



O potássio na sucessão soja-trigo”. Este foi o título do artigo que deu início ao jornal Informações Agronômicas, edição número 1, em junho de 1978, sob a liderança do Dr. Tsuioshi Yamada, Diretor da então POTAFOS no Brasil. O IA, como respeitosamente o jornal é chamado internamente, desde a sua origem, é um veículo de informação dirigido aos profissionais que trabalham no campo com nutrição mineral, fertilidade do solo e adubação de culturas, e que enfoca assuntos de importância do dia a dia, além de notícias sobre cursos, eventos, publicações e pesquisas.

Durante esses 40 anos de atividade, 473 artigos técnicos foram publicados em 161 edições, tratando de importantes temas, com a contribuição grandiosa de diversos autores internacionais e nacionais, como Dr. Francisco Pimentel Gomes, Dr. Bernardo van Raij, Dr. Alfredo Scheid Lopes, Dr. José Carlos Alcarde, entre outros, educando sobre o manejo adequado dos nutrientes, como também tratando de temas diversos relacionados à agricultura. Ademais, 51 Encartes Técnicos foram editados e distribuídos gratuitamente, cumprindo a missão da instituição de promover e difundir o uso adequado dos nutrientes das plantas para o benefício da família humana.

Ressalta-se, especialmente, a contribuição valiosa e intensa do saudoso Dr. Eurípedes Malavolta, Professor Emérito da ESALQ/USP e grande pesquisador da área de nutrição mineral de plantas, que colaborou com o IA por anos, escrevendo diversos artigos técnicos e de opinião. Esteve sob sua responsabilidade a seção **Ponto de Vista** do IA entre os anos de 1991 e 1994. Antes de seu falecimento, em 19 de janeiro de 2008, deixou, como último legado de sua extensa produção literária, o artigo inacabado, intitulado *O futuro da nutrição de plantas tendo em vista os aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais*, publicado na edição de número 121.

O jornal, em sua jornada histórica, também contou com a brilhante colaboração do Eng. Agrônomo e pesquisador Dr. Norman Bor-

laug, agraciado merecidamente com o Prêmio Nobel da Paz em 1970, dentre vários outros, pelas suas incansáveis atividades de pesquisa e extensão pelo mundo, incluindo visitas ao Brasil, ocasião na qual ficou admirado com o potencial agrícola da já então avançada agricultura do Cerrado. Ele deixou sua importante contribuição no artigo *Alimentando o mundo com tecnologia*, publicado na edição 71, de 1995.

Embora muitos anos tenham se passado desde a primeira edição deste jornal, alguns assuntos que foram discutidos nas primeiras edições continuam presentes, como, por exemplo, a compactação do solo, tratada em artigos publicados nas edições de número 21 (1983) e 29 (1985), demonstrando a atemporalidade do tema e a sensibilidade do jornal aos diversos fatores que impactam o uso eficiente dos nutrientes. O IA sempre esteve atento às atualidades de grande relevância e, ao longo do tempo, alguns temas foram abordados com maior ênfase, como o manejo do solo em plantio direto, os fatores de impacto na busca pela máxima produtividade, as relações entre a nutrição mineral e as doenças das plantas e o manejo dos nutrientes em sistemas de produção agropecuários. Novos temas deverão compor as futuras edições, como a adubação por fertirrigação, os fertilizantes fluidos e as ferramentas da agricultura de precisão, bem como culturas de grande valor sócio-econômico como as hortaliças, as frutíferas e as essências florestais.

Em pesquisa de opinião recentemente realizada pelo IPNI, pôde-se observar o grande apreço dos leitores pelos artigos de cunho técnico e prático publicados no IA e o reconhecimento da qualidade desta publicação. Assim, é com imensa satisfação e inspiração do passado que o corpo editorial deste importante jornal continua a veicular informações agronômicas que ajudam os profissionais de campo e contribuem para o avanço do conhecimento de seus assíduos e respeitados leitores.

A todos, uma excelente leitura e uma sugestão... Visitem o site do IPNI (<http://brasil.ipni.net>) e revejam as edições anteriores!

INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS

Publicação trimestral gratuita do International Plant Nutrition Institute (IPNI), Programa Brasil. O jornal publica artigos técnico-científicos elaborados pela comunidade científica nacional e internacional visando o manejo responsável dos nutrientes das plantas.

ISSN 2311-5904

COMISSÃO EDITORIAL

Editor

Eros Artur Bohac Francisco

Editores Assistentes

Luís Ignácio Prochnow, Sílvia Regina Stipp

Gerente de Distribuição

Evandro Luis Lavorenti

INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE (IPNI)

Presidente do Conselho

Tony Will (CF Industries)

Vice-Presidente do Conselho

Svein Tore Holsether (Yara)

Tesoureiro

Joc O'Rourke (The Mosaic Company)

Presidente

Terry L. Roberts

Vice-Presidente, Coordenador do Grupo da Ásia e África

Kaushik Majumdar

Vice-Presidente, Coordenadora do Grupo do Oeste Europeu/Ásia Central e Oriente Médio

Svetlana Ivanova

Vice-Presidente Senior, Diretor de Pesquisa e Coordenador do Grupo das Américas e Oceania

Tom Bruulsema

PROGRAMA BRASIL

Diretor

Luís Ignácio Prochnow

Diretor Adjunto

Eros Artur Bohac Francisco

Publicações

Sílvia Regina Stipp

Analista de Sistemas e Coordenador Administrativo

Evandro Luis Lavorenti

Assistente Administrativa

Elisângela Toledo Lavorenti

Secretária

Jéssica Silva Machado

ASSINATURAS

Assinaturas gratuitas são concedidas mediante aprovação prévia da diretoria. O cadastramento pode ser realizado no site do IPNI:

<http://brasil.ipni.net>

Mudanças de endereço podem ser solicitadas por email para:

jmachado@ipni.net

Nº 162 JUNHO/2018

CONTEÚDO

Balanco de nutrientes na agricultura brasileira no período de 2013 a 2016

José Francisco da Cunha, Eros Artur Bohac Francisco, Luís Ignácio Prochnow... 3

A agricultura de precisão sob a perspectiva de seus diversos atores

Leandro Maria Gimenez, José Paulo Molin 15

Divulgando a Pesquisa 20

IPNI em Destaque 21

Painel Agronômico 22

Cursos, Simpósios e outros Eventos 23

Publicações Recentes 24

Ponto de Vista 25

NOTA DOS EDITORES

Todos os artigos publicados no Informações Agronômicas estão disponíveis em formato pdf no website do IPNI Brasil: <http://brasil.ipni.net>

Opiniões e conclusões expressas pelos autores nos artigos não refletem necessariamente as mesmas do IPNI ou dos editores deste jornal.

FOTO DESTAQUE



Deficiência de fósforo em algodoeiro. Foto classificada em primeiro lugar no concurso do IPNI, na categoria Nutrientes Primários.

Crédito: Dr. Srinivasan Subbiah, Kovilpatti, Tamil Nadu, India.

BALANÇO DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA NO PERÍODO DE 2013 A 2016

José Francisco da Cunha¹

Eros Artur Bohac Francisco²

Luís Ignácio Prochnow³

1. INTRODUÇÃO

O balanço de nutrientes é uma das importantes ferramentas para avaliação do uso de fertilizantes na agricultura e, devido à sua importância, o IPNI Brasil faz o seu acompanhamento periódico. Ele é o resultado da diferença matemática entre entradas e saídas de nutrientes em um sistema, e a comparação dos balanços de safras sucessivas permite avaliar a evolução da exploração agrícola. Desde a década de 1980, diversos estudos foram realizados e publicados sobre o tema, permitindo o acompanhamento da evolução do consumo (entrada) e exportação (saída) de N, P₂O₅ e K₂O na agricultura brasileira ao longo dos anos (YAMADA; LOPES, 1998; CUNHA et al., 2010; CUNHA et al., 2011; CUNHA et al., 2014). Este estudo objetiva dar continuidade à avaliação do consumo de fertilizantes pelas culturas, da área plantada, da produção e do rendimento agrovegetal e do balanço de nutrientes, considerando as 18 principais culturas agrícolas cultivadas no Brasil no período de 2013 a 2016.

