

MANEJO DE N FERTILIZANTES PARA A CANA-DE-AÇÚCAR COM COLHEITA CRUA, NO CONTEXTO ECOLÓGICO, POR UM MODELO DE SIMULAÇÃO

Fábio C. Silva¹, Alessandra F. Bergamasco², Luiz H. Rodrigues³, André P. Godoy⁴, Paulo C. O. Trivelin⁵

Abstract — O manejo eficiente de fertilizantes nitrogenados (N) é correlacionado com o conhecimento da dinâmica das transformações e assimilação do N no desenvolvimento da cultura. A melhor maneira de expressar conhecimento de maneira resumida é o modelo matemático, conseqüentemente, capaz de simular os estados do processo ao longo do tempo. Isto permite, além da simulação computacional, prever a necessidade dos fertilizantes N pela cultura no tempo. As predições das quantidades dos fertilizantes N, realmente necessárias, evitam o fornecimento de quantidades excessivas que resultam na poluição ambiental associada ao N. Então o modelo é uma ferramenta de gerenciamento do uso dos fertilizantes N com responsabilidade ecológica.

Termos de Indexação — cana-de-açúcar, uréia, urânio, nitrato de amônio, sulfato de amônio, modelos matemático, ciclo do nitrogênio

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é quantitativamente, de todos os nutrientes minerais, o mais importante para o crescimento das plantas, com importância vital para a produção de biomassa, uma vez que é insubstituível em suas funções metabólicas. O N está presente nos pigmentos, como a clorofila, nas proteínas e nas enzimas que atuam como catalisadores na absorção de minerais do solo, na respiração, na fotossíntese e de muitos outros processos. Além disso, o nitrogênio é essencial para o crescimento das plantas, atuando no estímulo do perfilhamento, refletindo no aumento da produção. Assim as maiores limitações do meio para a produtividade da cana-de-açúcar, nas regiões canavieiras do Brasil, não se relacionam apenas à radiação solar, temperatura e, nem mesmo, água, mas também à disponibilidade de quantidades adequadas de nutrientes minerais nos solos, com destaque ao nitrogênio como concluiu [14].

Nas lavouras, a colheita da cana-de-açúcar esta gradativamente passando do sistema com queima da palhada remanescente para o de cana crua motivada pela legislação

mais restritiva a essa prática. No agrossistema da cana crua, encontram-se folhas secas, os ponteiros, as folhas verdes e alguns pedaços de colmos são lançados sobre a superfície do solo, que é chamado de palhada. Tal palhada deixada na superfície do solo, após a colheita da cana, resulta em muitos benefícios, tais como o aumento do conteúdo de matéria orgânica (MO) e de água, de N e de outros nutrientes no solo [1][5][15].

A cobertura do solo pela palhada também provoca significativas mudanças no manejo da cultura e na dinâmica do nitrogênio, com influência direta nas práticas de adubação de soqueiras, principalmente em relação à fertilização nitrogenada. Assim pouco conhecimento tem-se a respeito das práticas de manejo que deverão ser adotadas nos canaviais com a inserção da palha no sistema [14].

O ciclo do N no solo é complexo pelos muitos caminhos para a transformação do N e pelas flutuações climáticas que afetam todas as transformações, determinar a forma mais apropriada de gerenciar o N no sistema de cultivo é difícil [10]. Modelos que descrevam os efeitos do clima na maioria das transformações do N, disponibilidade de água, e o desenvolvimento da cultura, que provêm percepções valiosas sobre o manejo do N-fertilizante.

As unidades agroindustriais e os produtores precisam de soluções quanto à localização de N-fertilizante, melhores doses de N para soqueiras (as recomendações existentes prestam-se ao manejo convencional com queima), melhor fonte de N com menor perda por volatilização da amônia, melhor incorporação, entre outros. Uma vez que a fração de N perdida no sistema de cultura é a fonte de poluição do ambiente associada com fertilizantes [10]. A poluição associada ao N ocorre principalmente no sistema aquático, onde o excedente do nutriente causa a multiplicação excessiva de microrganismos que leva a deterioração deste ecossistema.

