

## BALANÇO DO NITROGÊNIO NO CONSÓRCIO ENTRE CAFEIEIRO E BRACHIARIA<sup>1</sup>

Adriene Woods Pedrosa<sup>2</sup>; José Laércio Favarin<sup>3</sup>; Paulo Cesar Ocheuze Trivelin<sup>4</sup>; Ana Luisa Soares Vasconcelos<sup>5</sup>; Bruno Vasconcelos Carvalho<sup>6</sup>; Pedro Paulo Carvalho Teixeira<sup>7</sup>

<sup>1</sup> Projeto financiando pela FAPESP e CNPq; e extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP, Piracicaba-SP

<sup>2</sup> Doutora pelo Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, [awoodsp74@gmail.com](mailto:awoodsp74@gmail.com)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, [jlfavari@esalq.usp.br](mailto:jlfavari@esalq.usp.br)

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente, CENA/USP, Piracicaba-SP, [pcotrive@cena.usp.br](mailto:pcotrive@cena.usp.br)

<sup>5</sup> Graduando, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba-SP, [analuisacervicin@yahoo.com.br](mailto:analuisacervicin@yahoo.com.br)

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, pela ESALQ/USP, Piracicaba-SP, [brunovascar@yahoo.com.br](mailto:brunovascar@yahoo.com.br)

<sup>7</sup> Mestrando do Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba-SP [ppdcteix@gmail.com](mailto:ppdcteix@gmail.com)

**RESUMO:** No consórcio entre cafeeiro e braquiária a adubação tem sido feita a lanço, sem que haja conhecimento sobre o aproveitamento do nitrogênio (N) proveniente do fertilizante pelas plantas, bem como sobre a recuperação do nutriente do resíduo da forrageira pelo cafeeiro. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de elaborar o balanço do N nesse sistema de produção, avaliar a recuperação do nutriente pelas plantas e a contribuição da biomassa da forrageira como fonte de N para o cafeeiro. O café foi cultivado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N e a braquiária com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, a qual após cada ceifa foi depositada sob o cafeeiro, nos quais aplicou-se NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> enriquecido com 5,07 átomos de <sup>15</sup>N. As amostras vegetais e de solo foram submetidas à determinação da concentração de N-total e abundância de <sup>15</sup>N (% de átomos de <sup>15</sup>N) por espectrometria de massa. A forrageira recuperou mais N (84,28% do aplicado) do que o cafeeiro (38,63%), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas. O cafeeiro recuperou 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N foi fornecido à planta; recuperou 14,31% do N na aplicação feita somente na forrageira, cujo resíduo foi depositado sob a copa da planta; e recuperou 53,3% do N do adubo e outros 15,28% proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira. A competição líquida por N entre a braquiária e o café foi pequena e variou de 1,22% a 0,24%, sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro. A perda de N por lixiviação foi maior quando forneceu todo o N somente no cafeeiro (6,05% do N aplicado), em relação à adubação feita apenas na braquiária (1,02%); e, na aplicação de doses iguais no café e na braquiária, a lixiviação variou de 3,4% do N aplicado sob a copa da planta a 1,15% na área da forrageira, cultivada na entre linha da cultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica*, nitrogênio, isótopo estável <sup>15</sup>N, recuperação do nitrogênio

### NITROGEN BALANCE BETWEEN THE CONSORTIUM AND COFFEE BRACHIARIA

**ABSTRACT:** In intercropping coffee and pasture fertilization has been made to haul, without knowledge about the use of nitrogen (N) derived from fertilizer plants, as well as the recovery of the residue of the nutrient forage for coffee. This research was conducted with the objective of preparing the N balance in this production system, evaluate the recovery of nutrients by plants and the contribution of the forage biomass as a source of N for coffee. The coffee was grown with 300 kg ha<sup>-1</sup> N and pasture with 150 and 300 kg N ha<sup>-1</sup>, which after each harvest was deposited under the coffee, in which we applied NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> supplemented with 5.07 <sup>15</sup>N atoms. The plants and soil samples were subjected to determination of the concentration of total-N and <sup>15</sup>N abundance (atom% <sup>15</sup>N) by mass spectrometry. The forage recovered more N (84.28% of the applied) than coffee (38.63%), with the application of the same dose of N in both plants. The coffee recovered 38.63% of fertilizer N when all N was supplied to the plant; recovered 14.31% of the N on the application made only in forage residue which was deposited under Cup plant, and recovered 53.3% of N fertilizer and other 15.28% from the decomposition of biomass in the application of the same dose of N in culture and forage. The competition between the net by N Brachiaria and the coffee was small and ranged between 1.22 and 0.24%, subject to growth and productivity coffee. The N loss due to leaching was higher when provided only in the whole coffee N (6.05%) as compared to fertilizer only made in brachiaria (1.02%) and, in applying equal doses in coffee and brachiaria leaching ranged from 3.4% of applied N under the canopy of the plant to 1, 15% in the area of forage grown in between the crop rows.