A eficiência de aproveitamento de nutrientes pode ser quantificada por meio de índices de uso ou por outros indicadores. Um

dos índices, denominado taxa de desfrute, baseia-se na relação entre consumo e demanda de nutrientes por uma ou várias culturas, em um determinado intervalo de tempo. A Tabela 1 apresenta a evolução de consumo, rendimento agrovegetal e taxa de desfrute de nutrientes pela agricultura brasileira entre os anos de 2009 e 2016. Observa-se um crescimento no consumo de nutrientes – 42%, 23% e 51% para N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente –, maior do que o aumento no rendimento agrovegetal (17%), com consequente diminuição na taxa de desfrute. O aumento no consumo ocorreu devido ao incremento de aproximadamente 12,8 milhões de hectares colhidos no mesmo período. Contudo, a eficiência produtiva não aumentou na mesma proporção e, por isso, a taxa de desfrute dos nutrientes apresentou redução significativa, indicando que a entrada de nutrientes aumentou mais do que a saída (exportação).

2. ENTRADAS E SAÍDAS DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA

A entrada de N, P e K no sistema agrícola por meio do uso de fertilizantes, no período de 2013 a 2016, corresponde aos

Tabela 1. Consumo de nutrientes, taxa de desfrute e rendimento agrovegetal médio no Brasil durante o período de 2009 a 2016.

Ano	Consumo (kg ha ⁻¹)			Desfrute ¹ (%)			Rendimento agrovegetal (kg ha ⁻¹)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
2009	38,6	50,7	47,6	72	55	97	3.066
2010	41,8	49,5	57,0	71	60	87	3.294
2011	49,4	56,6	65,0	58	48	70	3.074
2012	48,6	61,2	68,5	59	51	73	3.394
2013	48,5	60,9	66,8	61	47	73	3.419
2014	48,9	60,0	68,1	58	49	74	3.452
2015	45,1	56,2	65,9	62	52	76	3.467
2016	54,8	62,4	71,9	51	50	77	3.575
Evolução no período 2009-2016							
	+ 42%	+ 23%	+ 51%	- 29%	- 9%	+ 21%	+ 17%

¹ Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo.

Abreviações: AC = Acre; AL = Alagoas; AM = Amazonas; AP = Amapá; B = boro; BA = Bahia; Ca = cálcio; CE = Ceará; Cu = cobre; DF = Distrito Federal; ES = Espírito Santo; Fe = ferro; GO = Goiás; K = potássio; MA = Maranhão; Mg = magnésio; MG = Minas Gerais; MO = matéria orgânica; Mn = manganês; Mo = molibdênio; MS = Mato Grosso do Sul; MT = Mato Grosso; N = nitrogênio; Ni = níquel; P = fósforo; PA = Pará; PB = Paraíba; PE = Pernambuco; PI = Piauí; PR = Paraná; RJ = Rio de Janeiro; RN = Rio Grande do Norte; RO = Rondônia; RR = Roraima; RS = Rio Grande do Sul; S = enxofre; SC = Santa Catarina; SE = Sergipe; SP = São Paulo; TO = Tocantins; Zn = zinco.

¹ Engenheiro Agrônomo, Consultor, Tec-Fértil; email: cunha@agroprecisa.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Diretor Adjunto do IPNI Brasil; email: efrancisco@ipni.net

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Diretor do IPNI Brasil; email: Lprochnow@ipni.net

Tabela 2. Consumo de fertilizantes por estado no período de 2013 a 2016.

Estado/Região	Produto	Nutrientes			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total
		(t)			
RS	15.864.061	2.235.750	2.567.506	2.646.733	7.449.989
SC	3.144.646	542.970	422.704	393.583	1.359.257
PR	15.978.458	1.787.114	2.625.287	2.632.832	7.045.233
Total Sul	34.987.165	4.565.834	5.615.497	5.673.148	15.854.479
DF	281.594	34.748	53.175	30.325	118.248
GO	11.852.156	1.409.629	2.085.494	2.004.353	5.499.476
MT	23.520.543	1.835.406	3.794.917	4.573.122	10.203.445
MS	6.644.492	704.091	1.189.098	1.272.863	3.166.052
Total Centro-Oeste	42.298.785	3.983.874	7.122.684	7.880.663	18.987.221
MG	14.748.134	2.425.921	1.771.951	2.191.347	6.389.219
ES	1.621.687	316.494	98.962	234.567	650.023
RJ	203.893	28.669	15.731	29.303	73.703
SP	15.579.667	2.514.395	1.525.383	2.351.466	6.391.244
Total Sudeste	32.153.381	5.285.479	3.412.027	4.806.683	13.504.189
AL	592.196	87.906	36.233	89.330	213.469
BA	7.518.605	653.936	966.076	1.246.090	2.866.102
CE	107.067	21.135	10.394	13.240	44.769
MA	2.290.553	162.825	406.012	408.532	977.369
PB	229.627	35.788	15.159	37.375	88.322
PE	697.150	107.283	46.373	113.817	267.473
PI	1.531.009	101.092	271.293	263.145	635.530
RN	158.873	24.312	17.031	21.506	62.849
SE	367.239	72.215	53.590	28.762	154.567
Total Nordeste	13.492.319	1.266.492	1.822.161	2.221.797	5.310.450
AC	10.651	1.583	1.719	990	4.292
AP	56.632	3.022	8.994	9.461	21.477
AM	33.768	4.245	3.404	5.159	12.808
PA	1.672.846	150.835	252.845	285.925	689.605
RO	573.470	49.744	104.669	94.850	249.263
RR	69.653	7.121	12.182	11.632	30.935
TO	2.227.738	151.320	411.889	389.301	952.510
Total Norte	4.644.758	367.870	795.702	797.318	1.960.890
Total Brasil	127.576.408	15.469.549	18.768.071	21.379.609	55.617.229

Fonte: ANDA (2014 a 2017).

dados estatísticos de entrega de nutrientes disponíveis por estado da federação, publicados anualmente pela ANDA (Tabela 2). As quantidades fornecidas de cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) foram estimadas com base no consumo aparente dos principais fertilizantes e corretivos, levando-se em conta o teor médio de nutrientes nesses insumos (Tabela 3).

De acordo com a Tabela 2, a entrega de fertilizantes no Brasil, no período avaliado, atingiu um total de 127,6 milhões de toneladas, e os estados com maior consumo, em ordem decrescente, foram: Mato Grosso (MT), Paraná (PR), Rio Grande do Sul (RS), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG), Goiás (GO), Bahia (BA) e Mato Grosso do Sul (MS). Esses estados foram responsáveis

por 87,6% do total de fertilizantes consumidos no país. O maior consumidor de N, proporcionalmente, foi o estado de SP, devido à alta demanda deste nutriente pelas culturas de cana-de-açúcar, citros e café. O MT apresentou o maior consumo de P₂O₅ e K₂O, em virtude da grande área de produção de soja e milho. Ressalta-se, também, o baixíssimo consumo de fertilizantes pelos estados da região Norte (3,6% do total). Na região Nordeste (NE), o consumo é baixo (10,6% do total), com exceção da Bahia. Nota-se que nos estados considerados como fronteiras agrícolas houve maior consumo de fertilizantes em relação aos estados que apresentam agricultura menos desenvolvida. Este é o caso da BA, MA e PI, na região Nordeste, e do TO e PA, na região Norte, que se destacam dos demais estados pelo maior consumo de fertilizantes.

Tabela 3. Quantidade estimada de macronutrientes secundários e micronutrientes fornecidos pelos fertilizantes e corretivos no período de 2013 a 2016.

Produto	Consumo	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn
----- (t) -----											
Sulfato de amônio	7.944.405	-	-	1.906.657	-	-	-	-	-	-	-
Superfosfato simples	21.863.802	3.935.484	-	2.405.018	656	437	456.844	3.389	66	831	1.705
Superfosfato triplo	7.290.123	874.815	-	72.901	802	73	93.897	2.187	66	73	802
DAP	2.357.395	-	-	-	236	17	-	554	26	-	288
MAP	15.449.885	-	-	-	1.545	108	287.368	1.390	216	-	-
Termofosfato	260.574	46.903	18.240	-	2	11	10.009	578	2	860	97
Fosfato natural	954	191	-	-	0	0	28	4	0	0	1
Fosfato natural reativo	779.640	218.299	-	-	-	15	1.746	21	-	31	288
Gesso	22.147.182	4.429.436	-	3.322.077	66	177	14.839	332	354	44	199
Calcário	132.729.500	22.696.745	11.149.278	-	3.982	611	285.767	17.985	133	1.805	3.995
Micronutrientes	1.306.500				48.341	18.291	84.923	37.889	-	-	92.762
Total		32.201.873	11.167.518	7.706.654	55.629	19.740	1.235.420	64.329	862	3.644	100.138
Utilizado pelas culturas deste Balanço	93,1%	29.981.324	10.397.438	7.175.225	51.793	18.379	1.150.229	59.893	803	3.393	93.232

Fontes: Amaral Sobrinho (1992); ANDA (2014 a 2015); Campos (2005); Fertipar (2009); Malavolta (1992); Malavolta (1994); Mullins (1990); Prochnow (1996); Tec-Fértil (2018); Yamada (2004).