Nesta nova configuração do sistema de cultivo a definição de práticas limpas para o manejo de N-fertilizantes na cana crua necessita de conhecimento sobre a dinâmica do N no sistema. Este conhecimento foi incorporado no modelo matemático de balanço de N desenvolvido por [4].

¹ Fábio Cesar da Silva, Pesquisador III da Embrapa Informática Agropecuária e Professor Dr. da CESET/Unicamp, Campinas/SP. E-mail: fcesar@cnptia.embrapa.br

² Alessandra Fabiola Bergamasco, Mestre pela FEAGRI/Unicamp, Rua Antônio Melato, 673 – 13.202-200 Jundiá, SP., E-mail: alebergea@zipmail.com.br

³ Luiz Henrique Rodrigues, Prof. Dr. da Faculdade de Engenharia Agrícola -FEAGRI/ Unicamp, Campinas/SP. E-mail: lique@agr.unicamp.br

⁴ André Pereira de Godoy, Aluno de Mestrado da FEEC/Unicamp e estagiário da Embrapa Informática Agropecuária, Cidade Universitária “Zeferino Vaz”, Caixa Postal 6011, CEP 13083-970, , Campinas/SP, E-mail: andrep@dmcsi.fee.unicamp.br

⁵ Paulo Cesar O. Trivelin, Prof. Dr. CENA – ESALQ/USP, Piracicaba/SP. E-Mail: pcotrive@cena.usp.br

O objetivo deste estudo foi utilizar o modelo de balanço de N para servir como um sistema de orientação na recomendação de N-fertilizante em diferentes condições por meio da criação de cenários e orientação no manejo adequado de canaviais, visando obter a máxima produtividade da cultura, melhor alocação de recursos e insumos [2], e consequentemente evitar a poluição associada a N fertilizantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados de ensaios na usina Costa Pinto, em Piracicaba-SP e na usina Iracema, em Iracemópolis-SP. Os dados foram comparados com os cenários simulados pelo modelo de balanço de N para vários tratamentos e diversos cenários. A seguir vamos apresentar uma rápida descrição de cada ensaio:

Experimento 1

Foi realizado delineamento inteiramente ao acaso com 4 repetições e 16 tratamentos correspondentes aos tempos em dias após o plantio utilizando-se ¹⁵N. Foram feitas determinações de conteúdo de água, teor de N, abundância de ¹⁵N (% de átomos) e matéria natural, temperaturas máximas e mínimas diárias e calculadas a recuperação do nitrogênio original do tolete de plantio (mm/parcela) na parte aérea e nas raízes (N-translocado) e no tolete remanescente, porcentagem de recuperação do nitrogênio original do tolete de plantio em diferentes partes da cana.

Experimento 2

O experimento com cana-soca foi implantado em vasos, sendo que o tratamento foi a incorporação de quantidade de resíduos culturais ao solo, simulando a reforma do canal apó s a colheita mecanizada sem despalha a fogo (SQ) e as demais, o tratamento com queima prévia à colheita mecanizada (CQ). Todas as parcelas destinadas ao experimento com cana-soca receberam adubação nitrogenada, equivalente à dose de 30 kg ha⁻¹ de N. Estudaram-se duas formas de aplicação de uréia nos tratamentos SQ e CQ: em superfície, sobre a palhada ou sobre o solo descoberto e na profundidade de 15 cm e duas fontes de potássio, cloreto de potássio (KCl) ou vinhaça. Os fatores de estudo foram: cobertura do solo com e sem palha de cana-de-açúcar; formas de aplicação de uréia, em superfície ou na profundidade de 15 cm; e fontes de K, KCl e vinhaça.