**KEY WORDS:** *Coffea arabica*, nitrogen, stable isotope <sup>15</sup>N, recovery nitrogen

### INTRODUÇÃO

O aporte de resíduos vegetais na superfície do solo é um procedimento recomendado à ciclagem de nutrientes, um processo desejável tanto para a fertilidade do solo, quanto à nutrição da planta. No entanto, não há informações sobre o

consórcio do cafeeiro com a braquiária, em relação ao suprimento de N à planta pela gramínea, assim como sobre o balanço do N nesse sistema de produção. O nitrogênio (N) é absorvido e exportado em grande quantidade pelas plantas. No solo o N está disponível em diversas formas, entre elas amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis. As espécies vegetais diferem quanto à preferência pela natureza do N, como nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ou amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) (WILLIAMS & MILLER, 2001). Esse nutriente é submetido a um grande número de transformações bioquímicas no solo e levá-lo a perda do sistema solo-planta, por vários processos (FRANCO et al., 2008). Quando aplicado ao solo, por meio do resíduo vegetal, o nitrogênio pode ser absorvido pela planta após sua mineralização, ou ser perdido por um dos processos citados anteriormente, e ainda, ser imobilizado, como constituinte dos microrganismos do solo (AMBROSANO et al., 1997). Em sistema de produção com aporte de material vegetal fresco, como acontece no consórcio entre cafeeiro e braquiária, a disponibilidade de C-oxidável como fonte de energia, pode ser uma opção de fornecimento de N por meio da ciclagem (NOVAIS; MELLO, 2007). A aquisição dos nutrientes pelas plantas depende, entre outros, da eficiência com que se dá o contato do íon com as raízes, do volume de solo explorado pelas mesmas, da arquitetura do sistema radicular, da natureza do N fornecido à planta e do modo de aplicação (AMARAL et al., 2011). O crescimento das raízes e da parte aérea da forrageira é contínuo, com uma grande produção de biomassa, da ordem de 15 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, constatado na presente pesquisa. A cada corte da braquiária segue a morte de uma grande quantidade de raízes, que após a sua degradação deixam-se novos poros, os quais facilitam a oxigenação e a infiltração de água no solo (FAVARIN et al., 2010). O aproveitamento do nitrogênio pelo cafeeiro está diretamente relacionado com a dose, parcelamento e, ainda, com a época da aplicação. Estudos demonstram que raramente uma cultura aproveita mais do que 60% do nitrogênio aplicado como fertilizante, e o restante pode permanecer no solo ou perde-se por diversos meios (FENILLI et al., 2008). A avaliação da recuperação e das perdas do nitrogênio aplicado no solo é difícil identificar a sua origem, em relação ao aplicado e àquele já existente no solo. O uso do fertilizante nitrogenado enriquecido com <sup>15</sup>N, isótopo estável do N, possibilita conhecer sua dinâmica no sistema solo-planta (AMBROSANO et al., 1997), quantificar o N da planta proveniente do solo e do fertilizante e, estimar as possíveis perdas do sistema solo-planta. Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de elaborar o balanço de N no consórcio entre cafeeiro e braquiária, a recuperação do nutriente pelas culturas nesse sistema de produção e a contribuição da decomposição da biomassa, previamente fertilizada com N, como fonte desse nutriente ao cafeeiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma lavoura de café, variedade Mundo Novo 379-19 em primeiro ano de produção, na Fazenda São Gabriel, município de Altinópolis/SP, com 4.081 plantas por hectare (3,5 m x 0,7 m). O experimento começou em setembro de 2010 e terminou em setembro de 2011. O clima da região é classificado como tropical de altitude (tipo Cwa, segundo Köppen), com temperatura média anual de 23°C, inverno seco e verão chuvoso. Os resultados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Resultados da análise química do solo da área experimental.