O consumo total médio anual no período avaliado foi de 31,9 milhões de toneladas de fertilizantes, o que representa um aumento de 22% em relação ao período de 2009 a 2012. Em 2016 ocorreu o maior consumo de fertilizantes registrado na história da agricultura brasileira até então, 34,1 milhões de toneladas, o que representou um aumento de 52% em relação à quantidade de fertilizantes consumida em 2009. Considerando o período estudado de 2013 a 2016, comparativamente, os estados que apresentaram os maiores aumentos de consumo foram AC, SE, RO, AP e PA, com 97%, 35%, 32%, 32% e 30%, respectivamente. Os estados de RR, CE, PE, PI e AL apresentaram as maiores retrações no consumo de fertilizantes: -46%, -30%, -20%, -17% e -13%, respectivamente. Também apresentaram retração no consumo de fertilizantes os estados de RJ, BA, SP e ES. Dos macronutrientes primários, o que apresentou maior incremento no consumo, comparando-se 2013 e 2016, foi o N (18,2%), seguido de K e P, com 12,6% e 7,3%, respectivamente.

Destaca-se, na Tabela 3, a quantidade de S fornecida pelo uso de gesso agrícola, no período de 2013 a 2016, de 3,3 milhões de toneladas, representando uma média anual de 830,5 mil toneladas. Em 2008, a quantidade de S fornecida pelo uso de gesso agrícola foi de 375 mil toneladas (CUNHA et al., 2010).

Para o cálculo do balanço de nutrientes, a saída ou exportação de nutrientes foi calculada a partir de dados estatísticos da produção agrícola, por cultura (Tabela 4) ou por estado e região (Tabela 5), juntamente com os dados de concentração de nutrientes no produto colhido (Tabela 6). A partir daí, foi possível avaliar a exportação de nutrientes pelas principais culturas e por estados brasileiros, conforme apresentado nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Um dos fatores responsáveis pelo aumento no consumo de fertilizantes neste período foi o aumento da área plantada das culturas avaliadas neste estudo. A Tabela 4 apresenta as áreas plantada e colhida, a produção total e agrovegetal e os rendimentos observados no período de 2013 a 2016. Os dados mostram que 76% da área total colhida foram cultivados com soja, milho e cana-de-açúcar. Em

relação aos estados (Tabela 5), o MT foi o que apresentou maior área colhida, seguido por PR, RS e SP. Ressalta-se que o maior aumento na área colhida ocorreu nos estados de RO, TO, PA, MS e SP (37%, 32%, 24%, 20% e 15%, respectivamente), enquanto vários outros estados apresentaram decréscimo na área colhida, com maior ênfase para RJ, SE, AL, MA e RN. Comparativamente a 2013, a soja foi a cultura que apresentou o maior incremento na área colhida em 2016, com 11,9%, enquanto a área colhida de arroz e feijão retraiu 13,1% e 7,4%. As culturas de mamona, sorgo e algodão foram as que apresentaram a maior retração em área colhida no período: 59%, 25% e 18%, respectivamente.

Notadamente, por ser a cultura com maior área de cultivo no Brasil, a soja é a que apresenta maior exportação de nutrientes (Tabela 7). Apesar do N não ser aplicado via fertilizante mineral, vale destacar que a sua exportação foi da ordem de 70% do total de N exportado por todas as culturas, enquanto as exportações de P_2O_5 e K_2O foram da ordem de 57,5% e 56,8%, respectivamente. Contudo, avaliando-se a exportação de nutrientes por unidade de área observa-se que as culturas que mais exportaram N foram a soja (181 kg ha⁻¹), o tomate (159 kg ha⁻¹) e o algodão (129 kg ha⁻¹). Em relação ao P_2O_5 , o tomate (55 kg ha⁻¹), o algodão (47 kg ha⁻¹) e o sorgo (45 kg ha⁻¹) foram as culturas que mais exportaram o elemento. Já em relação ao K_2O , o tomate (196 kg ha⁻¹), a banana (143 kg ha⁻¹) e a batata (116 kg ha⁻¹) apresentaram as maiores quantidades exportadas por unidade de área.

Os dados de exportação de nutrientes por estado brasileiro estão apresentados na Tabela 8. Ressalta-se que os valores relativos a cada nutriente são resultados da soma das exportações das 18 culturas consideradas subtraindo-se as deduções referentes à fixação biológica do N e à vinhaça.

3. RESULTADOS DO BALANÇO DE NUTRIENTES

Na Tabela 9 estão apresentados os valores do balanço de nutrientes, na qual constam as entradas e saídas bem como as

Tabela 4. Área e produção das culturas no período de 2013 a 2016 e comparação com o período anterior.

Cultura	Área plantada ----- (ha) -----	Área colhida -----	Participação (%)	Produção (t)	Rendimento (kg ha ⁻¹)	Rendimento agrovegetal por período		
						2013-2016	2009-2012	Varição
						----- (kg ha ⁻¹) -----	-----	(kg ha ⁻¹)
Soja	129.755.753	129.496.972	41,8	395.490.231	3.054	3.054	2.905	+ 149
Milho	62.377.496	60.292.503	20,1	306.732.301	5.087	5.087	4.567	+ 520
Cana-de-açúcar	44.084.640	40.592.112	14,2	2.993.732.938	73.752	3.688	3.816	- 128
Cafê-coco	8.937.742	8.011.059	2,9	22.779.194	2.843	2.843	2.598	+ 245
Algodão herbáceo	4.109.376	4.100.569	1,3	15.604.931	3.806	3.806	3.598	+ 208
Arroz	8.554.725	8.456.694	2,8	47.566.510	5.625	5.625	4.698	+ 927
Feijão	12.774.793	11.787.796	4,1	12.420.543	1.054	1.054	951	+ 103
Fumo	1.597.112	1.588.526	0,5	3.276.569	2.063	2.063	1.980	+ 83
Laranja	2.966.883	2.712.048	1,0	67.209.651	24.782	2.478	2.342	+ 136
Trigo	9.702.735	9.679.688	3,1	24.299.770	2.510	2.510	2.440	+ 70
Batata	524.672	524.530	0,2	15.264.413	29.101	4.365	3.926	+ 439
Banana	2.052.697	1.909.306	0,7	27.503.429	14.405	1.440	1.435	+ 5
Sorgo	3.014.534	2.925.293	1,0	7.664.537	2.620	2.620	2.543	+ 77
Tomate	252.897	251.255	0,1	16.647.320	66.257	6.626	6.346	+ 280
Cacau	3.012.585	2.791.294	1,0	1.022.491	366	366	357	+ 9
Mandioca	8.508.468	5.895.800	2,7	88.019.799	14.929	2.239	2.101	+ 138
Amendoim	595.351	593.702	0,2	2.008.565	3.383	3.383	2.809	+ 574
Mamona	224.290	216.097	0,1	120.795	559	559	544	+ 15
Subtotal	303.046.749	291.825.244	97,5	4.047.363.987	13.869	3.479	3.253	+ 226
Outras culturas	7.710.210	-	2,5	-	-	-	-	-
Total das culturas	310.756.959		100,0					

(¹) Produção agrovegetal é a produção reduzindo-se a 5% a produção de cana-de-açúcar, a 10% a produção de banana, laranja e tomate e a 15% a produção de batata e mandioca.
Fonte: IBGE (2013 a 2016).

Tabela 5. Área média anual ocupada pelas culturas e produção, por estado e região, no período de 2013 a 2016, e comparação com o período anterior.