O modelo de balanço de N trabalha com um grande conjunto de transformações e variáveis, que compõem os estados possíveis do N no sistema, os quais foram agrupados em funções. A seguir apresentamos as funções consideradas no modelo:

- Palha remanescente e matéria orgânica do solo
- Distribuição de N no solo

- Humificação da matéria orgânica
- Mineralização da matéria orgânica
- Imobilização do N
- Entrada de N pelo fertilizante
- Nitrogênio mineral
- Volatilização da amônia
- Nitrificação
- Desnitrificação
- Lixiviação do nitrato
- Absorção de N pela cana
- Crescimento da cana-de-açúcar
- Demanda de N pela cana
- Acúmulo total de N na cana-de-açúcar

Na Figura 1 mostra o diagrama do modelo de balanço de N que mostra as inter-relações dos estados acima mostrando os caminhos que o N pode tomar no sistema de colheita de cana colhida sem queima da palhada.

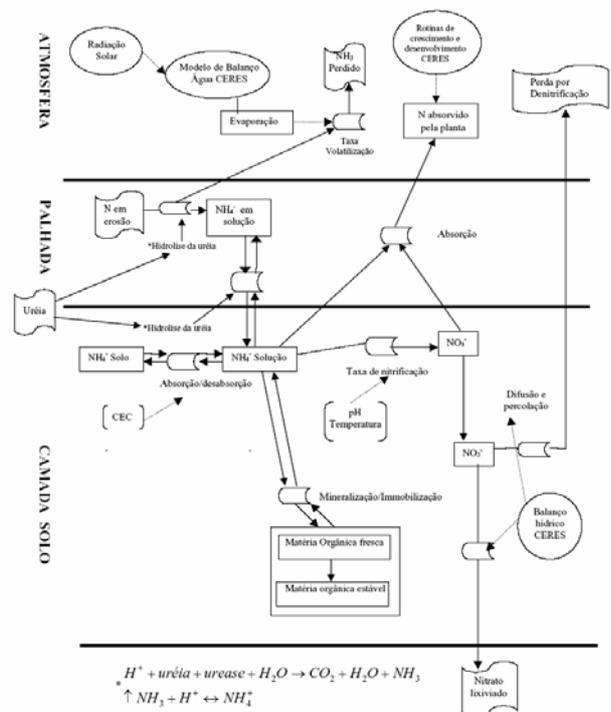


FIGURA. 1
DIAGRAMA DO MODELO DE BALANÇO DE N UTILIZADO PARA SIMULAR A DINÂMICA DO N NA CANA COLHIDA SEM QUEIMA DA PALHADA

RESULTADOS

Foram criados cenários com situações que podem ocorrer no campo e foram simulados pelo modelo. Os resultados estão apresentados nas Tabelas I, II e III.

TABELA I

CENÁRIO 1: APLICAÇÃO DE UMA ÚNICA DOSE N EM NOVEMBRO, TENDO COMO FONTE URÉIA, INCORPORADA AO SOLO, COM ACOMPANHAMENTO ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO A FEVEREIRO, COM PRECIPITAÇÃO ABAIXO DE 10 MM NO DIA DA APLICAÇÃO.

Parâmetros	Quantidade de N aplicado ao solo		
	0 kg ha ⁻¹ de N	50 kg ha ⁻¹ de N	100 kg ha ⁻¹ de N
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Parâmetros de entrada de N:			
1. Palhada	50,00	50,00	50,00
2. MO do solo	100,00	100,00	100,00
3. Fertilizante	0	50,00	100,00
4. Atmosfera	37,28	37,28	37,28
5. Reserva da cana	10,00	10,00	10,00
Total de entrada	197,28	247,28	297,28
Parâmetros de perda de N:			
1. N Desnitrificado	0,09	2,06	4,82
2. Perda de amônia	0	0	0
3. Perda de nitrato	0,48	10,76	25,24
Total perdido	0,57	12,82	30,06
Parâmetro de N no solo:			
1. Humus	27,08	28,19	29,31
2. MO	43,67	46,17	48,67
3. Nitrato	0	0	6,59
4. N mineral	9,35	9,90	10,44
Total de N no solo	80,10	84,26	95,01
Parâmetro de N na planta:			
1. N na cana-de-açúcar	116,61	150,20	172,21
Total de N no sistema	197,28	247,28	297,28