pH	MO	P-res	S-SO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	-----mg.dm <sup>-3</sup> -----		-----mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----			-----mmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----			%	
5,1	22	5	12	1,5	23	7	34	0	32	66	48

O cafeeiro foi fertilizado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. A aplicação do nutriente foi feita na planta e/ou via resíduo de *Brachiaria brizantha*, adubada com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, parcelado em três vezes. Da combinação desses modos de adubação obtiveram-se as seguintes situações: (i) 300 kg ha<sup>-1</sup> de N fornecido no cafeeiro, sem resíduo de braquiária; (ii) 150 kg ha<sup>-1</sup> de N no cafeeiro, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 150 kg ha<sup>-1</sup> de N; (iii) cafeeiro sem N, com aporte de resíduo de braquiária fertilizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N. Os demais nutrientes foram aplicados de acordo com a recomendação de Raij et al. (1997). Para a adubação nitrogenada usou-se nitrato de amônio (<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), com a fonte amoniacal enriquecida com 5,07% de átomos de <sup>15</sup>N, aplicado manualmente na forma líquida com um regador. Para diminuir o risco de absorção do <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> pelos cafeeiros adjacentes duas placas de metal de 100 x 40 cm foram introduzidas no solo, a meia distância entre plantas. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandú foi cultivada em três linhas, no centro das entrelinhas do cafeeiro, perfazendo uma área de 1 m<sup>2</sup>, a uma distância de 1,25 m de cada lado da linha de plantas. A forrageira foi mantida sob controle mecânico a uma distância de 0,5 m da projeção da copa das plantas, para evitar a competição. Após a ceifa da gramínea o material vegetal foi pesado e colocado sob a copa do cafeeiro, protegido por uma tela de nylon de 70 cm x 60 cm e malha de 4 mm<sup>2</sup> presa ao solo com arame, para evitar as perdas. Para avaliação do N foliar no cafeeiro coletaram-se, no final do experimento, amostras do terceiro e quarto pares de folhas a partir do ápice dos ramos produtivos, a meia altura da planta. Depois de lavadas foram submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 70°C por 72 horas. Esse procedimento também foi realizado com as amostras de tecido da forrageira. No final do experimento determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSRz), dos grãos (MSG) e cascas dos frutos (MSCF) e total (MST), das plantas do cafeeiro enriquecida isotópicamente, cujas amostras passaram pelos mesmos procedimentos descritos acima. Nas amostras foram determinadas as concentrações de N-total e abundância de <sup>15</sup>N (% de átomos de <sup>15</sup>N) por espectrometria de massa, segundo metodologia de Barrie & Prosser (1996). As raízes do cafeeiro e da braquiária foram retiradas, as quais após a

lavagem determinou-se a massa fresca e seca, secas em estufa a 70 °C por 72 horas e, no final, determinou-se a massa. Depois, o material seco foi moído e usado para a determinação da concentração de N-total e abundância de <sup>15</sup>N (% de átomos de <sup>15</sup>N) por espectrometria de massa, conforme a metodologia indicada acima. Para a determinação do aproveitamento do N proveniente do fertilizante marcado os cálculos foram realizados conforme metodologia descrita por Trivelin et al. (2002), tanto para o cafeeiro quanto para a braquiária:

a) N acumulado no compartimento i (NA<sub>i</sub>, kg ha<sup>-1</sup>)

$$NA_i = \left[ Ni \times MS_i \right] / 100 \quad (1)$$

em que: Ni corresponde ao conteúdo de N na parte considerada (%), e MS<sub>i</sub> refere-se a massa seca da parte considerada seja vegetal ou solo (MS<sub>i</sub>, kg ha<sup>-1</sup>);

b) Percentagem do N nas plantas proveniente do fertilizante marcado (NPPF, %)

$$NPPF = \left[ (A - C) / (B - C) \right] \times 100 \quad (2)$$

em que: A corresponde a abundância de <sup>15</sup>N (% de átomos) no cafeeiro ou braquiária ou solo nas diferentes partes; B refere-se a abundância <sup>15</sup>N (5,07% de átomos) do <sup>15</sup>N-fertilizante aplicado ou da biomassa da forrageira adicionada ao cafeeiro; C a abundância natural de <sup>15</sup>N (0,368% de átomos).