Estados/Regiões	Área plantada ----- (ha) -----	Área colhida ----- (ha) -----	Produção ----- (t) -----	Produção agrovegetal ⁽¹⁾ ----- (t) -----	Rendimento agrovegetal		
					2013-2016 ----- (kg ha ⁻¹) -----	2009-2012 ----- (kg ha ⁻¹) -----	Variação (kg ha ⁻¹)
RS	8.667.399	8.634.836	35.506.469	32.751.125	3.793	3.356	+ 437
SC	1.516.869	1.504.598	8.607.953	6.911.394	4.594	4.315	+ 279
PR	10.492.055	10.457.376	90.749.848	39.947.870	3.820	3.599	+ 221
Total Sul	20.676.323	20.596.810	134.864.270	79.610.389	3.865	3.557	+ 308
DF	158.129	157.802	849.486	759.724	4.814	4.730	+ 84
GO	6.170.816	5.996.280	90.946.073	22.792.089	3.801	3.779	+ 22
MT	14.066.400	13.974.821	70.001.555	51.146.303	3.660	3.419	+ 241
MS	4.878.366	4.758.631	62.154.494	18.127.991	3.809	3.341	+ 468
Total Centro-Oeste	25.273.710	24.887.533	223.951.607	92.826.107	3.730	3.507	+ 223
MG	5.625.470	5.251.483	89.833.413	19.123.019	3.641	3.652	- 11
ES	668.858	604.803	5.505.210	1.607.575	2.658	2.632	+ 26
RJ	146.263	143.227	4.654.382	313.365	2.188	2.210	- 22
SP	8.683.227	8.158.505	442.721.347	31.189.473	3.823	3.851	- 28
Total Sudeste	15.123.817	14.158.018	542.714.352	52.233.432	3.689	3.694	- 5
AL	536.536	469.147	24.770.734	1.328.482	2.832	2.705	+ 127
BA	4.430.422	4.132.499	19.636.054	9.273.853	2.244	2.153	+ 91
CE	1.113.690	1.068.940	2.422.047	540.621	506	636	- 130
MA	1.896.198	1.769.497	7.975.510	3.988.065	2.254	1.875	+ 379
PB	335.909	281.486	6.973.774	407.407	1.447	1.144	+ 303
PE	807.585	610.272	15.802.712	918.951	1.506	1.600	- 94
PI	1.476.271	1.368.859	3.764.294	2.757.243	2.014	1.747	+ 267
RN	177.946	117.529	4.080.293	243.367	2.071	1.843	+ 228
SE	340.066	282.079	4.443.606	830.085	2.943	2.658	+ 285
Total Nordeste	11.114.623	10.100.306	89.869.024	20.288.074	2.009	1.834	+ 175
AC	111.535	104.569	1.489.819	296.838	2.839	2.224	+ 615
AP	42.806	36.029	234.804	72.745	2.019	1.386	+ 633
AM	127.395	103.638	1.228.864	174.018	1.679	1.621	+ 58
PA	1.472.302	1.203.182	8.372.223	2.952.309	2.454	2.209	+ 245
RO	604.469	577.423	2.496.857	1.706.680	2.956	2.203	+ 753
RR	59.878	58.303	395.110	168.156	2.884	3.411	- 527
TO	1.154.830	1.130.501	6.224.068	3.496.562	3.093	3.006	+ 87
Total Norte	3.573.215	3.213.645	20.441.744	8.867.309	2.759	2.401	+ 358
Total Brasil	75.761.687	72.956.311	1.011.840.997	253.825.310	3.479	3.253	+ 226

⁽¹⁾ Produção agrovegetal é a produção reduzindo-se a 5% a produção de cana-de-açúcar, a 10% a produção de banana, laranja e tomate e a 15% a produção de batata e mandioca.

Fonte: IBGE (2013 a 2016).

deduções de N, P₂O₅ e K₂O. Destaca-se a elevada quantidade de N fornecida pela fixação biológica, equivalente a 1,62 vez a quantidade total de N consumida como fertilizante. Isso demonstra, por um lado, a importância da cultura da soja na agricultura brasileira e, por outro, a necessidade do uso eficiente da sucessão e rotação de culturas.

Dentre os macronutrientes primários, o P foi o que apresentou menor índice de eficiência, explicado pela dinâmica do elemento no solo. O fator de consumo 2,0 indica que foi aplicado o dobro da quantidade exportada. Apesar de grande parte do consumo deste nutriente ocorrer na agricultura estabelecida em terras de cultivo

já consolidado, onde as dosagens podem ser menores, houve, nos anos recentes, grande avanço da agricultura em áreas de pastagem degradadas, nas quais as dosagens de P para correção da fertilidade são elevadas. Assim, o desfrute médio obtido no uso de fertilizantes fosfatados (49%) foi discretamente menor do que o observado no período de 2009 a 2012 (53%). No caso dos fertilizantes potássicos, o desfrute médio observado diminuiu no período estudado para 75%, em comparação ao período anterior (82%), devido ao maior consumo deste nutriente (31%) em relação à exportação líquida (20%), comparativamente. Ademais, houve redução no valor do desfrute médio dos fertilizantes nitrogenados (57%), comparado ao

Tabela 6. Concentração de nutrientes no produto colhido das principais culturas no Brasil.

Culturas	Macronutrientes (g kg ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Soja ^(1, 2)	59,2	5,50	18,8	2,90	2,30	3,00	24,2	13,0	134	33,7	5,00	37,7
Milho ⁽³⁾	14,0	2,60	3,70	0,10	1,10	1,00	5,00	2,00	15,0	5,00	0,60	18,0
Cana-de-açúcar ^(4, 14)	0,83	0,11	0,78	0,40	0,31	0,24	1,20	2,60	14,3	9,70	0,016	3,30
Cafê em coco ⁽⁵⁾	17,5	1,20	26,5	3,40	1,40	1,35	16,70	16,5	105	25,0	0,06	41,0
Algodão ⁽⁶⁾	33,9	5,37	18,3	2,90	8,40	3,40	33,3	7,56	514	42,0	-	17,6
Arroz ⁽⁷⁾	12,5	2,24	4,42	1,00	1,08	1,47	4,40	6,30	61,1	25,1	0,17	40,9
Feijão ⁽¹⁾	34,9	4,00	15,4	3,10	2,60	5,70	13,3	6,60	119	23,2	-	29,9
Fumo ⁽⁸⁾	39,0	6,70	45,0	12,3	30,7	10,0	22,0	14,0	-	249	-	32,0
Laranja ⁽⁹⁾	1,90	0,17	1,51	0,53	0,13	0,14	2,20	1,20	6,60	2,80	0,008	0,90
Trigo ⁽¹⁾	20,1	3,20	3,50	0,20	0,80	1,20	2,90	3,00	13,9	13,0	-	14,8
Batata ⁽⁸⁾	3,60	0,22	3,30	0,15	0,18	0,40	2,00	2,00	20,0	20,0	1,00	4,00
Banana ⁽¹⁰⁾	1,90	0,26	8,22	0,27	0,28	0,06	2,14	0,90	9,18	10,6	0,004	1,81
Sorgo ⁽¹¹⁾	15,0	7,50	3,93	0,25	1,25	1,42	3,00	1,80	12,0	10,7	0,60	12,5
Tomate ^(8, 12)	2,40	0,36	2,46	0,14	0,22	0,28	2,80	1,40	25,0	2,60	0,012	3,20
Cacau ⁽¹²⁾	33,0	2,00	8,00	1,00	2,00	1,00	12,0	16,0	80,0	28,0	0,04	47,0
Mandioca ^(8, 12)	2,10	0,21	1,95	0,63	0,32	0,08	1,80	0,80	24,0	1,60	-	4,60
Amendoim ⁽¹²⁾	34,0	2,00	9,00	0,50	1,00	2,00	-	-	-	-	-	-
Mamona ⁽¹³⁾	29,0	3,70	7,20	6,20	2,40	2,00	52,0	40,0	690	116	-	69,0

Fontes: ⁽¹⁾Pauletti (1998); ⁽²⁾Bataglia e Mascarenhas (1986); ⁽³⁾Duarte et al. (2017); ⁽⁴⁾Orlando Filho (1983); ⁽⁵⁾Malavolta (2006); ⁽⁶⁾Ferreira e Carvalho (2005); ⁽⁷⁾Furlani et al. (1977); ⁽⁸⁾Hawkes e Collins, 1983, e Howeler, 1981 apud Yamada e Lopes (1998); ⁽⁹⁾Bataglia et al. (1977); ⁽¹⁰⁾Azeredo et al. (1986); ⁽¹¹⁾Kansas Univerity (1998); ⁽¹²⁾Malavolta et al. (1997); ⁽¹³⁾Adaptado de Freire e Nobrega (2006); ⁽¹⁴⁾Rossetto (2009).

Tabela 7. Exportação total de nutrientes pelas principais culturas no Brasil no período de 2013 a 2016.