No cenário 1 (Tabela I), ocorreram diferenças significativas nas perdas de N nas 3 doses simuladas (0, 50 e 100 kg ha⁻¹), sendo que com a dose de 100 kg ha⁻¹, que é a recomendada atualmente para as soqueiras de cana, as perdas somam-se em 10,1% do conteúdo total de N no sistema; na doses de 50 kg ha⁻¹, em 5,2%; e na doses zero, essas perdas não chegam a 0,5%. Em estudos de [12], para essas mesmas condições, em cana-soca sem queima prévia, essas perdas chegaram a 10% e 7%, respectivamente, para as doses 90 kg ha⁻¹ e 30 kg ha⁻¹ de N. Dessa forma a colheita da cana crua indica ser a melhor forma de manejo da cultura de cana-de-açúcar reduzindo as perdas de N, quando usamos a uréia como fonte deste.

Quanto ao acúmulo de N na cana, para a dose de 100 kg ha⁻¹ de N, obteve-se a 172,21 kg ha⁻¹; para a dose de 50 kg ha⁻¹, obteve-se 150,20 kg ha⁻¹, e para a dose zero, 116,61 kg ha⁻¹, em cana de 12 meses. Segundo estudos de [9], o acúmulo de N na cana-soca, após 299 dias, para a dose de 100 kg ha⁻¹ de N, fonte uréia, foi de 172 kg ha⁻¹, valor bem próximo ao encontrado também em [7].

Pode também ser observada a existência da influência da quantidade de fertilizante adicionado ao solo no acúmulo de N como MO. Pois quando se adicionando N ao sistema, a atividade dos microrganismos aumenta. Além disso, esse N adicionado na forma de fertilizante pode sofrer imobilização e passar a fazer parte da MO do solo, embora essa influência seja pequena.

No final do ciclo da cana, ficará no solo, como MO, 16% do N que entrou no sistema para a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N; e 22% do N que entrou no sistema quando não há aplicação fertilizante. Isso indica que a adição de N no sistema ativa a mineralização da MO. Assim, a palhada e

outros materiais celulósicos, se não forem suplementados com nutrientes essenciais, devem ser considerados mais uma fonte de húmus do que como material fertilizante fornecedor de nutrientes para as plantas [13]. Isto indica que na presença de palhada a adubação nitrogenada acelera a decomposição da matéria orgânica e consequentemente incorporando mais nutrientes, melhorando a qualidade do solo.

A formação de húmus é praticamente igual nos três casos (0, 50 e 100 kg ha⁻¹ de N), porém, na dose zero representa 14% e na dose 100 kg ha⁻¹ de N, 10% do N total do sistema. O conteúdo de N mineral na dose zero permanece praticamente constante do 3^o mês até o final do ciclo enquanto o conteúdo de nitrato fica abaixo do N mineral e do húmus. Na dose 100 kg ha⁻¹ de N, o N na forma mineral tem uma queda mais acentuada que quando aplicado 50 kg ha⁻¹ de N.

Foi criado um outro cenário, onde estão sendo comparadas três fontes diferentes de N: uréia, uran e nitrato de amônio (NA), com aplicação em cobertura (sobre a palhada). A fonte (NA), no modelo, é considerada igual ao sulfato de amônio (SA), e os resultados desse cenário estão apresentados na Tabela II.

TABELA II

CENÁRIO 2: APLICAÇÃO DE UMA ÚNICA DOSE DE 100 KG HA⁻¹ DE N EM NOVEMBRO, EM COBERTURA, COM ACOMPANHAMENTO ENTRE OS MESES DE NOVEMBRO A FEVEREIRO, COM PRECIPITAÇÃO ABAIXO DE 10 MM NO DIA DA APLICAÇÃO.