c) Quantidade de nitrogênio na planta proveniente do fertilizante (QNPPF, kg ha<sup>-1</sup>)

$$QNPPF = \left[ NPPF \times NA \right] / 100 \quad (3)$$

em que: NA corresponde ao acúmulo de N no cafeeiro ou braquiária (kg ha<sup>-1</sup>)

d) Recuperação pela planta do nitrogênio do fertilizante (R, %)

$$R = \left[ QNPPF / NAF \right] \times 100 \quad (4)$$

em que: NAF corresponde a dose de N marcado aplicado no cafeeiro e na braquiária (75 e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N).

A competição pelo N do fertilizante entre o cafeeiro e a braquiária também foi avaliada nos tratamentos com adição de biomassa, em uma área distante da área experimental. Em outra parcela de braquiária cultivada com N marcado e o cafeeiro adjacente fertilizado com N não marcado, determinava-se a competição da parte do café, pois o enriquecimento isotópico dessa planta provinha da fertilização feita na forrageira. A competição líquida foi obtida pela diferença entre a quantidade encontrada na braquiária subtraída daquela obtida no cafeeiro (quantidade que a forrageira absorveu da planta menos a quantidade que o cafeeiro absorveu da braquiária). Os dados foram apresentados em kg por hectare e em percentagem. Os cálculos de N que permaneceu no solo sob o cafeeiro e a braquiária, proveniente do fertilizante marcado, também foram realizados de acordo com os procedimentos descritos acima, para determinação do N proveniente do fertilizante marcado nas plantas. No entanto, ao invés de considerar o conteúdo de N e a abundância de <sup>15</sup>N nas diferentes partes das plantas considerou-se o teor de N e a abundância de <sup>15</sup>N nas diferentes profundidades do solo. As amostragens do solo foram realizadas na projeção da copa a meia distância do cafeeiro no final do experimento; e da área da braquiária a amostragem foi feita no centro da parcela, logo após a última ceifa, ambas nas seguintes profundidades de 0-0,4; 0,4-0,8 m. As amostras foram submetidas à análise de N-total e abundância de <sup>15</sup>N (% átomos de <sup>15</sup>N) por espectrometria de massa. Para as amostras de solo foram utilizados os mesmos cálculos descritos para as amostras vegetais. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, composto por três tratamentos (300 kg ha<sup>-1</sup> de N no cafeeiro; 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N na braquiária) e quatro repetições, em que os resultados foram apresentados por meio da média e desvio padrão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de N proveniente do fertilizante (QNPPF, kg ha<sup>-1</sup>) e sua recuperação (R%) pela forrageira são apresentadas, mas não foram consideradas nos cálculos por estar embutido no balanço do cafeeiro que receberam aporte de resíduo, uma vez que estes resíduos foram colocados sob a copa dos cafeeiros para a decomposição. Os valores de aproveitamento de N (QNPPF, kg ha<sup>-1</sup>) referem-se à aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N enriquecido isotopicamente, pois somente a fonte amoniacal foi marcada. Portanto, para estimar o equivalente a dose efetivamente aplicada (300 kg ha<sup>-1</sup> de N) os valores de QNPPF (kg ha<sup>-1</sup>) devem ser multiplicados por 2. O compartimento “outros” das tabelas 1 e 2 representa os valores que não foram determinados como perdas, seja pela lixiviação de N para camadas abaixo de 0,8 m de profundidade, pelo escoamento superficial de N, a volatilização da parte aérea, a desnitrificação, e pela queda de folhas, parte de ramos, frutos e possíveis erros nas medidas.

Tabela 1 – Quantidade de N proveniente do fertilizante marcado (QNPPF, kg ha<sup>-1</sup>) na braquiária e no cafeeiro, fertilizados com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> e no solo e em duas profundidades, no final do experimento.

