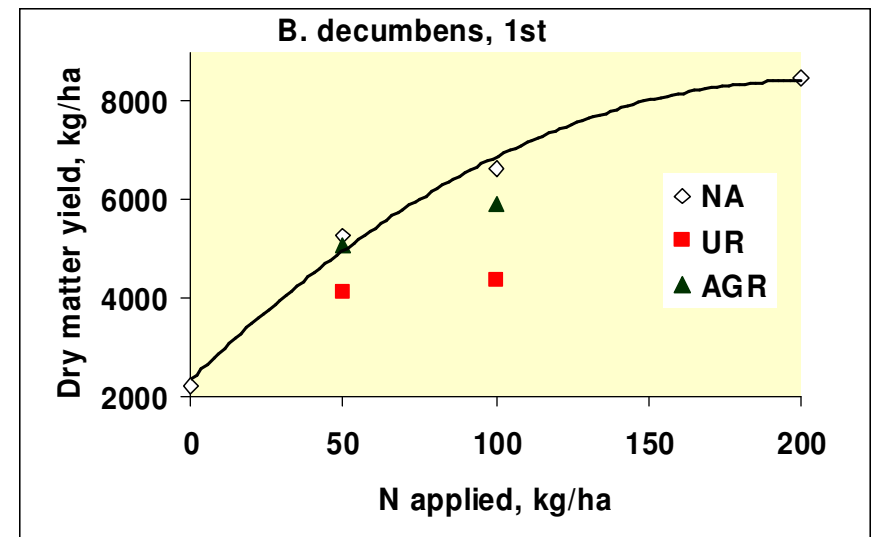
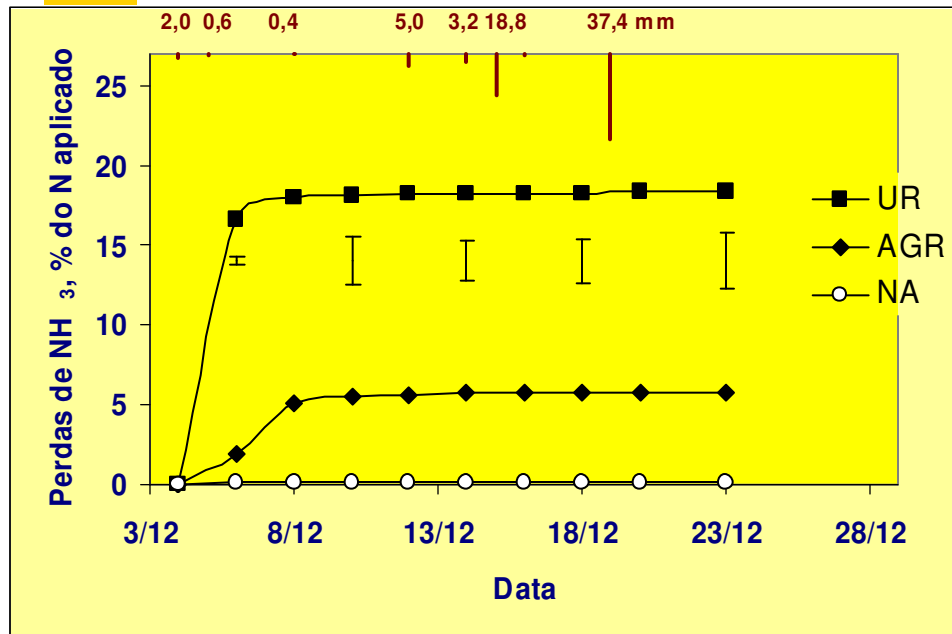


- 8 ensaios de campo, em SPD
- 4 ensaios com avaliação de perdas de N por volatilização de NH_3

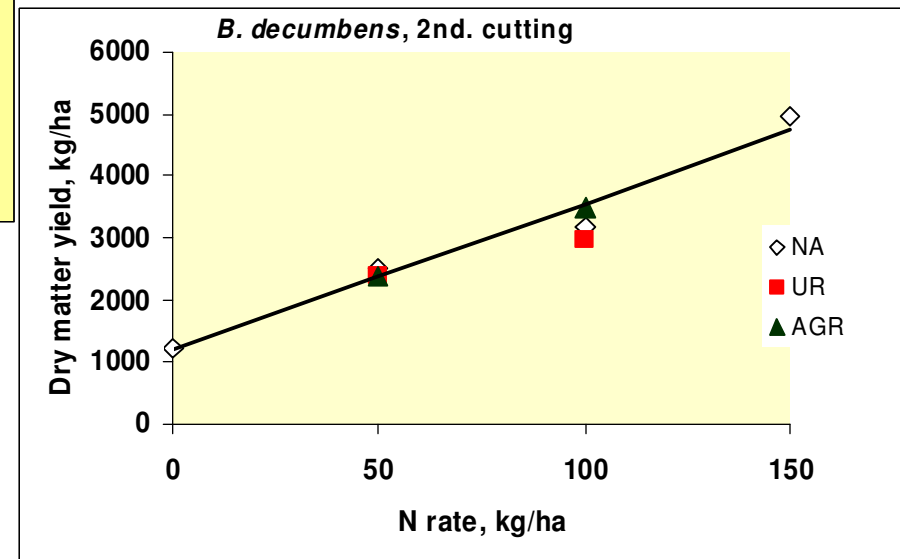
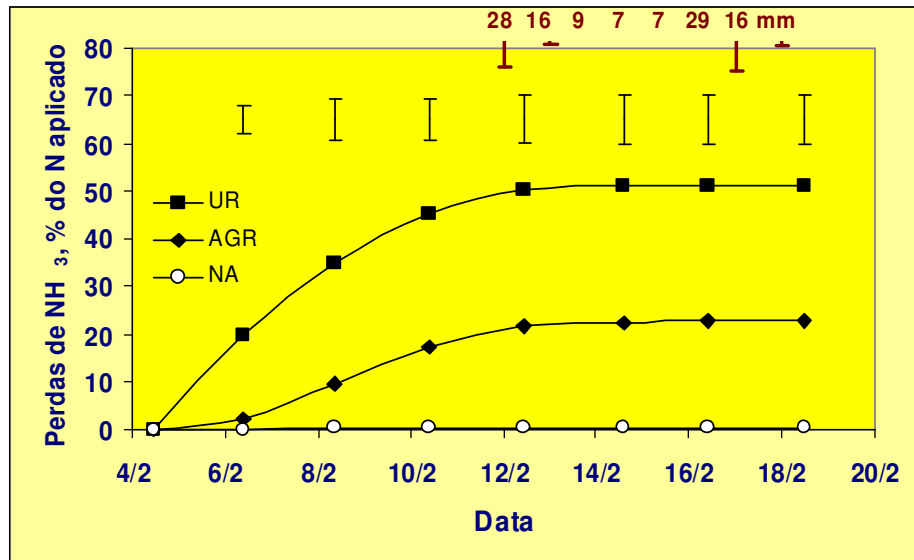
Perdas de NH₃ em campo. Brasil

Cultura/Local	Volatilização de NH ₃ (Percentagem de redução comparado à uréia)	
	UR	UR-NBPT
	----- % do N aplicado -----	
Milho Mococa	45	24 (47)
Milho Rib. Preto	37	5 (85)
Milho Mococa	64	22 (65)
Milho e Pindorama	48	34 (29)
Pastagem 1	18	6 (69)
Pastagem 2	51	22 (56)
Pastagem 3	18	3 (83)
Pastagem 4	18	2 (89)
<i>Média</i>	<i>37</i>	<i>15 (60)</i>