Parâmetros	Fertilizante nitrogenado		
	Uréia	Uran	NA e SA ⁽¹⁾
	----- kg ha ⁻¹ -----		
Parâmetros de entrada de N:			
6. Palhada	50,00	50,00	50,00
7. MO do solo	100,00	100,00	100,00
8. Fertilizante	100,00	100,00	100,00
9. Atmosfera	37,28	37,28	37,28
10. Reserva da cana	10,00	10,00	10,00
Total de entrada	297,28	297,28	297,28
Parâmetros de perda de N:			
4. N Desnitrificado	1,95	3,07	3,94
5. Perda de amônia	82,44	48,34	22,8
6. Perda de nitrato	10,21	16,07	20,64
Total perdido	94,60	67,48	47,38
Parâmetro de N no solo:			
5. Humus	27,99	28,56	28,97
6. MO	43,21	45,39	47,10
7. Nitrato	0	0	0
8. N mineral	4,76	6,85	8,66
Total de N no solo	75,96	80,80	84,73
Parâmetro de N na planta:			
2. N na cana-de-açúcar	126,72	149,00	165,17
Total de N no sistema	297,28	297,28	297,28

No cenário 2 (Tabela II), estimaram-se com o uso do modelo, perdas de 32% para o fertilizante uréia, 23% para o uran e 16% para nitrato de amônio ou sulfato de amônio. Na literatura foram encontrados perdas de N, utilizando como fonte a uréia, que variaram de 43 a 56% do N total do sistema, como mencionado em [12]. Estes valores estão acima do simulado pelo modelo aqui apresentado, porém,

com baixa diferença, considerando-se a grande variação desse parâmetro. O elevado índice de perda da uréia, nestas condições, a caracteriza como um N fertilizante altamente poluente.

O nitrato atingiu maiores valores de N na planta quando se utilizou nitrato de amônio ou sulfato de amônio, quando ocorreu também o maior acúmulo de N total na cana. Isto devido a menores perdas ocorridas quando se utilizam esses fertilizantes (NA e SA), comparados à uréia e uran em cobertura.. A uréia em cobertura volatiliza muito fácil no primeiro mês após aplicação por isso, quando analisado seu comportamento no tempo. Observa-se queda acentuada no N mineral um mês após aplicação do fertilizante. Foi obtido perdas ainda maiores de amônia quando utilizou uréia em cobertura no experimento conforme também foi observado em [14]. O uran, apesar de volatilizar bem menos que a uréia, também tem uma perda considerável de amônia. Quando esses fertilizantes são aplicados incorporados ao solo, a perda por volatilização é praticamente zero. Dessa forma a opção por uma fonte de N fertilizante deve considerar inicialmente sua forma de manejo ao invés de sua taxa volatilização exclusivamente.

Na Tabela III foi simulado outro cenário, que ocorre nas unidades com aplicação de jateamento de fertilizantes na superfície da palhada onde foram comparados os efeitos da precipitação e da temperatura no momento da aplicação do fertilizante nitrogenado. A técnica permite o aprofundamento do N na palhada, que com as chuvas atinge e penetrando no solo.

O planejamento da aplicação de fertilizantes pode ser realizado com as informações de previsões meteorológicas para conhecer a melhor estratégia, de modo de aplicação e fonte de N fertilizante, a nível municipal, em sites como CEPTEC⁶, Somar Meteorologia⁷ e Agritempo⁸ que possuem previsões de precipitação com cinco dias de antecedência.

TABELA III
CENÁRIO 3: APLICAÇÃO DE 100 KG HA⁻¹ DE N, EM COBERTURA, FONTE URÉIA.

Parâmetros	Prec ⁽¹⁾ < 10 mm		Prec de 10 a 30 mm		Prec > 30 mm	
	T1 ⁽²⁾	T2	T1	T2	T1	T2
Parâmetros de entrada de N:	----- kg ha ⁻¹ -----					
1. Palhada	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
2. MO do solo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3. Fertilizante	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4. Atmosfera	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28	37,28
5. Reserva da cana	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Total de entrada	297,28	297,28	297,28	297,28	297,28	297,28
Parâmetros de perda de N:						
1. N Desnitrificado	1,95	4,87	2,83	5,31	4,82	5,79
2. Perda de amônia	82,44	22,8	56,81	12,12	0	0
3. Perda de nitrato	10,21	2,55	14,82	2,78	25,24	3,03
Total perdido	94,60	30,22	74,46	20,21	30,06	8,82
Parâmetro de N no solo:						