COMPARTIMENTOS	QNPPF (kg ha <sup>-1</sup> )			
	CAFEIRO COM BRAQUIÁRIA			CAFEIRO SEM BRAQUIÁRIA
	75 BQ <sup>1</sup>	75 CF <sup>2</sup>	150 BQ <sup>1</sup>	150 CF <sup>2</sup>
	----- kg ha <sup>-1</sup> <sup>15</sup> N -----			
Parte aérea do cafeeiro	3,1 ±0,38	19,78 ±0,65	10,13 ±1,2	30,17 ±0,87
Grãos do cafeeiro	0,64 ±0,29	6,69 ±1,65	1,40 ±0,97	6,54 ±1,73
Casca dos frutos	1,60 ±0,40	4,35 ±0,73	1,41 ±1,55	8,08 ±0,59
Raízes do cafeeiro	6,12 ±0,46	9,16 ±0,29	8,52 ±0,90	13,15 ±0,54
Subtotal cafeeiro	11,46	39,98	21,46	57,94
Solo (0-0,4 m)	22,32 ±1,78	21,34 ±0,33	40,47 ±1,90	57,41 ±4,51
Solo (0,4-0,8 m)	4,11 ±0,95	7,88 ±0,45	7,41 ±0,94	25,15 ±1,97
Subtotal solo cafeeiro	26,43	29,22	47,88	82,56
Parte aérea braquiária <sup>3</sup>	50,54 ±2,88		115,43 ±15,76	
Raízes braquiária	5,36 ±0,25	-	10,99 ±0,15	
Solo braquiária (0-0,4 m)	13,43 ±1,40	-	16,28 ±0,84	-
Solo braquiária (0,4-0,8 m)	2,23 ±0,35	-	4,88 ±0,45	-
Subtotal solo braquiária	15,66	-	21,16	-
Braquiária absorve do cafeeiro	1,69 ±0,64	1,69 ±0,64	1,61 ±0,39	-
Cafeeiro absorve da braquiária	0,78 ±0,24	0,78 ±0,24	1,27 ±0,52	-
Resíduo braquiária	9,74 ±1,57	0,48 ±0,43	37,72 ±1,81	-
Outros <sup>4</sup>	3,88	2,85	7,91	9,50
Total	75,00	75,00	150,00	150,00

<sup>1</sup> BQ - braquiária enriquecida com <sup>15</sup>N; <sup>2</sup> CF - cafeeiro enriquecido com <sup>15</sup>N; <sup>3</sup> Valores não considerados no balanço, por se tratar do material em decomposição sob a copa do cafeeiro; <sup>4</sup> valores não determinados

A parte aérea da forrageira fertilizada com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou QNPPF superior (50,54 e 115,43 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>N) a parte aérea do cafeeiro fertilizado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem adição de resíduo (44,79 kg ha<sup>-1</sup>) (Tabela 1). Essa observação atribui-se ao maior crescimento e produção de massa seca da parte aérea da braquiária (13,2 e 14,6 t ha<sup>-1</sup>) do que a parte aérea do café (10,6 t ha<sup>-1</sup>), constatados na presente pesquisa. As gramíneas apresentaram maiores percentagens de recuperação do nitrogênio proveniente do fertilizante (R, %), em relação ao cafeeiro fertilizado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, independentemente da dose de N aplicada na braquiária. A forrageira quando fertilizada com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N apresentou maior percentagem de recuperação do nitrogênio proveniente do fertilizante (76,95%) (Tabela 2). Os resultados evidenciam que a braquiária quando fertilizada com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N recuperou 67,39% e 76,95% do fertilizante marcado, respectivamente (Tabela 2). A recuperação do N-fertilizante pela forrageira, independente da dose aplicada, foi um pouco superior ao que observaram Ambrosano et al. (1996) e Stevens & Laughlin (1989), os quais obtiveram recuperação de 62,9% e 60,1%, respectivamente. A recuperação do N do fertilizante marcado pela parte aérea da gramínea foi superior ao cafeeiro, independentemente da dose de N aplicada. Portanto, a braquiária apresentou maior aproveitamento do fertilizante nitrogenado (<sup>15</sup>N), o que explica o menor teor de N-fertilizante no solo (Tabela 2). No solo sob o cafeeiro sem aporte de resíduo foram quantificados teores superiores de N proveniente do fertilizante nas duas profundidades, em relação aos valores obtidos sob a gramínea (Tabela 2). No entanto, devemos ressaltar que o N que permaneceu no solo da forrageira representa custo para o cafeicultor, uma vez que este N não estará disponível para o cafeeiro na presente safra, e sim, talvez em safras subsequentes. Na presente pesquisa observou-se que a braquiária absorveu do cafeeiro o equivalente a 1,69 e 1,61 kg ha<sup>-1</sup> de N quando fertilizado com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, o que corresponde a 2,26% e 1,08% do total de N marcado que foi aplicado (Tabelas 1 e 2). No entanto, o cafeeiro absorveu da forrageira 0,78 e 1,27 kg ha<sup>-1</sup> de N quando esta recebeu as mesmas doses (150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de N), ou seja, 1,04% e 0,84% do N aplicado. Portanto, para essas doses de N pode-se considerar que a competição líquida da braquiária com o cafeeiro foi por 0,91 e 0,34 kg ha<sup>-1</sup> de N (1,21% e 0,23% do total de N enriquecido e aplicado). Essa competição da forrageira com o cafeeiro por N não foi suficiente para prejudicá-lo, em parte, devido à distância de 0,5 m entre as espécies; e, também, em razão da morte parcial das raízes da braquiária, que ocorria após cada ceifa. O grau de competição entre plantas por luz, água, nutrientes e CO<sub>2</sub> depende da densidade e distribuição das plantas, da espécie e cultivar, da duração