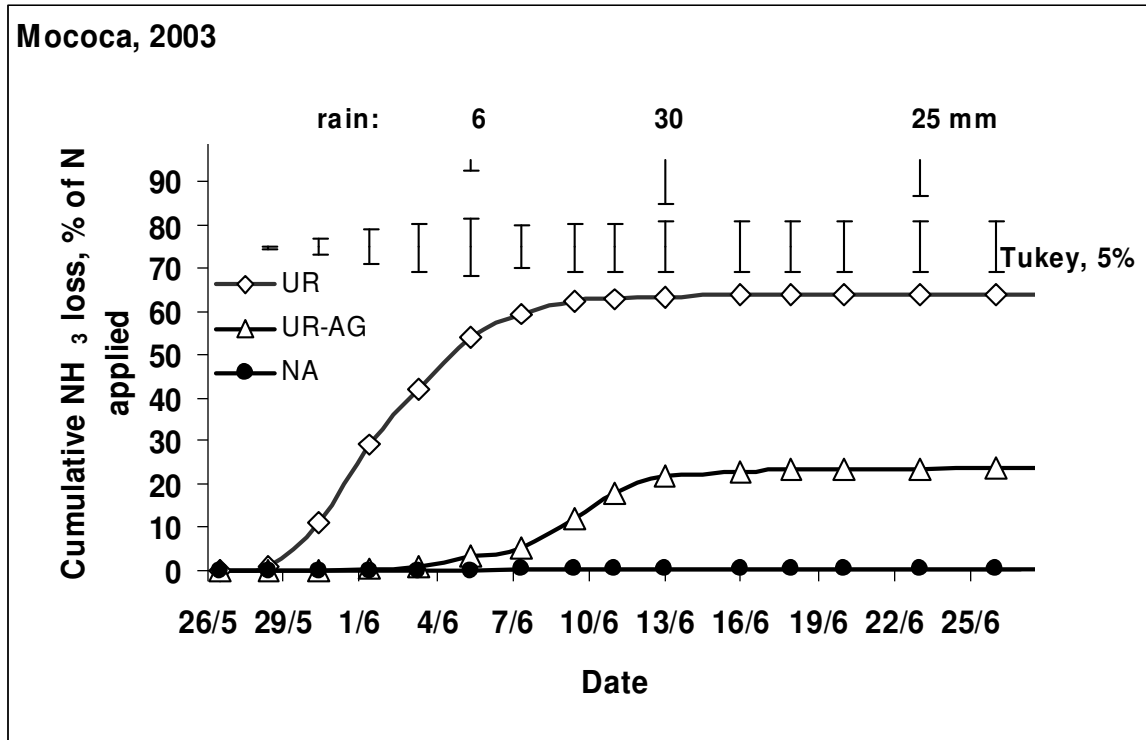
NBPT em pastagem



NBPT em pastagem. 2º corte



NBPT em milho. Mococa 2003

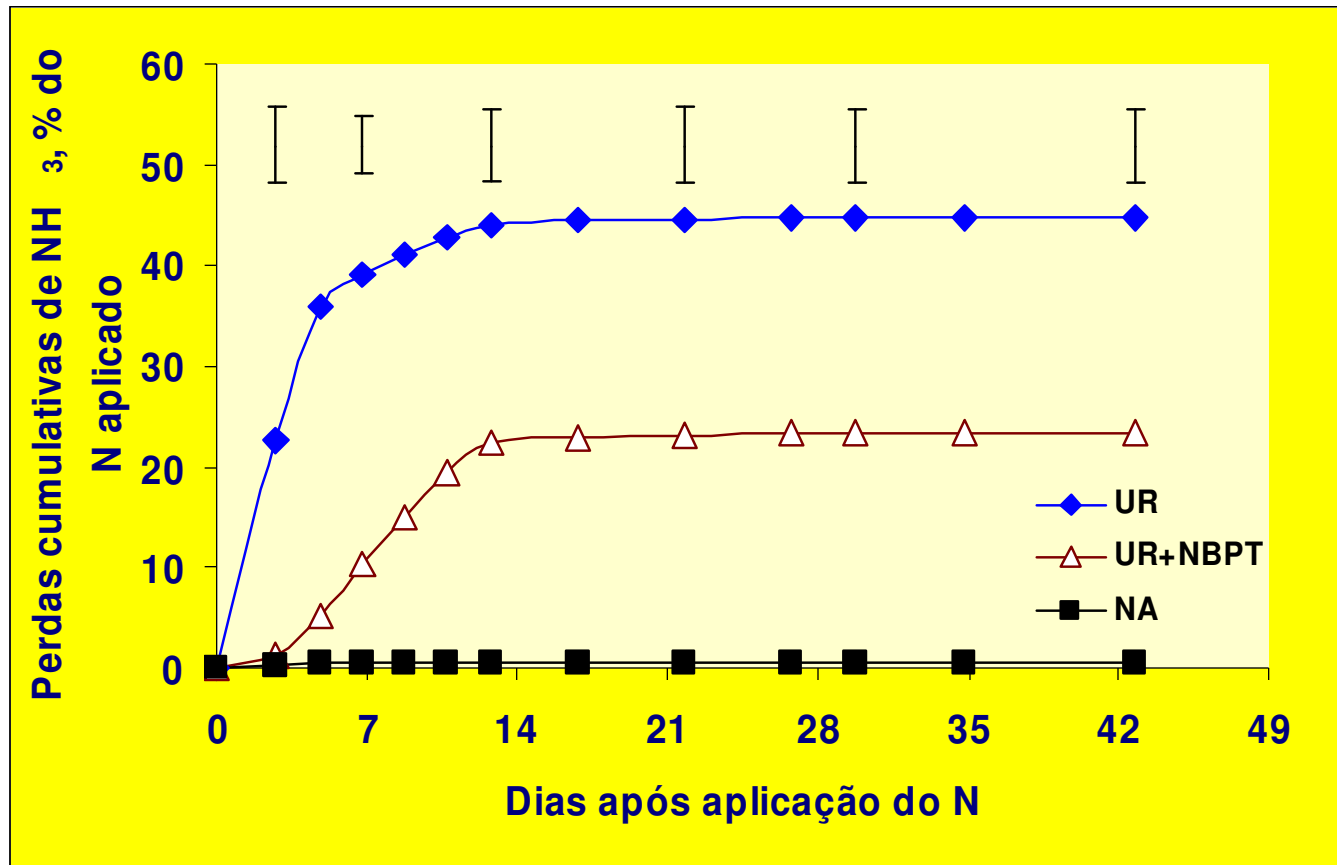


Aplicação de N no final de maio (milho irrigado), em período de baixa temperatura. Efeito do NBPT perdurou por mais tempo do que no verão

Ensaio com baixa resposta a N

Cantarella et al., 2005

UR x UR+NBPT em milho. Brasil



Mococa, 2002. N aplicado em abril. Período de 14 dias sem chuva, quando foi feita a irrigação

UR x UR+NBPT em milho. Brasil

Fonte de N	Milho, Mococa 2002	NH ₃ volatilizada
	<i>kg/ha</i>	<i>% do N aplicado</i>
UR	6.960 a	45,0 a
UR+NBPT	7.860 b	24,0 b
NA	8.164 b	0,6 c
F fontes	P ≤ 0,05	P ≤ 0,05
F doses	L**, Q*	-