Culturas	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Soja	23.413.022	4.984.181	8.956.473	1.146.922	909.628	1.186.471	9.571	5.141	53.114	13.328	1.977	14.910
Milho	4.294.252	1.827.377	1.367.114	30.673	337.406	306.732	1.534	613	4.601	1.534	184	5.521
Cana-de-açúcar	2.484.798	754.573	2.812.879	1.197.493	928.057	718.496	3.592	7.784	42.810	29.039	47,9	9.879
Cafê em coco	397.497	62.635	727.156	77.449	3.1891	30.752	379	376	2.392	569	1,367	934
Algodão	529.007	191.941	343.308	44.586	131.081	53.057	520	118	8.028	655	0,000	274
Arroz	592.203	244.143	253.260	47.567	51.372	69.923	209	300	2.906	1.194	8,086	1.945
Feijão	433.477	113.840	230.412	38.504	32.293	70.797	165	82	1.483	288	0	371
Fumo	127.786	50.302	177.613	40.302	100.591	32.766	72	46	0	816	0	105
Laranja	128.102	26.642	122.494	35.352	8.536	9208	148	81	444	188	0,538	60
Trigo	488.425	178.175	102.450	4.860	19.440	29.160	70	73	338	316	0,000	360
Batata	54.952	7.695	60.679	2.290	2.748	6.106	31	31	305	305	15,26	61
Banana	52.807	16.700	272.334	7.508	7.756	1.760	59	25	252	292	0,110	50
Sorgo	114.968	131.717	36.285	1.916	9.581	10.884	23	14	92	82	4,599	96
Tomate	39.954	13.732	49.331	2.331	3.662	4.661	47	23	416	43	0,200	53
Cacau	33.742	4.686	9.854	1.022	2.045	1.022	12	16	82	29	0,041	48
Mandioca	180.441	42.354	206.756	55.452	28.166	7.042	158	70	2.112	141	0,000	405
Amendoim	68.291	9.205	21.776	1.004	2.009	4.017	0	0	0	0	0,000	0
Mamona	3.503	1.024	1.048	749	290	242	6	5	83	14	0,000	8
Total Brasil	33.437.227	8.660.923	15.751.222	2.735.980	2.606.550	2.543.094	16.597	14.797	119.460	48.833	2.240	35.081

Tabela 8. Exportação de nutrientes por estado do Brasil, no período de 2013 a 2016.

Estados/ Regiões	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	----- (t) -----											
RS	4.768.529	1.203.177	1.876.587	247.962	266.040	292.726	1.884	1.152	11.299	3.692	339	4.388
SC	797.098	226.872	367.464	45.821	70.414	57.958	324	188	1.750	775	50	785
PR	5.541.197	1.424.005	2.243.608	317.760	331.522	356.921	2.351	1.622	14.020	5.030	388	4.759
Total Sul	11.106.824	2.854.055	4.487.659	611.543	667.976	707.605	4.558	2.962	27.069	9.496	777	9.932
DF	85.653	25.631	32.699	3.367	4.687	5.598	34	17	174	46	6	74
GO	3.132.788	834.373	1.376.246	237.984	226.160	232.728	1.510	1.335	10.431	4.340	222	3.104
MT	8.108.709	2.029.486	3.181.661	395.539	450.168	471.559	3.509	1.896	22.415	5.383	603	6.119
MS	2.413.110	627.655	1.019.366	167.842	167.013	169.181	1.133	939	7.522	2.984	172	2.350
Total CO	13.740.260	3.517.145	5.609.972	804.733	848.029	879.066	6.186	4.187	40.542	12.753	1.003	11.647
MG	1.975.235	540.915	1.282.248	219.657	186.326	181.112	1.161	1.249	8.682	3.977	110	2.691
ES	112.589	20.952	196.020	24.400	12.700	11.249	111	127	802	286	1	273
RJ	21.463	6.150	29.904	7.803	5.845	4.498	27	47	290	171	0	67
SP	2.528.451	720.027	2.162.012	743.100	580.762	473.332	2.538	4.639	26.581	17.003	91	6.460
Total SE	4.637.739	1.288.044	3.670.183	994.960	785.632	670.192	3.837	6.062	36.355	21.437	203	9.492
AL	89.167	27.132	100.067	40.485	32.070	24.303	122	256	1.432	961	2	334
BA	1.384.186	351.913	676.960	88.950	102.278	90.857	698	393	5.520	1.214	88	1.130
CE	40.022	13.270	37.228	4.803	4.702	4.770	24	20	202	81	1	61
MA	574.066	144.279	238.913	33.416	33.002	35.002	252	155	1.658	453	41	506
PB	27.937	8.475	33.411	11.353	8.853	6.925	36	71	409	267	0	95
PE	64.111	19.373	78.859	25.708	20.067	15.860	81	160	930	605	1	215
PI	428.208	106.122	167.378	20.847	21.418	24.824	178	99	1.037	274	32	336
RN	16.521	5.052	22.531	6.649	5.165	3.918	21	41	241	155	0	55
SE	49.934	18.252	30.577	7.266	7.010	5.810	33	40	261	139	1	92
Total NE	2.674.152	693.866	1.385.925	239.477	234.566	212.269	1.444	1.234	11.690	4.149	167	2.823
AC	17.231	5.159	18.000	3.418	2.277	1.073	12	7	133	20	0	33
AP	11.726	2.583	6.212	948	640	604	6	3	40	8	1	10
AM	10.476	2.727	12.887	2.755	1.626	748	9	6	102	21	0	22
PA	387.439	93.613	198.778	29.377	23.298	21.518	180	105	1.276	295	25	377
RO	236.723	57.888	113.037	13.984	12.143	13.707	105	63	625	160	17	218
RR	18.931	4.966	11.439	1.430	1.170	1.210	9	5	66	19	1	23
TO	595.726	140.878	237.131	33.355	29.193	35.101	251	163	1.563	475	46	506
Total Norte	1.278.251	307.814	597.484	85.266	70.348	73.962	571	352	3.804	998	90	1.189
Total Brasil	33.437.227	8.660.923	15.751.222	2.735.980	2.606.550	2.543.094	16.597	14.797	119.460	48.833	2.240	35.081

obtido no balanço de 2009-2012 (65%), em decorrência do maior consumo do nutriente em alguns estados, como RS e TO, sem alteração acentuada na exportação, como será apresentado a seguir.

A Tabela 9 mostra também que, para todos os macronutrientes, as quantidades aplicadas foram superiores às exportadas. Houve aumento na quantidade exportada de Ca e S devido à maior quantidade aplicada de gesso agrícola no período, promovendo leve alteração no fator de consumo destes nutrientes, principalmente para o Ca, que aumentou de 9,9 para 11,0. Quanto ao balanço de micronutrientes, verificou-se também que a aplicação dos elementos foi superior à exportação.

A Tabela 10 mostra o balanço de nutrientes nos estados brasileiros. Cunha et al. (2010) demonstraram, pelos resultados do balanço, que alguns estados (CE, MA, SE, AC, AM e RO) praticavam agricultura extrativista, em decorrência da baixa entrada de nutrientes ou consumo de fertilizantes. Contudo, verificou-se melhora considerável no aproveitamento dos nutrientes NPK nos estados do CE, MA, PB, SE, PA e RO, nos quais a quantidade de fertilizantes aplicada superou a demanda por nutrientes. Por outro lado, houve pouca melhora nos estados do AM e AC, tendo este último apresentado o pior desfrute no uso dos fertilizantes no período estudado. A quantidade média de nutrientes NPK aplicada

Tabela 9. Resultado do balanço do consumo de nutrientes na agricultura brasileira no período de 2013 a 2016.