do período de convivência, das condições de solo e clima e dos tratos culturais (KUVA et al., 2003).

Tabela 2 – Recuperação do N marcado (R, %) pela braquiária e pelo cafeeiro fertilizados com 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> e no solo em duas profundidades, no final do experimento.

COMPARTIMENTOS	R (%)			
	CAFEIRO COM BRAQUIÁRIA			CAFEIRO SEM BRAQUIÁRIA
	75 BQ <sup>1</sup>	75 CF <sup>2</sup>	150 BQ <sup>1</sup>	150 CF <sup>2</sup>
	----- kg ha <sup>-1</sup> <sup>15</sup> N -----			
Parte aérea do cafeeiro	4,12 ±0,41	26,37 ±0,88	6,76 ±0,28	20,12 ±0,61
Grãos do cafeeiro	0,86 ±0,29	8,93 ±2,20	0,93 ±0,56	4,36 ±1,15
Casca dos frutos	2,14 ±0,40	5,80 ±0,97	0,94 ±0,33	5,38 ±0,39
Raízes do cafeeiro	8,16 ±0,62	12,21 ±0,25	5,68 ±0,26	8,77 ±0,36
Subtotal cafeeiro	15,28	53,31	14,31	38,63
Solo 0-0,4 m	29,76 ±2,31	28,45 ±0,48	26,98 ±1,24	38,28 ±3,15
Solo 0,4-0,68m	5,48 ±1,75	10,51 ±0,62	4,94 ±0,65	16,76 ±1,45
Subtotal solo cafeeiro	35,24	38,96	31,92	55,04
Parte aérea braquiária <sup>3</sup>	67,39 ±3,84		76,95 ±10,5	-
Raízes braquiária	7,15 ±0,26	-	7,33 ±0,15	-
Solo braquiária 0-0,4 m	17,90 ±0,95	-	10,86 ±0,35	-
Solo braquiária 0,4-0,8 m	2,97 ±0,20	-	3,25 ±0,30	-
Subtotal solo braquiária	20,88	-	14,11	-
Braquiária absorveu do cafeeiro	2,26 ±0,85	2,26 ±0,85	1,08 ±0,26	-
Cafeeiro absorveu da braquiária	1,04 ±0,16	1,04 ±0,16	0,84 ±0,34	-
Resíduo braquiária	12,98 ±2,09	0,64 ±0,35	25,14 ±1,24	-
Outros <sup>4</sup>	5,17	3,79	5,27	6,33
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup> BQ - braquiária enriquecida com <sup>15</sup>N; <sup>2</sup> CF - cafeeiro enriquecido com <sup>15</sup>N; <sup>3</sup> valores não considerados no balanço, por se tratar do material em decomposição sob a copa do cafeeiro; <sup>4</sup> valores não determinados