Resposta de milho a N-uréia (com ou sem NBPT). Brasil

Fonte de N	Produção de grãos, nos locais e anos							
	Votupor. 2002	Rib. Preto 2002	Rib. Preto II 2002	Mococa 2002	Rib. Preto 2003	Mococa 2003	Pindor. 2003	Rib. Preto 2003
----- produção de grãos, kg/ha -----								
UR	7.737	7.317 b	7.148	6.960 a	8.267	8.306	3.645	4.938
UR+NBPT	7.941	7.738 ab	7.149	7.860 b	8.309	8.844	3.997	4.898
NA	7.978	8.093 a	7.359	8.164 b	8.458	8.523	4.105	5.371
F fontes	ns	P ≤ 0,10	ns	P ≤ 0,05	ns	ns	ns	ns
F doses	L**, Q**	L**	L**	L**, Q*	L**	L**	Q**	ns

Resultados são médias de 3 doses de N

Resposta de milho a N-uréia (com ou sem NBPT). Brasil

Fonte de N	Média de 7 locais responsivos a N	
	Rendimento	Acréscimo
	----- kg/ha de grãos -----	
UR	7045	-
UR+NBPT	7405	351
NA	7526	471

Resultados são médias de 3 doses de N

Cana-de-açúcar

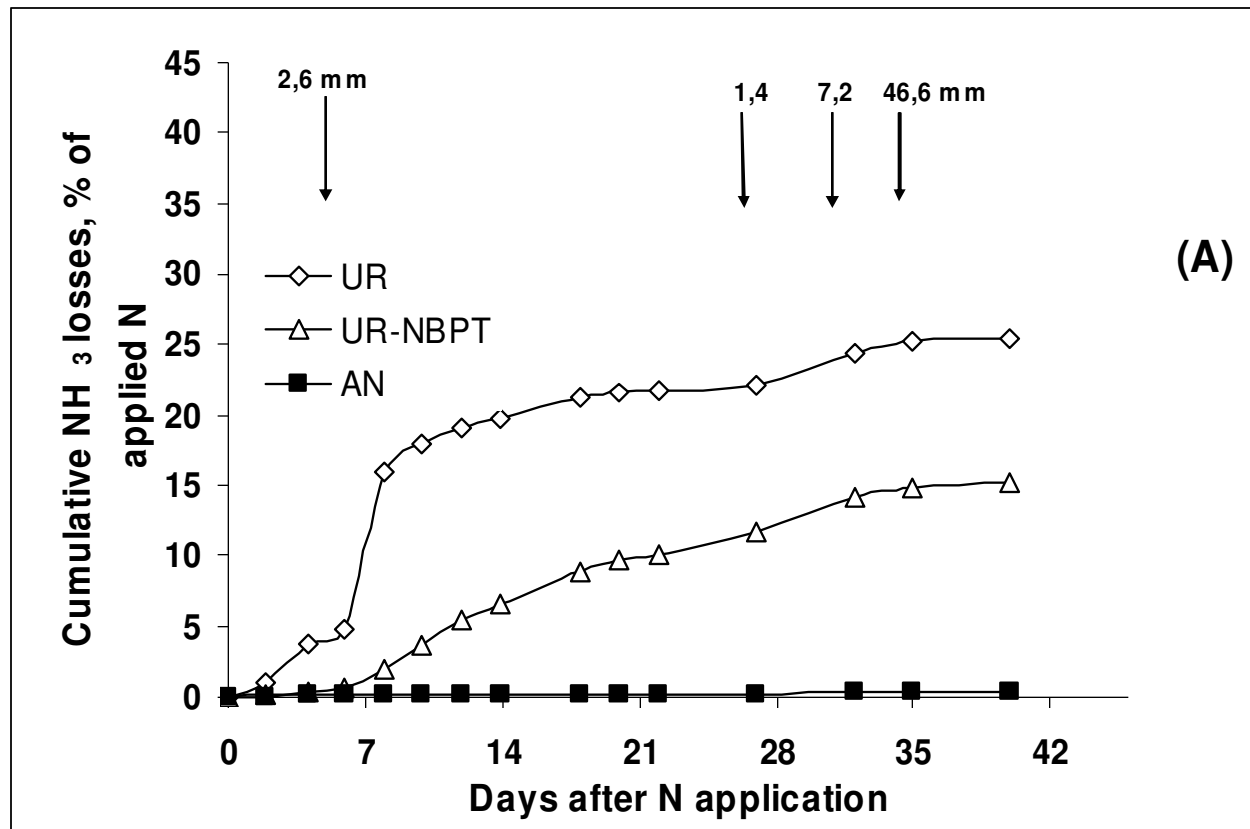
- **Grande volume de palha na superfície**
- **Adubação no período seco (Mai-Dez)**
- **NBPT funciona?**