⁶ Centro de previsão do tempo e estudos climáticos, em www.cptec.inpe.br

⁷ www.tempoagora.com.br

⁸ www.agritempo.gov.br

Humus	27,99	28,97	28,42	29,13	29,31	29,31
MO	43,21	47,10	44,84	47,83	48,67	48,67
Nitrato	0	10,13	0	18,44	6,58	27,84
N mineral	4,76	8,66	6,31	9,47	10,44	10,44
Total de N no solo	75,96	94,86	79,57	104,87	95,00	116,26
Parâmetro de N na planta:						
1. N na cana-de-açúcar	126,72	172,20	143,25	172,20	172,22	172,20
Total de N no sistema	297,28	297,28	297,28	297,28	297,28	297,28

⁽¹⁾ Precipitação no período da aplicação do fertilizante nitrogenado

⁽²⁾ Época da aplicação do fertilizante nitrogenado, T1 = aplicação realizada entre os meses novembro e fevereiro, e T2 = aplicação realizada entre os meses março e outubro

No cenário 3 (Tabela III), os valores estimados pelo modelo mostram que quando a aplicação do fertilizante é realizada entre os meses março e outubro (seca), as perdas são bem menores comparadas à aplicação realizada nos meses de novembro e fevereiro (chuvas). As maiores perdas ocorrem quando, no momento da aplicação do fertilizante, a precipitação é menor que 10 mm, e são bem menores quando essa precipitação é superior a 30 mm. Porém, as perdas por lixiviação são maiores com maiores precipitações, e também a desnitrificação, a qual é beneficiada com as chuvas, pois ocorre em condições anaeróbicas. Já a volatilização é praticamente nula em altas precipitações, pois o nitrogênio aplicado em superfície, sobre a palhada, é levado para camadas mais profundas, não permitindo que seja volatilizado. Quando há precipitações até 30 mm após a aplicação da uréia, ocorreram maiores perdas de amônia, que ocorrem entre os meses de novembro a fevereiro, em especial a temperatura está alta favorece a volatilização.

O menor acúmulo de N na cana-de-açúcar ocorreu quando a aplicação de N fertilizante realizada na época de novembro à fevereiro. A precipitação foi inferior a 10 mm de chuva. O valor do acúmulo chegou ao valor de 126,72 kg ha⁻¹ de N. Isto ocorreu devido a grande perda de amônio devido a falta de chuva após a aplicação, e da temperatura alta no período da adubação, reduzindo o conteúdo de N mineral e assim, a nitrificação, ficando baixo o N disponível para suprir a demanda da cana. Os maiores valores de N total na cana após 12 meses ocorreram para a cana que recebeu fertilizante com a precipitação superior a 30 mm logo após a aplicação ou quando a temperatura era mais baixa.

Os resultados encontrados pelo modelo nos três cenários produzidos (Tabelas I, II e III). Estes mostram que o modelo está estimando valores condizentes com a realidade. Conforme experimentos de campo demonstrados em [9], [14], [7] e experimento realizado na Usina Costa Pinto, Piracicaba/SP.

CONCLUSÕES

O modelo de balanço de N mostrou-se adequado para auxiliar no planejamento da adubação, que por meio de criação de cenários, possibilita determinar a fonte de N mais adequada para cada situação de manejo e aplicação, minimizando a poluição relacionada aos N fertilizantes.

Os cenários simulados acima permitem inferir que:

- Quando a aplicação do fertilizante for realizada em cobertura, deve-se utilizar Nitrato ou Sulfato de Amônio como fonte de N;
- Na época de aplicação do fertilizante, a precipitação for alta e/ou a temperatura baixa (a baixo de 25 °C), pode-se aplicar uréia como fonte de N;
- Quando a aplicação for realizada incorporando-se o fertilizante ao solo, pode-se utilizar uréia como fonte de N; porém, essa condição precisa ser estudada para analisar o custo/benefício, pois, em cana-soca coberta com palhada, essa aplicação é bastante trabalhosa.