A recuperação do fertilizante pelo cafeeiro fertilizado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem aporte de biomassa, foi 38,6%, semelhante ao observado por Reichardt et al. (2009), os quais obtiveram 40,5% no experimento em que a planta recebeu 280 kg ha<sup>-1</sup> de N. Na presente pesquisa a recuperação pelo cafeeiro foi baixa, explicado pela má distribuição das chuvas nos meses de setembro e outubro de 2010 e pela longa estiagem, de maio a setembro de 2011. Para que haja absorção de N é necessária umidade, pois o contato do nutriente com as raízes acontece por fluxo de massa. Essa afirmação pode ser sustentada pela grande quantidade de N presente nos primeiros 0,4 m de profundidade. Nas tabelas 1 e 2 a braquiária e o cafeeiro fertilizados com 75 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>N representa a quantidade de N enriquecida que foi aplicada ora no cafeeiro ora na forrageira. O restante do N foi aplicado sem marcação isotópica, de um total de 300 kg ha<sup>-1</sup>. Portanto, o resultado do cafeeiro fertilizado via resíduo e fertilizante leva em consideração o somatório da QNPPF dessas fontes em cada tratamento, o qual significa 51,44 kg ha<sup>-1</sup> de N proveniente do fertilizante, que corresponde à recuperação de 34,29% da aplicação de 150 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>N. Esses valores são próximos aos observados no cafeeiro que recebeu a mesma dose de N marcado, sem aporte de biomassa. A quantidade de N proveniente da decomposição da forrageira foi 11,46 kg ha<sup>-1</sup>, o que representa 15,28% de 75 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>N aplicado. A maior quantidade de N proveniente do fertilizante (39,98 kg ha<sup>-1</sup>), ou seja, 53,3% dos 75 kg ha<sup>-1</sup> de <sup>15</sup>N aplicado, observado no cafeeiro que recebeu aporte de biomassa da forrageira (75 CF<sup>2</sup>, Tabelas 1 e 2), deve-se provavelmente a maior umidade do solo, preservada pela presença de resíduo. A proteção do solo com resíduo vegetal diminuiu em até 50% da perda de água por evaporação, o que, certamente, contribuiu para maior eficiência do insumo. No compartimento “solo” os maiores valores de N proveniente do fertilizante enriquecido (QNPPF, kg ha<sup>-1</sup>) e de recuperação (R, %) foram observados no cafeeiro fertilizado com 300 kg ha<sup>-1</sup> de N, sem aporte de resíduo (82,56 kg ha<sup>-1</sup> e 55,04%) (Tabelas 1 e 2). Esses altos valores são atribuídos a aplicação exclusiva do N no cafeeiro e também a má distribuição das chuvas de setembro a outubro de 2010 e de maio a setembro de 2011, em razão do baixo aproveitamento pelo cafeeiro do N aplicado (Tabelas 1 e 2). O nitrogênio (<sup>15</sup>N) que permaneceu no solo sob a gramínea e o cafeeiro poderá ser aproveitado em safras subsequentes a sua aplicação. O N em profundidade não está totalmente perdido, pois ainda pode ser absorvido, mesmo com uma quantidade inferior de raízes, em razão da transpiração ao longo do ano em planta perene (FAVARIN et al., 2010).

Do fertilizante nitrogenado aplicado no solo apenas uma parte é absorvida pelas plantas, em razão das transformações do N no solo, estando à outra parte sujeita as perdas por lixiviação, escoamento superficial, desnitrificação,

volatilização da amônia e pela imobilização via microbiota (ALVA et al., 2006). Nos cafeeiros que receberam N por meio de resíduo, os maiores valores de QNPPF e R do solo são observados no cafeeiro em que 50% da dose de N aplicou-se na planta e 50% na forrageira, cujo resíduo foi depositado sob a copa do café depois de cada corte, para decomposição (Tabelas 1 e 2). A dose de N aplicada via fertilizante explica esses maiores valores. Além disso, o cafeeiro fertilizado unicamente via resíduo apresentou crescimento semelhante ao cafeeiro fertilizado via adubo (50%) e por resíduos da forrageira adubada com outros 50% da dose de N, portanto, sua única fonte de N era aquele presente no solo e o que veio da decomposição do resíduo (Tabelas 1 e 2).