Câmaras instaladas no campo: cana crua

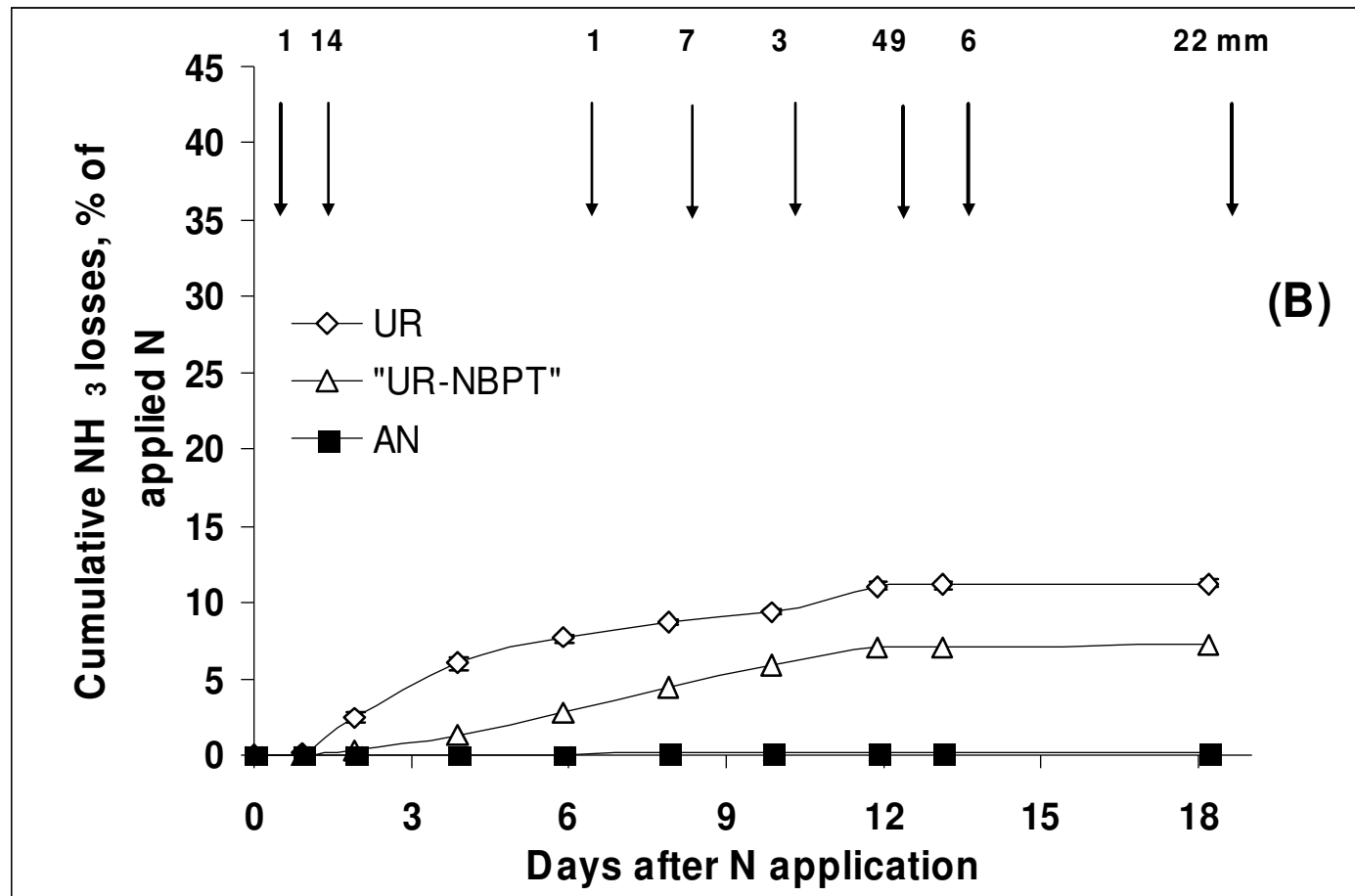


Cana: Usina Iracemápolis, 2002-03. Adubação em setembro 2002



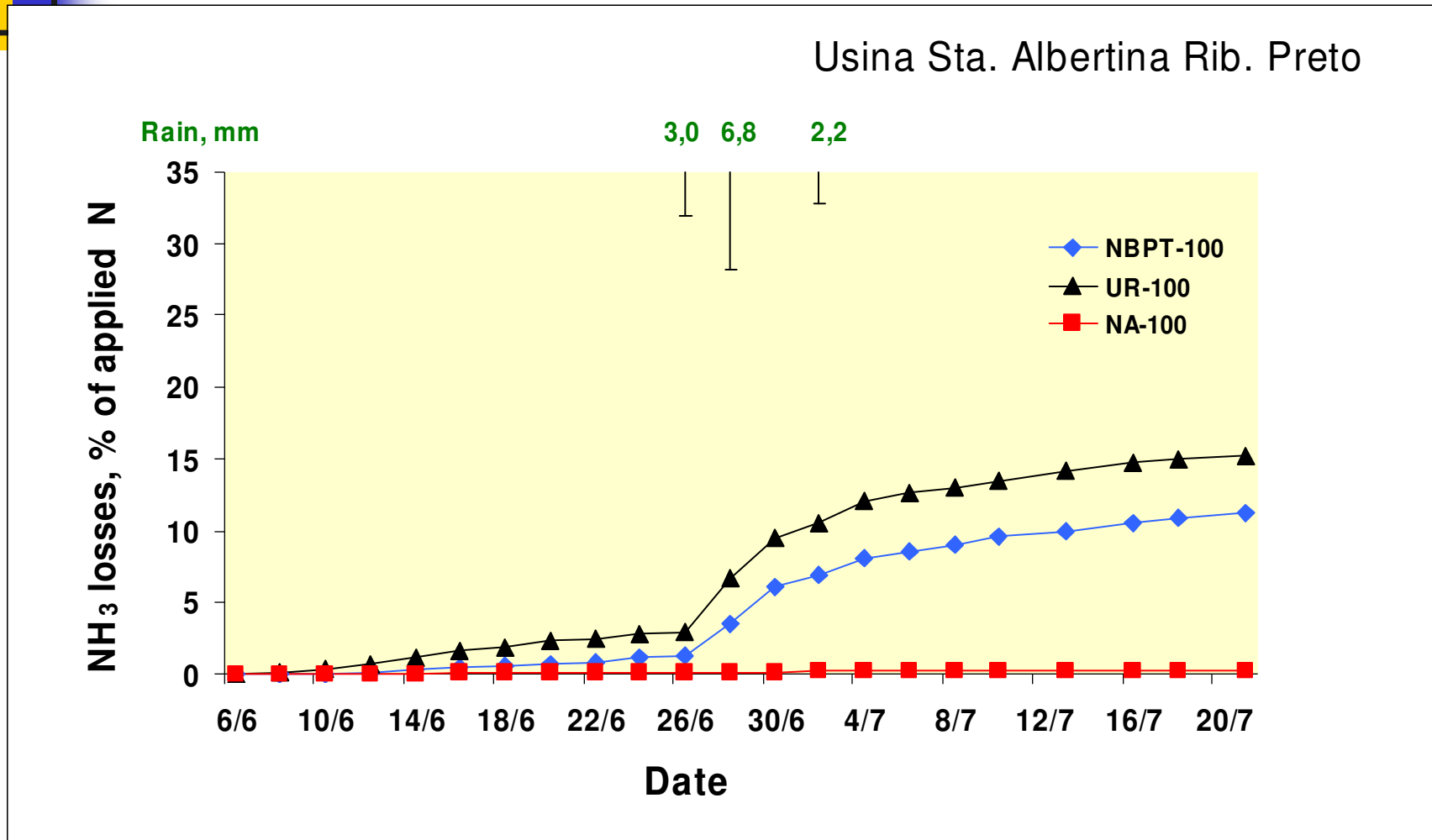
Sem resposta a N