Balanço Brasil	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
	(t)											
Exportação total das culturas (Saídas)	33.437.227	8.660.923	15.751.222	2.735.980	2.606.550	2.543.094	16.597	14.797	119.460	48.833	2.240	35.081
Deduções das exportações	25.155.150 ⁽¹⁾	18.268 ⁽²⁾	819.824 ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportação líquida de nutrientes (I)	8.282.077	8.642.655	14.931.398	2.735.980	2.606.550	2.543.094	16.597	14.797	119.460	48.833	2.240	35.081
Total de Entradas ⁽⁴⁾ (II)	14.402.813	17.473.878	19.905.332	29.981.324	10.397.438	7.175.225	51.793	18.379	1.150.229	59.893	-	93.232
Balanço de nutrientes (II – I)	6.120.736	8.831.223	4.973.934	27.245.344	7.790.888	4.632.131	35.196	3.581	1.030.769	11.060	(2.240)	58.151
Desfrute médio obtido no uso de fertilizantes (I/II x 100)	57,5%	49,5%	75,0%	9,1%	25,1%	35,4%	32,0%	80,5%	10,4%	81,5%	-	37,6%
Fator de consumo (II/I)	1,7	2,0	1,3	11,0	4,0	2,8	3,1	1,2	9,6	1,2	-	2,7

⁽¹⁾ As deduções de nitrogênio correspondem a 23,4 milhões de toneladas referentes à fixação biológica de todo o N exportado pela soja, 216,7 mil toneladas referentes a 50% do N exportado pelo feijão, 1,54 milhão de toneladas considerando 50% da exportação do milho de 2ª safra e 40% e 50% das exportações de trigo e sorgo, respectivamente, e ainda a exportação de 30 kg ha⁻¹ das culturas em rotação com soja, atribuindo-se um percentual de 30% da área de milho e 20% da área de algodão.

⁽²⁾ As deduções de fósforo correspondem a 50% do P contido nas cascas de café.

⁽³⁾ As deduções de potássio correspondem a 20% do K exportado pela cana-de-açúcar atendidos pelo uso de vinhaça e a 50% do K contido nas cascas de café.

⁽⁴⁾ As entradas correspondem a 93,1% do consumo de fertilizantes indicado nas Tabelas 2 e 3.

neste estado (AC) foi de apenas 41 kg ha⁻¹, enquanto a quantidade média exportada foi de 386 kg ha⁻¹ de NPK.

Três estados apresentaram acentuada redução na taxa de desfrute do uso de fertilizantes nitrogenados, comparativamente ao balanço de 2008-2012: MA, TO e PI. As estiagens ocorridas em 2015 nessas regiões frustraram as colheitas das culturas e, com isso, contribuíram negativamente para o balanço de nutrientes nesses estados. A Tabela 11 mostra os resultados do balanço do consumo de nutrientes por estado para cada ano do período avaliado.

A Tabela 12 apresenta os resultados do balanço do consumo de nutrientes para as dez principais culturas. Pode-se observar que a cultura de feijão apresentou fator de consumo menor que 1 para K₂O, o que indica consumo do nutriente abaixo da demanda da cultura. Ao contrário, todas as demais culturas apresentaram fator de consumo maior do que 1 para os três nutrientes avaliados.

A eficiência de aproveitamento dos nutrientes pelas culturas é um índice de grande importância para avaliar o manejo dos nutrientes. Neste estudo, destaca-se o baixo aproveitamento dos fertilizantes pela cultura do cafeeiro. Apesar desta cultura apresentar elevado consumo de fertilizantes, o resultado revela a necessidade de melhorar o aproveitamento dos sistemas de sucessão e rotação com outras culturas. A laranja, também considerada como cultura de baixo aproveitamento de fertilizantes (CUNHA et al., 2010), apresentou melhora no fator de consumo,

mas continua longe do ideal em relação ao P₂O₅, enquanto a cultura do trigo apresentou baixa taxa de desfrute de K₂O (33%). De forma geral, destaca-se o baixo aproveitamento de fertilizantes fosfatados (47% em média), principalmente pelas culturas de café, algodão, feijão e laranja, para as quais há necessidade de desenvolvimento de boas práticas de uso do nutriente fósforo. Destaca-se melhora acentuada na taxa de desfrute pela cultura do algodão, em comparação ao período anterior, sendo esta melhora devida, no entanto, à atualização dos valores de referência da concentração de nutrientes no produto colhido utilizados para o cálculo da exportação de nutrientes por esta cultura.

Na Figura 1 estão apresentados os valores de rendimento agrovegetal médio referentes aos estados brasileiros e ao Distrito Federal. Nota-se que os estados tradicionalmente agrícolas (DF, SC, SP, PR, MS, GO, RS, MT e MG) apresentam valores acima da média nacional (3.479 kg ha⁻¹) e se destacam, também, pela quantidade de produção agrovegetal (Tabela 5). Ressalta-se o estado do CE, com valor de produtividade agrovegetal de apenas 506 kg ha⁻¹, o que representa apenas 10% do maior valor observado.

Outra forma de se avaliar os dados gerados no cálculo do balanço de nutrientes é pela análise do índice de conversão de nutrientes em produtos agrícolas. Na Figura 2 estão apresentadas as quantidades dos nutrientes NPK aplicadas por unidade de área e aquelas necessárias para produzir 1.000 kg de produto agrícola nos estados com maior consumo de fertilizantes. Nota-se que nestes estados são

Tabela 10. Resultados do balanço do consumo de nutrientes por estado no período de 2013 a 2016.

Estados/ Regiões	Exportação líquida de nutrientes ⁽¹⁾ (I)			Total de entradas (II)			Desfrute (I/II x 100) ⁽²⁾		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	----- (t) -----						----- (%) -----		
RS	887.740	1.203.177	1.875.879	2.081.579	2.390.458	2.464.222	43	50	76
SC	278.738	226.872	367.215	505.528	393.556	366.443	55	58	100
PR	1.078.278	1.423.564	2.201.233	1.663.880	2.444.255	2.451.279	65	58	90
Total Sul	2.244.756	2.853.613	4.444.327	4.250.987	5.228.268	5.281.944	53	55	84
DF	24.878	25.622	32.560	32.352	49.508	28.234	77	52	115
GO	638.307	834.267	1.322.106	1.312.425	1.941.684	1.866.139	49	43	71
MT	1.124.288	2.029.433	3.166.254	1.708.842	3.533.230	4.257.773	66	57	74
MS	474.937	627.647	984.995	655.539	1.107.101	1.185.090	72	57	83
Total Centro-Oeste	2.262.410	3.516.969	5.505.915	3.709.157	6.631.524	7.337.235	61	53	75
MG	820.292	531.056	1.090.565	2.258.636	1.649.762	2.040.238	36	32	53
ES	87.821	16.765	134.386	294.669	92.138	218.392	30	18	62
RJ	20.567	6.038	25.280	26.692	14.646	27.282	77	41	93
SP	1.844.073	718.240	1.822.695	2.341.009	1.420.197	2.189.316	79	51	83
Total Sudeste	2.772.753	1.272.098	3.072.926	4.921.007	3.176.743	4.475.228	56	40	69
AL	87.172	27.132	81.787	81.844	33.734	83.170	107	80	98
BA	365.912	350.786	656.190	608.842	899.458	1.160.163	60	39	57
CE	15.124	13.262	36.279	19.678	9.677	12.327	77	137	294
MA	102.906	144.279	236.794	151.597	378.015	380.361	68	38	62
PB	23.958	8.475	28.419	33.320	14.114	34.798	72	60	82
PE	57.968	19.368	67.521	99.885	43.175	105.969	58	45	64
PI	58.545	106.122	166.767	94.121	252.585	244.999	62	42	68
RN	14.526	5.052	19.703	22.636	15.857	20.023	64	32	98
SE	38.962	18.252	28.371	67.235	49.895	26.779	58	37	106
Total Nordeste	765.074	692.727	1.321.832	1.179.158	1.696.510	2.068.588	65	41	64
AC	15.307	5.147	17.729	1.474	1.600	922	1.039	322	1.923
AP	1.705	2.583	6.210	2.814	8.374	8.809	61	31	70
AM	9.985	2.723	12.620	3.952	3.169	4.803	253	86	263
PA	98.586	93.592	197.795	140.434	235.410	266.208	70	40	74
RO	42.839	57.360	105.444	46.314	97.451	88.309	92	59	119
RR	6.122	4.966	11.437	6.630	11.342	10.830	92	44	106
TO	62.540	140.878	235.162	140.885	383.486	362.456	44	37	65
Total Norte	237.084	307.248	586.398	342.503	740.833	742.337	69	41	79
Total Brasil	8.282.077	8.642.655	14.931.398	14.402.813	17.473.878	19.905.332	57,5	49,5	75,0

⁽¹⁾ A exportação líquida equivale ao total exportado menos as deduções de fixação biológica, uso de vinhaça e beneficiamento do café.

