
Balanco de Nitrogênio e Fósforo de propriedades pecuárias de uma microbacia hidrográfica

Nitrogen and phosphorus balance of cattle ranches in a hydrographic micro-basin

Julio Cesar Pascale Palhares¹, Andrea Dedini Jacob Roman²

RESUMO: No Brasil, o balanço de nutriente é uma ferramenta ainda não considerada pelas ciências ambiental e agrária e pelos órgãos gestores. O balanço de nutriente foi calculado numa abordagem de uso de dejetos animais como fertilizante, sendo a diferença entre o aporte dos nutrientes contidos nos dejetos na forma de nitrogênio e fósforo e o sequestro destes nutrientes pelas culturas vegetais. O objetivo deste estudo foi calcular o balanço de nutrientes de propriedades pecuárias da microbacia hidrográfica do Rio Dente de Ouro, localizada em Concórdia (SC), com foco no uso dos dejetos animais como fertilizante. Em dez propriedades foi calculado o balanço de nutrientes sendo representativo das três atividades pecuárias presentes na microbacia: suinocultura, bovinocultura de leite e avicultura. Em sete propriedades, os nutrientes fornecidos pelos dejetos animais não supriram a demanda requerida pelas culturas agrícolas. Pela análise do balanço houve carência de nutrientes na maioria das unidades avaliadas. Apenas esta análise poderia suscitar, erroneamente, em um incentivo ao aumento dos plantéis de animais. Porém, o balanço de nutrientes deve ser avaliado conjuntamente com outros aspectos.

Palavras-chave: Adubação. Dejetos animais. Fósforo. Nitrogênio.

ABSTRACT: Nutrition balance in Brazil is a tool which has not yet been taken into consideration by the environmental and agrarian sciences and the authorities. The nutrition balance was calculated by animal waste as fertilizer. Difference between the intake of nutrients in wastes in the form of nitrogen and phosphorus and the sequester of nutrients by plant crops were obtained. Current analysis calculated the nutrient balance of livestock properties of the hydrographic micro-basin of the Dente River in Concordia, Brazil, focusing on the use of animal waste as fertilizer. Nutrient balance was calculated in ten farms representing three livestock activities in the micro-basin, or rather, swine farming, dairy cattle and aviculture. Nutrients supplied by animal waste did not meet demands required by agricultural crops in seven properties. Balance analysis revealed there was nutrient deficiency in most of the units evaluated. Only this analysis could erroneously cause an increase in animal stocks. However, the nutrient balance should be evaluated through other aspects.

Keywords: Fertilization. Animal wastes. Phosphorus. Nitrogen.

Autor correspondente:

Julio Cesar Pascale Palhares: julio.palhares@embrapa.br

Recebido em: 15/06/2020

Aceito em: 12/12/2020

¹ Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP/São Carlos). Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos (SP), Brasil.

² Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Brasil.

INTRODUÇÃO

O setor pecuário brasileiro apresenta memorável destaque por impulsionar a economia brasileira nos âmbitos nacional e internacional, dado ao seu potencial produtivo e de diversidade dos produtos. Esse setor também vivencia pressões ambientais e, talvez, de uma forma mais intensa, do que os setores industriais e de serviços. Além disso os sistemas pecuários são sistemas mais “abertos” e de economia primária, portanto, mais suscetíveis às mudanças climáticas, à escassez quantitativa, qualitativa e de poder econômico para aquisição de recursos e insumos, bem como aos impactos sociais pela crescente urbanização das sociedades que determina a falta de mão de obra e/ou o alto custo desta.

O incremento na produção animal nacional resultante dos elevados índices de desempenho e produtividade verificados nas criações avícolas, suínolas e de bovinocultura de leite, a fim de atender a crescente demanda alimentar da população e do mercado externo, não fora acompanhado de um manejo ambiental adequado das unidades de produção. Com isso o setor pode promover a degradação ambiental, resultado da ausência de manejo ambiental das unidades produtivas, com impactos negativos, não só na dimensão ambiental, mas também nos aspectos social e econômico. Palhares (2014) define manejo ambiental em uma unidade de produção animal como “o uso de conhecimentos, práticas e tecnologias que sustentem o eficiente uso de nutrientes e insumos, conservem os recursos naturais e propiciem a adequação legal da atividade”. Salou *et al.* (2017) destacam que é importante saber como os sistemas produtivos podem compatibilizar altas produtividades e baixos impactos ambientais.

A região Oeste de Santa Catarina caracteriza-se pela diversificação do setor primário de produção, com intensos processos de concentração e intensificação produtivas, presença marcante das agroindústrias, constituindo num dos mais importantes polos da pecuária nacional. Devido a essa característica regional é fundamental que análises ambientais sistêmicas das unidades de produção sejam realizadas a fim de preservar e conservar os recursos naturais em quantidade e qualidade, concomitante à manutenção do desenvolvimento econômico e social da região. Berckmans (2017) cita que há um intenso processo de aumento do número de animais nas unidades produtivas. A alta densidade animal tem sérias consequências para o meio ambiente e essa é uma das principais razões de que certas regiões proibiram o aumento dos rebanhos. De acordo com Kessler *et al.* (2016), a escala e a distribuição da indústria animal na província de Alberta, Canadá, ilustra o potencial para significativos e cumulativos impactos ambientais da produção animal e a necessidade que medidas sejam tomadas a fim de atender as preocupações da sociedade.