Cana: Usina São João, 2002-03. Adubação em novembro



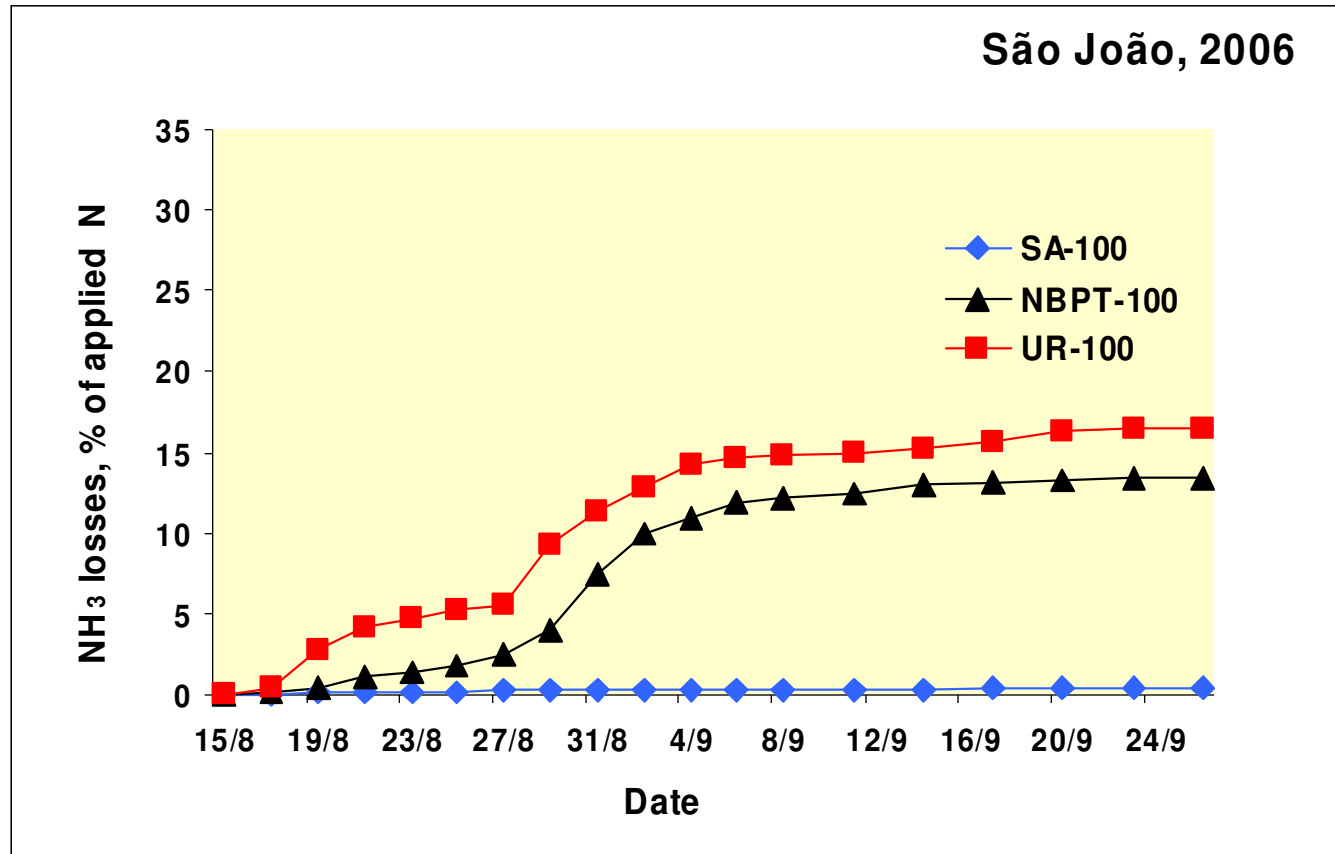
Cana. Usina Sta. Albertina. 2006

Adubação junho

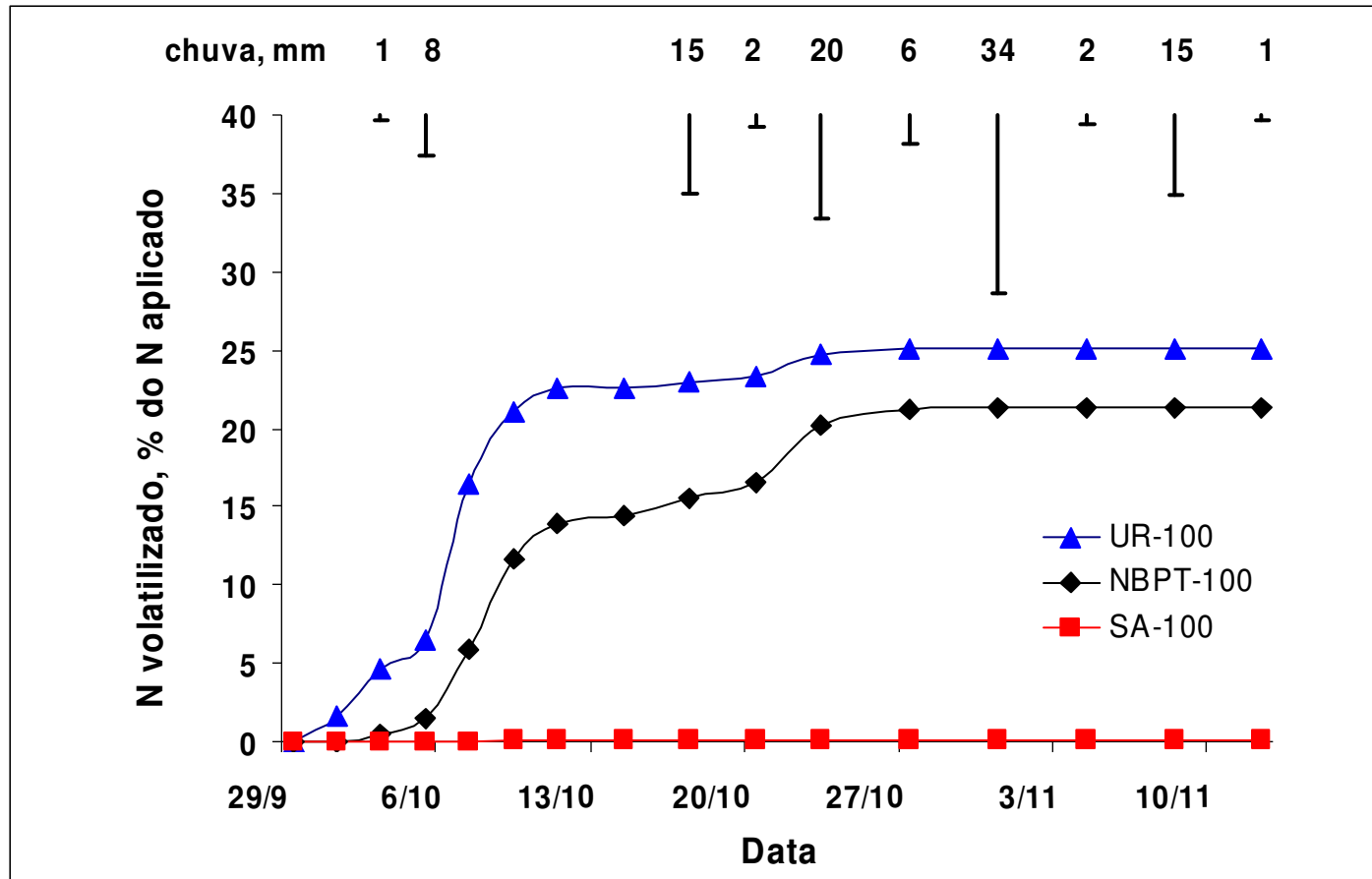


Cana. Usina São João, 2006.