⁽²⁾ O desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo.

utilizadas, com algumas exceções, quantidades de fertilizantes acima da média nacional (171 kg ha⁻¹ de NPK) e também são observadas as maiores produtividades agrovegetais (Figura 1). O estado de Minas Gerais responde pela maior quantidade de NPK aplicada por unidade de área (264 kg ha⁻¹), valor bem acima dos demais, porém, não detém a maior produtividade agrovegetal, indicando, assim, a necessidade de adequação das boas práticas de uso de fertilizantes para melhor aproveitamento dos nutrientes. Comparativamente, os estados de Rondônia e Piauí mostram valores abaixo da quantidade média de NPK aplicada no país e, conseqüentemente, apresentam baixa produtividade agrovegetal (Figura 1). De forma geral, não houve variação nas quantidades de NPK aplicadas para produzir 1.000 kg

de produto agrícola (51,0 kg, em média) em comparação ao balanço de 2009-2012 (49,6 kg, em média), com exceção de alguns estados, como, por exemplo, Maranhão e Tocantins, que apresentaram 57,0 e 63,4 kg de NPK por 1.000 kg de produto agrícola, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Em geral, os valores do balanço do consumo de nutrientes no Brasil no período de 2013 a 2016 foram inferiores aos obtidos no balanço de 2009-2012, o que indica uma diminuição na eficiência de uso dos fertilizantes. Os índices finais de aproveitamento de N, P₂O₅ e K₂O foram 57,5%, 49,5% e 75,0%, respectivamente. Os valores de

Tabela 11. Resultados do balanço do consumo de nutrientes por estado desde 2013 a 2016.

Estados/Regiões	Desfrute ⁽¹⁾ 2013			Desfrute 2014			Desfrute 2015			Desfrute 2016		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	------(%)-----											
RS	45	46	70	40	48	76	43	53	77	43	55	81
SC	53	50	89	58	63	108	63	65	113	50	56	94
PR	67	55	90	70	59	89	67	59	89	57	59	90
Total Sul	54	50	81	53	54	84	55	57	85	50	57	86
DF	93	51	122	71	44	92	85	65	131	57	49	122
GO	54	43	71	51	42	68	54	48	74	38	39	71
MT	76	58	74	69	57	75	77	61	74	48	55	74
MS	75	53	83	75	55	84	85	62	84	58	57	82
Total Centro-Oeste	68	53	75	64	52	75	70	57	76	46	51	75
MG	39	30	55	36	29	48	38	37	57	33	33	54
ES	32	19	67	32	18	67	31	20	64	24	16	48
RJ	91	44	70	81	43	111	87	47	132	52	31	82
SP	73	43	72	76	50	80	89	56	95	78	54	88
Total Sudeste	56	36	64	55	38	65	62	45	76	54	42	70
AL	108	95	96	110	75	99	107	96	104	100	63	94
BA	73	34	56	62	40	57	59	37	51	47	46	61
CE	134	174	317	31	79	228	23	86	273	141	261	388
MA	118	38	68	76	42	65	52	30	48	48	42	67
PB	72	62	86	62	43	71	79	75	90	77	70	82
PE	54	41	61	60	41	58	64	58	75	56	43	64
PI	72	38	67	87	47	80	32	20	31	58	69	98
RN	74	35	127	64	33	90	64	33	101	57	28	84
SE	87	57	134	69	43	123	60	37	115	27	15	59
Total Nordeste	80	38	66	68	43	65	60	34	54	53	48	70
AC	1.367	376	2.434	1.417	398	2.316	926	299	2.148	732	248	1.297
AP	40	26	81	82	24	51	77	83	114	65	26	60
AM	290	99	302	22	72	223	262	88	264	237	88	267
PA	77	36	69	74	39	67	72	46	81	60	38	79
RO	72	45	106	104	61	121	118	64	128	78	63	121
RR	75	30	63	64	30	75	161	84	232	117	59	153
TO	40	39	73	48	41	71	45	33	54	44	35	63
Total Norte	70	40	80	73	43	79	74	43	78	62	40	80
Total Brasil	60,6	46,7	73,2	58,1	48,9	74,0	62,2	52,2	76,1	50,5	50,2	76,6

⁽¹⁾ Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo.

Tabela 12. Resultados do balanço do consumo de nutrientes pelas principais culturas brasileiras no período de 2013 a 2016.

Culturas	Consumo de nutrientes (t)			Fator de consumo ⁽¹⁾			Desfrute médio ⁽²⁾ (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Soja	808.341	10.526.518	10.000.758	N/A	2,1	1,1	-	47	90
Milho	4.931.005	2.284.108	2.410.992	1,1	1,2	1,8	64	80	57
Cana-de-açúcar	3.252.083	1.124.646	3.512.209	1,3	1,5	1,6	76	67	64
Cafê-coco	1.457.202	379.120	1.126.828	3,7	6,1	1,5	20	12	42
Algodão herbáceo	631.700	627.761	512.984	1,2	3,3	1,5	80	31	67
Arroz	712.176	324.319	284.128	1,2	1,3	1,1	83	75	89
Feijão	331.074	297.465	189.863	1,1	2,6	0,8	65	38	121
Laranja	223.055	80.804	167.810	1,7	3,0	1,4	57	33	73
Trigo	595.086	417.214	314.789	2,4	2,3	3,1	49	43	33

⁽¹⁾ Fator de consumo é a relação entre o consumo e a demanda das culturas.

⁽²⁾ Desfrute é o índice de uso dos fertilizantes, correspondendo ao percentual exportado em relação ao consumo estimado por cultura.

N/A = não aplicável.

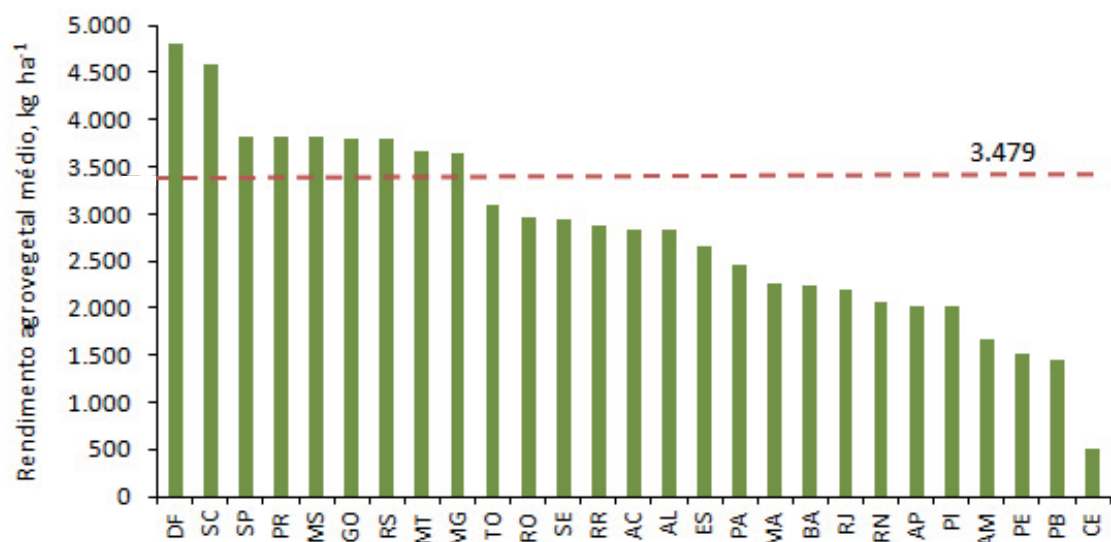


Figura 1. Rendimento agrovegetal, em ordem decrescente, dos estados brasileiros no período de 2013 a 2016.