## CONCLUSÕES

1. A forrageira recupera mais N (84,28% do aplicado) do que o cafeeiro (38,63%), com a aplicação da mesma dose de N em ambas as plantas.
2. O cafeeiro recupera 38,63% do N do fertilizante, quando todo o N é fornecido à planta; recupera 14,31% do N na aplicação feita somente na forrageira, em que o resíduo fica sob a copa da planta; e recupera 53,3% do N do adubo e outros 15,28% proveniente da decomposição da biomassa, na aplicação da mesma dose de N na cultura e na forrageira.
3. A competição líquida por N entre a braquiária e o café é pequena e varia de 1,22% a 0,24%, sem prejuízo ao crescimento e à produtividade do cafeeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVA, A.K.; PARAMASIVAM, S.; FARES, A.; DELGADO, J.A.; MATTOS Jr., D.; SAJWAN, K. Nitrogen and irrigation management practices to improve nitrogen uptake efficiency and minimize leaching losses. *Journal of Crop Improvement*, Binghamton, v. 15, n. 2, p. 369-420, 2006.
- AMARAL, J.F.T. do; MARTINEZ, H.E.P.; LAVIOLA, B.G.; TOMAZ, M.A.; FERNANDES FILHO, E.I.; CRUZ, C.D. Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro. *Coffee Science*, Lavras, v. 6, n. 1, p. 65-74, jan./abr. 2011.
- AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes *Crotalaria juncena* e *Mucuna-preta* com  $^{15}\text{N}$  para estudos de dinâmica do nitrogênio. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 1, p. 219-224, 1997.
- AMBROSANO, E.J.; CORSI, M.; TRIVELIN, P.C.O.; AMBROSANO, G.M.B. Aproveitamento do nitrogênio do sulfato de amônio ( $^{15}\text{N}$ ) pelo capim-Colômbio em sucessivos cortes e diferentes épocas de adubação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 20, p. 277-282, 1996.
- BARRIE, A.; PROSSER, S.J. Automated analysis of light-element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S. (Eds.). *Mass spectrometry of soils*. New York, Marcel Dekker. p. 1-46, 1996.
- FAVARIN, J.L.; TEZOTTO, T.; NETO, A.P.; PEDROSA, A.W. Gestão para qualidade da adubação do cafeeiro. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. Eds. *Boas Práticas para uso eficiente de fertilizantes*. Anais... Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. v. 3, p. 411-467, 2010.
- FENILLI, T.A.B.; REICHARDT, K.; FAVARIN, J.L.; BACCHI, O.O.S.; SILVA, A.L.; TIMM, L.C.. Fertilizer  $^{15}\text{N}$  balance in a coffee cropping system: a case study in Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 1459-1469, 2008.
- FRANCO, H.C.J.; DAMIN, V.; FRANCO, A.; MORAES, M.F.; TRIVELIN, P.C.O. Perda de nitrogênio pela *Brachiaria decumbens* após a antese: relação com a umidade do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 96-102, jan-fev, 2008.
- KUVA, M.A.; GRAVENA, R.; PITELLI, R.A.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; ALVES, P.L.C.A. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colômbio (*Panicum maximum*) Planta Daninha, Rio de Janeiro, v.21, n.1, p. 37-44, 2003.
- NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ-VENEGAS, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Cap. IV, p. 133-204, 2007.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. Boletim técnico 100 – Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas, SP. dez. 1997, 290 p.
- REICHARDT, K.; SILVA, A.L.; FENILLI, T.A.; TIMM, L.C.; BRUNO, I.P.; VOLPE, C.A. Relação entre a adubação nitrogenada e as condições hídricas do solo para um cafezal de Piracicaba, SP. *Coffee Science*, Lavras, v. 4 n. 1, p. 41-55, jan./jun. 2009.
- STEVENS, R.J.; LAUGHLIN, R.J. A microplot study of the fate of  $^{15}\text{N}$ -labelled ammonium nitrate and urea applied at two rates to ryegrass in spring. *Fertilizer Research*, Netherlands, v. 20, p. 33-39, 1989.
- WILLIAMS, L.E.; MILLER, A.J. Transporters responsible for the uptake and partitioning of nitrogenous solutes. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, Calif., US. v. 52, p. 659-688, 2001.
- TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OLIVEIRA, M.W.; GAVA, G.J.C.; SARRIÉS, G.A. Utilização de nitrogênio e produtividade da cana-de-açúcar (cana-planta) em solo arenoso com incorporação de resíduos da cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 637-646, 2002.