Adubação: agosto

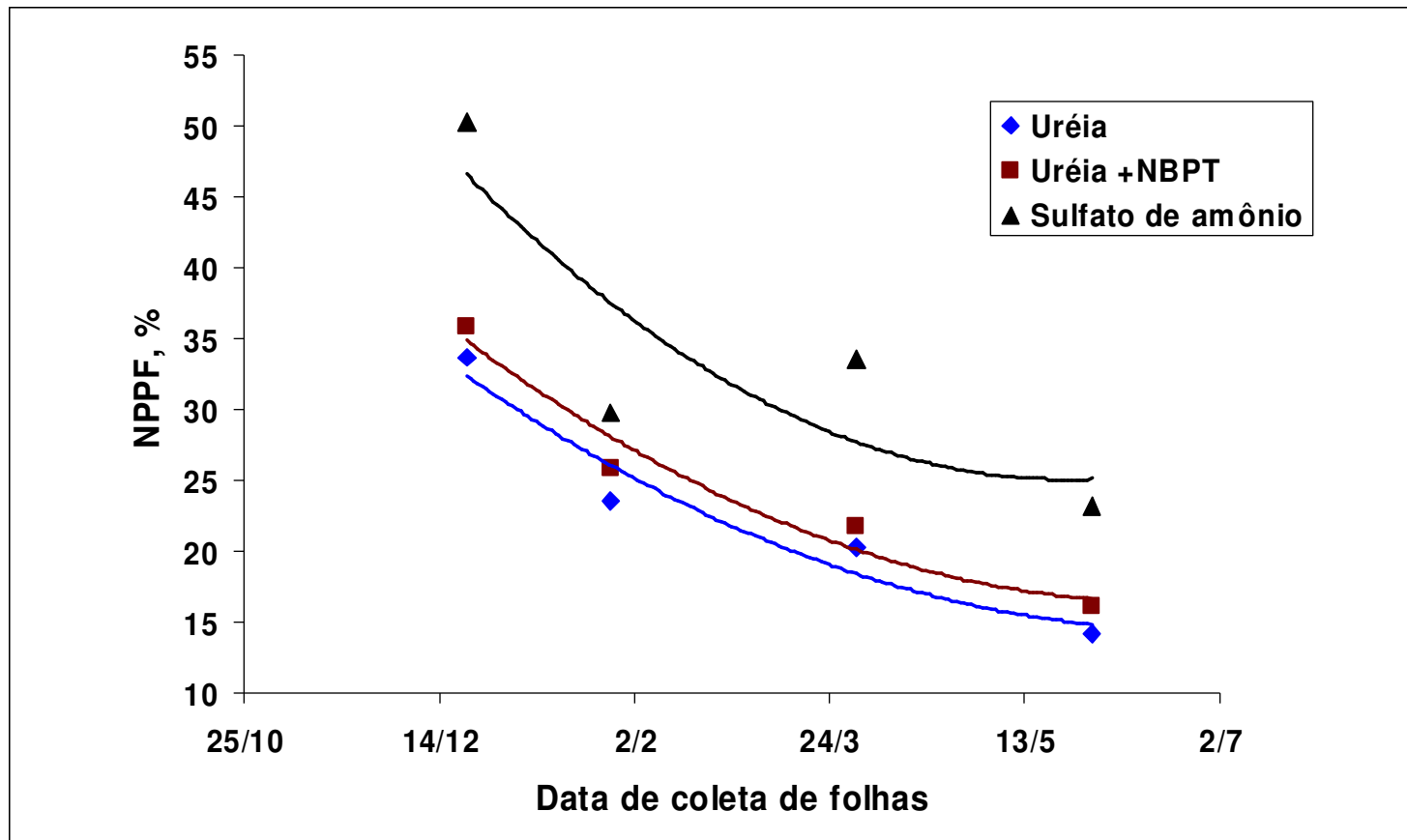


Cana: Usina São Martinho 2005. Adubação em setembro

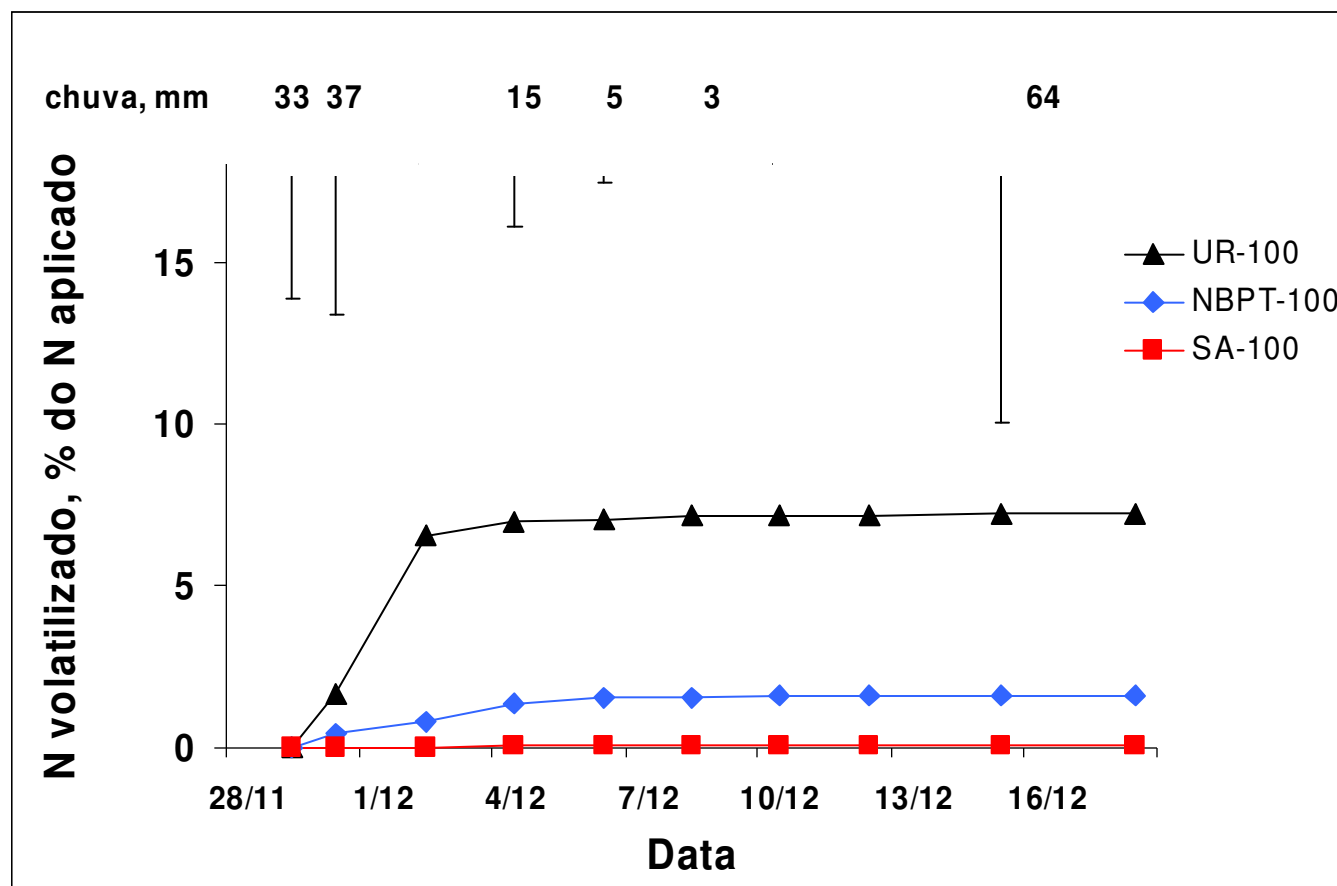


Cana: Usina São Martinho, 2005

N na folha proveniente do adubo marcado com ^{15}N .