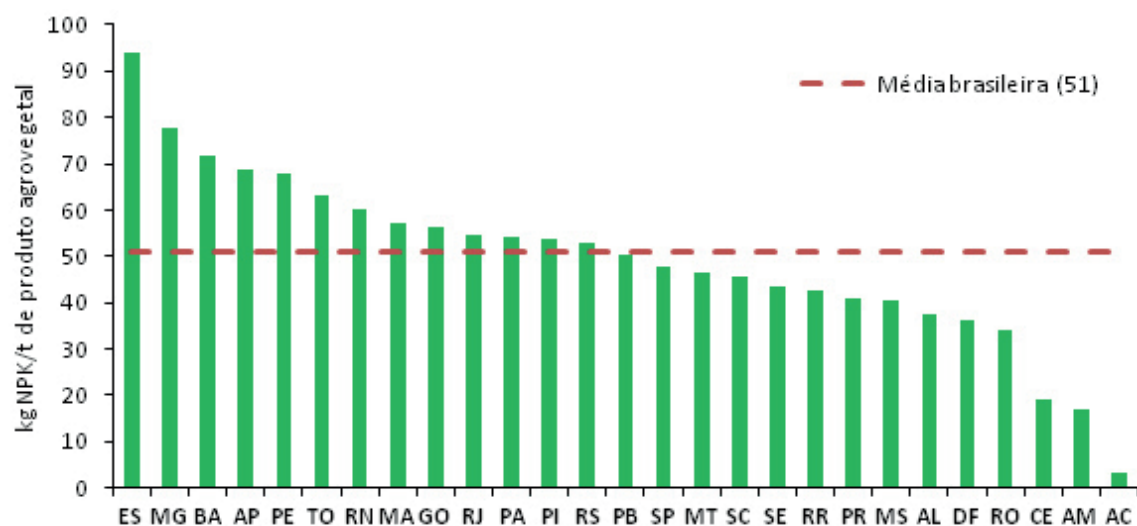
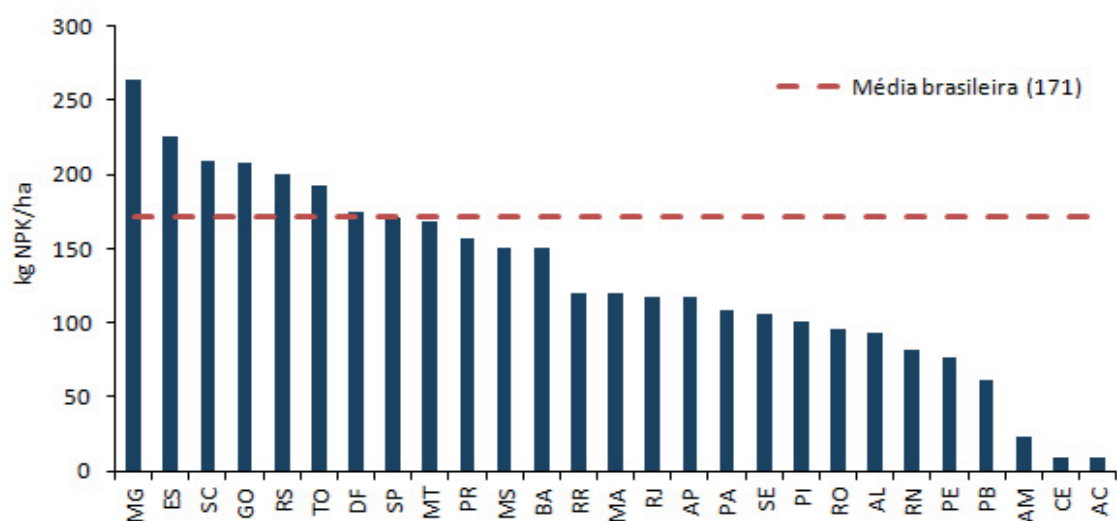


Figura 2. Índices kg NPK/ha plantado e kg NPK/t de produto agrovegetal dos estados brasileiros no período de 2013 a 2016.

P₂O₅ e K₂O mostram-se superiores aos utilizados como referência para o aproveitamento geral destes nutrientes pelas plantas, em relação ao que se aplica através dos fertilizantes, e bastante próximo ao esperado para N (60%, 30% e 70%, respectivamente). Cabe ressaltar, porém, que o índice de aproveitamento de N dos fertilizantes piorou. Por isso, é necessário aprimorar a difusão e a adoção das boas práticas para uso eficiente de fertilizantes nitrogenados.

Os macronutrientes secundários e os micronutrientes estão sendo aplicados em quantidades que atendem à demanda de exportação pelas culturas. O balanço de nutrientes é uma ferramenta importante para identificar as deficiências no uso de fertilizantes, tanto para diagnóstico das regiões como diagnóstico das culturas, e também para projeções futuras de consumo de nutrientes. Em todas essas aplicações fica evidente a necessidade do uso de boas práticas para o uso de fertilizantes, visando tornar o manejo deste insumo cada vez mais eficiente.

REFERÊNCIAS

- ABRACAL. Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola. **Calcário agrícola** – Brasil produção. Disponível em: <[http://www.abracal.com.br/arquivos/documentos/Calc%C3%A1rio%20Agr%C3%ADcola%20Brasil%20Consumo%20Aparente%201992%20a%202016%20e%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20por%20Estado%201987%20a%202016\(1\).pdf](http://www.abracal.com.br/arquivos/documentos/Calc%C3%A1rio%20Agr%C3%ADcola%20Brasil%20Consumo%20Aparente%201992%20a%202016%20e%20Produ%C3%A7%C3%A3o%20por%20Estado%201987%20a%202016(1).pdf)>. Acesso em: 10 nov. de 2017.
- AMARAL SOBRINHO, N. M. B. et al. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 16, n. 2, p.271-276, 1992.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes – 2013**. São Paulo: ANDA, 2014. 176 p.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes – 2014**. São Paulo: ANDA, 2015. 176 p.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes – 2015**. São Paulo: ANDA, 2016. 178 p.
- ANDA. Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes – 2016**. São Paulo: ANDA, 2017. 176 p.
- AZEREDO, J. A. et al. Nutrição mineral e adubação da bananeira. In: HAAG, P. H. (Coord.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 59-102.
- BATAGLIA, O. C. et al. Composição mineral de frutos cítricos na colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 21, p. 215-221, 1977.
- BATAGLIA, O.; MASCARENHAS, H. A. A. **Absorção de nutrientes pela soja em latossolo roxo sob vegetação de cerrado**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1986. 36 p. (IAC. Boletim Técnico n. 41).
- BORSARI, F. Cenário nacional e internacional de micronutrientes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICRONUTRIENTES E MAGNÉSIO, 2012, Piracicaba, SP. Piracicaba: GAPE, 2012.
- CAMPOS, M. L.; SILVA, F. N.; FURTINI NETO, A. E.; GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; ANTUNES, A. S. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 361-367, 200.
- CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 130, p. 1-11, jun. 2010.
- CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira no período de 1988 a 2010. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 135, p. 1-7, set. 2011.
- CUNHA, J. F.; CASARIN, V.; FRANCISCO, E. A. B.; PROCHNOW, L. I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira – 2009 a 2012. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 145, p. 1-13, mar. 2014.
- DAHER, E.; CUNHA, J. F. Consumption trends of micronutrients in Brazil. In: FERTILIZER LATINO AMERICANO 2018. São Paulo, 2018.
- DUARTE, A. P.; CANTARELLA, H.; KAPPES, C. Adubação de sistemas produtivos: Milho safrinha e soja. In: PAES, M. C. D.; KAPPES, C. (Ed.). SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 14., 2017, Cuiabá. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 173-195.
- FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado**: Com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 67 p. (Documentos, 138).
- FERTIPAR FERTILIZANTES LTDA. **O que é fosfato natural reativo de GAFSA**. Disponível em: <<http://www.fertipar.com.br/produtos/nfr-de-gafsa-tunisia>>. Acesso em: 02 jul. de 2009.
- FREIRE, R. M. M.; NOBREGA, M. B. M. Sub-produto: torta. In: MILANI, M. (Ed.). **Cultivo da mamona**. Embrapa Algodão. (Sistemas de Produção 4). 2. ed. 2006. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao_l6_1gal1cepportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=5701&p_r_p_-996514994_topicoId=6301>. Acesso em: 20 jan 2009.
- FURLANI, P. R. et al. Composição química inorgânica de três cultivares de arroz. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 8, p. 109-115, 1977.
- GARCIA, F.; SANJUAN, M. F. G. La nutrición de suelos y cultivos y el balance de nutrientes: ¿Como estamos? **Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica**, Buenos Aires, n. 4, p. 1-7, 2013.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 12, p. 1-88, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-88, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 12, p. 1-82, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 11, p. 1-83, 2017.
- KANSAS STATE UNIVERSITY. **Grain sorghum production handbook**. Manhattan: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 1998. Disponível em: <<https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/c687.pdf>>. Acesso em 22 jan 2009.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. rev. e atualizada. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- ORLANDO FILHO, J. (Coord.). **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983. 369 p. (Coleção Planalsucar, 2).
- PAULETTI, V. **Nutrientes: teores e interpretações**. Campinas: Fundação ABC/Fundação Cargill, 1998. 59 p.
- PROCHNOW, L. I. **Disponibilidade do fósforo da fração solúvel em citrato neutro de amônio e insolúvel em água de fosfatos acidulados**. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1996.
- ROSSETTO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; TAVARES, S. Cana-de-açúcar. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Ed.). **Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes** – Culturas. v. 3. Piracicaba: IPNI, 2010. p. 163-230.
- YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 84, dez. 1998. 8 p. (Encarte Técnico).