O modelo de balanço de nitrogênio usado para as simulações é um modelo simplificado, mesmo assim, mostrou estar realizando simulações condizentes com a realidade, nas condições testadas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a EMBRAPA Agroinformática pelo apoio ao desenvolvimento deste trabalho e CAPES pelo apoio financeiro.

REFERENCES

- [1] Abramo Filho, J., *et al*, “Resíduos da colheita mecanizada de cana crua”. *Alcool & Açúcar*, n. 67, abril/maio, 1993, pp. 23-25.
- [2] Barber, S. A.; Cushman, J. H. “Nitrogen uptake model for agronomic crops”. In: *Modeling Waste Water renovation-Land Treatment*. Ed. I K Iskandr. Wiley-interscience, New York, 1981, pp. 382-409.
- [3] BATALHA, M. Gestão Agroindustrial: GEPAI – Grupo de Estudos e pesquisas agroindustriais/ coordenador Mário Otávio Batalha – São Paulo: Atalas, 1997.
- [4] Bergamasco, A. F. “Sistema de apoio a decisão para manejo de fertilizantes nitrogenados em cana-de-açúcar colhida sem queima”, *Dissertação de mestrado pela Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola*, Fevereiro, 2003, pp. 139
- [5] Cantarella, H. “Adubação nitrogenada em sistema de cana crua”, *STAB: Piracicaba*, v. 16, 1998, pp 21-28.
- [6] Cesar, M. A. A., SILVA, F. C. “A cana-de-açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira”, *ESALQ*, Piracicaba, 1993, pp. 107.
- [7] Coale, F. J.; Sanches, C. A.; Izuno, F. T.; Bottcher, A. B., “Nutrient Accumulation and Removal by Sugarcane growth on Everglades Histosols”, *Published in Agron. J.*, n. 85, 1993, pp 310-315.
- [8] CRASWELL E. T.; GODWIN, D. C. In Tinker P. B., Lauchli A. (eds): *The efficiency of nitrogen fertilizers applied to cereals grown in different climates*. Advances in Plant Nutrition, Praeger Scientific, New York, USA. 1984.
- [9] Gava, G. J. C.; Trivelin, P. C. O.; Oliveira, M. W.; Penatti, C. P., “Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palha”, *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília/DF, v. 36, n. 11, nov. 2001, pp. 1347-1354.
- [10] Godwin, D. C., Singh, U. “Nitrogen balance and crop response to nitrogen in upland and lowland cropping systems” Tsuiji, G. Y. *et al* (eds): *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Academic Publishers, Printed in Great Britain, 1998, pp 55-77.
- [11] Ng Kee Kwong, K. F.; Deville, J. “Application of 15N-labelled urea to sugar cane through a drip-irrigation system in Mauritius”. *Fertilizer Research*, v.39, 1994, pp. 223-228.
- [12] Oliveira, M. W., “Dinâmica de nitrogênio da uréia (¹⁵N) no sistema solo-cana-de-açúcar com ou sem queima da palhada”, *Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo*, Piracicaba, 1999, p 93.
- [13] Orlando Filho, J. (Coord.) Superintendência Geral, Piracicaba, SP. “Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil”, *Instituto do Açúcar e do Alcool, Programa Nacional de Melhoramento da cana-de-açúcar - PLANALSUCAR*, Piracicaba, 1983, 369p.
- [14] Trivelin, P. C. O. “Utilização do Nitrogênio pela cana-de-açúcar: três casos estudados com uso do traçador ¹⁵N”. *Tese (Livre-Docente em Isótopos Estáveis) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo*, Piracicaba, 2000, pp 143.
- [15] Wood, A. W., “Management of crop residues following green harvesting of sugarcane in north”, *Queensland. Soil & Tillage Research*, v.20, 1991, pp 69-85.