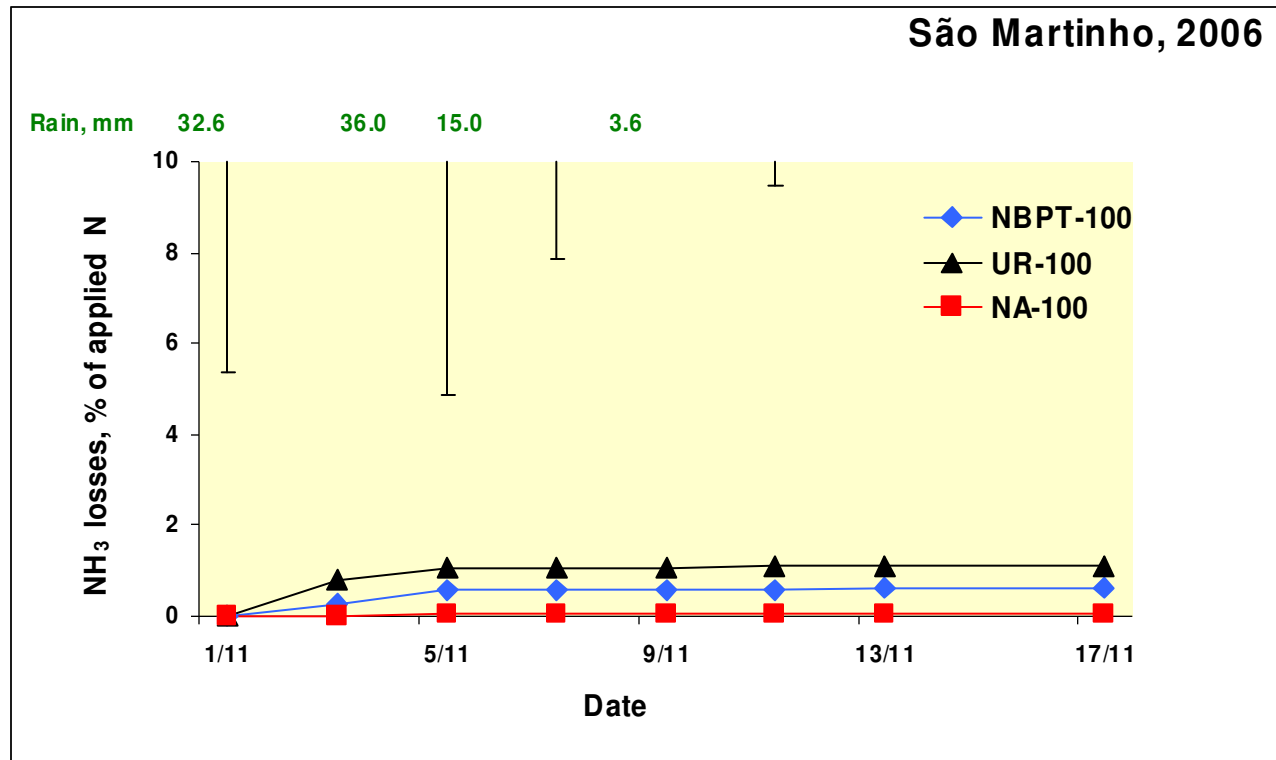


Cana: Usina Sta Rita, 2005. Adubação em novembro



N	Média Colmos
kg/ha	t/ha
0	97
50	104
100	113
150	109

Cana. Usina São Martinho 2006. Adubação novembro

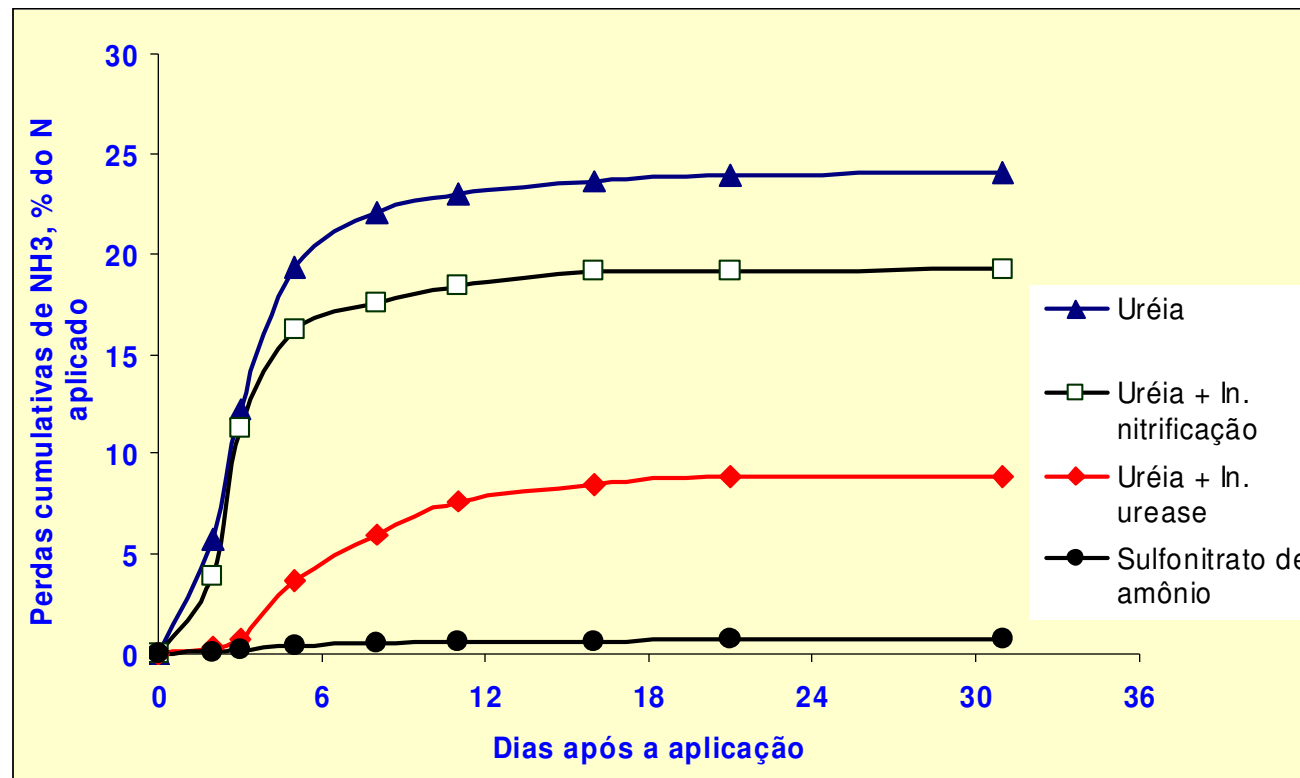


Perdas de NH₃ em cana colhida sem despalha a fogo (Brasil)

Local	Mês de aplicação	Condições climáticas prevalentes	Perdas de NH ₃ das fontes			Redução de perdas (NBPT)
			SA ou NA	UR	UR-NBPT	
			-----	% of applied N	-----	%
Araras	Nov	Chuvoso	0,1	11,2	7,2	36
Iracemapolis	Set	Seco	0,2	25,4	15,2	40
Araraquara	Out	Seco	0,2	25,1	21,3	15
Pirassununga	Dez	Chuvoso	0,1	7,2	1,6	78
Araras II	Ago	Seco	0,4	16,4	13,4	18
Jaboticabal	Nov	Muito chuvoso	0,1	1,1	0,8	-
Rib. Preto	Jun	seco	0,3	15,2	11,2	26
MÉDIA (6 locais)			0,2	16,8	11,7	30

Cantarella et al., 2007

Fontes de N (+NBPT) em cana crua: Piracicaba 2005-2006



Produção de colmos: sem diferença significativa (~65 t/ha)



Perdas de NH_3 em cana colhida sem despalha a fogo (Brasil)

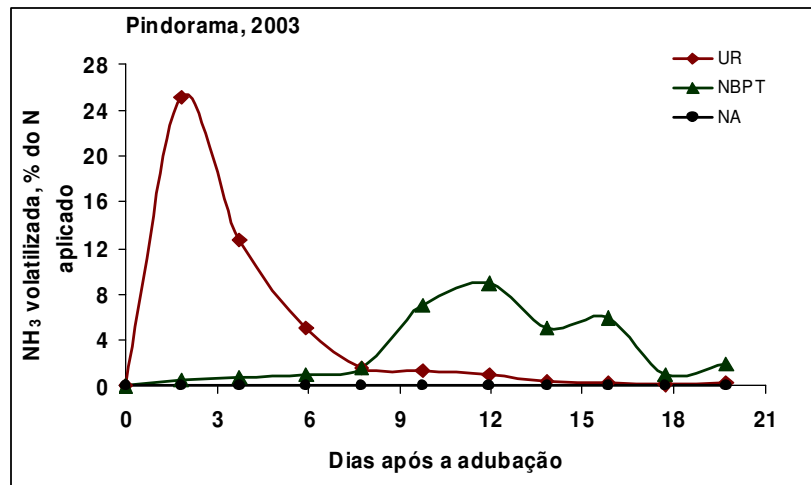
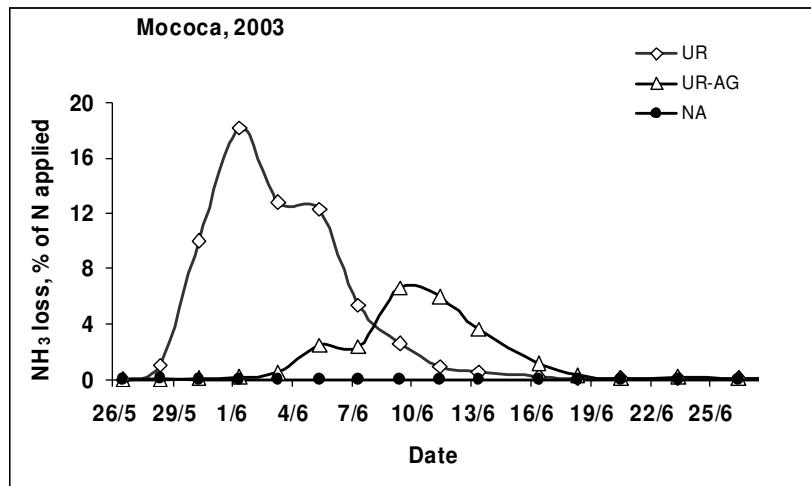
- **UR+NBPT x UR: redução de perdas de 30% (média 6 experimentos)**
- **Maior dificuldade de incorporação pela chuva devido ao tempo predominantemente seco**
- **Perdas de NH_3 da uréia, em período seco, parecem menores do que no verão**



UR+NBPT em cana

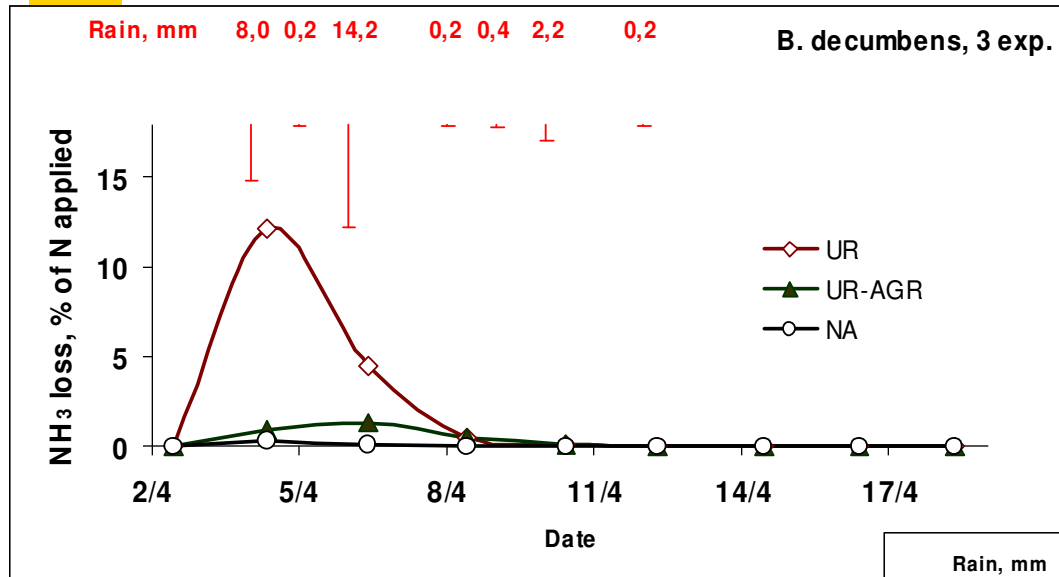
- **Eficiência do NBPT diminui em período seco**
- **Porém, mesmo sem chuva, ocorre redução na volatilização de NH_3**
 - **Hidrólise mais lenta evita picos de NH_3 e de alto pH**
 - **Mais tempo para a reação da $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ no solo**

Resumo: efeitos do NBPT



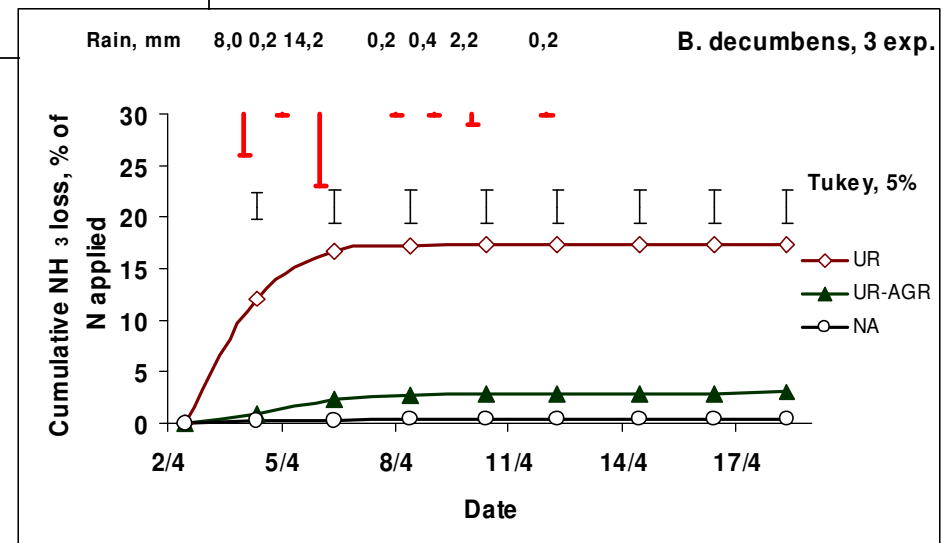
- NBPT reduz e atrasa o pico de hidrólise em relação ao da uréia sem inibidor.
- Em temperaturas mais baixas (adubações feitas em maio) o efeito do NBPT é mais duradouro.

Resumo: efeitos do NBPT



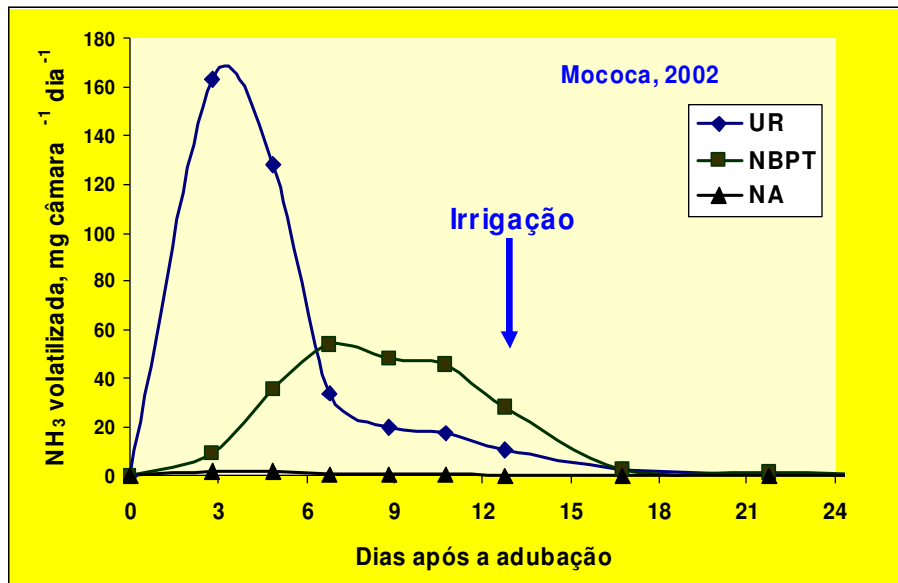
Chuvas nos primeiros dias após a adubação reduziram as perdas com uréia, mas, favoreceram especialmente a uréia+NBPT

NBPT em pastagem



Dados: Cantarella et al., 2005

Resumo: efeitos do NBPT



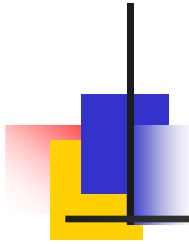
NBPT em milho

- Reduz pico de hidrólise
- Mais tempo para interação de $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ com o solo
- Reduz volatilização de NH_3 por vários dias
- Resultado efetivo: depende da incorporação (mecânica ou pela água) da uréia no período de máxima inibição.



Conclusões

- **O NBPT não elimina mas reduz as perdas de NH_3 permitindo o aumento da eficiência de uso da uréia**
- **Eficiência depende de condições ambientais**
- **Quanto maior o risco de perdas de NH_3 , maior pode ser o benefício do uso do inibidor**



■ **FIM**