O balanço de nutriente (BN) é utilizado para avaliar os excedentes de nutrientes de sistemas pecuários europeus e americanos (AARONS *et al.*, 2017). A abordagem do BN tem sido utilizada como uma ferramenta valiosa para auxiliar os atores na tomada de decisão (OENEMA *et al.*, 2001) e dimensionar os impactos ambientais de sistemas pecuários (TOMA *et al.*, 2013). O conceito balanço de nutriente do solo foi introduzido por Oenema *et al.* (2003), sendo a diferença entre o aporte dos nutrientes contidos nos resíduos e o sequestro

desses nutrientes pelas culturas vegetais. O mau uso dos nutrientes na pecuária é uma das principais causas de pressão ambiental, podendo causar eutrofização e acidificação dos corpos d'água e aquecimento global (DJEKIC *et al.*, 2014). O desequilíbrio entre entradas e saídas de nutrientes define a magnitude do potencial de risco ambiental e fornece suporte à tomada de decisão sobre as causas subjacentes a esses desafios (COSTA JUNIOR *et al.*, 2013).

No Brasil, o balanço de nutriente é uma ferramenta ainda não considerada pelas ciências ambiental e agrária e pelos órgãos gestores. Essa realidade não se justifica, pois, a abordagem é um instrumento eficaz e eficiente, considerado nos programas de gestão ambiental de vários países. Além disso, a BN proporciona a mudança do paradigma produtivista-pontual para o sistêmico-integrado. Não há como perpetuar sistemas produtivos viáveis ambientalmente, economicamente e socialmente, com abordagens pontuais. Necessita-se internalizar o paradigma sistêmico-integrado onde as intervenções se darão não numa atividade, mas sim num sistema produtivo o qual está inserido num sistema ambiental (PALHARES *et al.*, 2020). Essa mesma visão de mudança de paradigma na produção animal é compactuada por Gameiro *et al.* (2018).

Estudos na temática proposta devem ser conduzidos a fim de subsidiar práticas e tecnologias que melhorem a eficiência do uso de nutrientes pela produção animal, evitando a degradação dos recursos naturais e reduzindo a emissão de poluentes, gases e odores. Um país que tem como base econômica e social a produção de *commodities* agropecuárias e, uma das garantias disso, é a oferta de recursos naturais em quantidade e qualidade, não pode se eximir de avaliar a relação do uso de nutrientes pela produção animal. Somente assim se garantirá a perenidade dos benefícios econômicos e sociais propiciados pela atividade pecuária.

O objetivo deste estudo foi calcular o balanço de nutrientes de propriedades avícolas, suíncolas e de bovinocultura de leite da microbacia hidrográfica do Rio Dente de Ouro, localizada em Concórdia, Estado de Santa Catarina, Brasil, com foco no uso dos dejetos animais como fertilizante.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia do Rio Dente de Ouro pertence à microbacia do Rio Suruvi (Latitude: 27°17'02"S Longitude: 52°00'47"W), o qual deságua na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. Área da microbacia é de 0,95997 km²; com perímetro de 13.486,28 m e altitude máxima de 720 m com média e alta declividade.

O clima é classificado como (Cfa) temperado chuvoso sem estação seca bem definida com temperatura média do mês mais frio entre -3 °C e 18 °C, pelo menos 4 meses com temperaturas médias superiores a 10 °C e temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C; ocorrendo geadas, normalmente, nos meses de maio a julho. A precipitação média anual é de 1.700 a 1.900 mm, com precipitação máxima em 24 horas de 160 mm, tendo o mês de outubro a maior média mensal de 366,5 mm e o mês de fevereiro a menor média mensal

correspondendo a 57,0 mm. O solo predominante é da Ordem Argissolo e classificado nas seguintes subordens: Argissolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2018).

A comunidade de Linha Ouro dista 13 quilômetros do centro da cidade de Concórdia (SC). Possui sua economia totalmente estruturada na exploração das atividades do setor primário de produção, notadamente a suinocultura, avicultura, bovinocultura de leite e cultivo de milho. As propriedades rurais são todas de base familiar e estruturadas na comercialização de suas atividades pecuárias no sistema de integração/parceria com as principais agroindústrias do país sediadas na região. A média da área das propriedades é de 21,4 hectares.

2.1 CÁLCULO DO BALANÇO DE NUTRIENTES

O balanço de nutriente foi calculado numa abordagem de uso de resíduos animais como fertilizante, sendo a diferença entre o aporte dos nutrientes contidos nos resíduos na forma de nitrogênio (N) e fósforo (P) e o sequestro desses nutrientes pelas culturas vegetais (STOTT; GOURLEY, 2016; MU *et al.*, 2016; HOLLY *et al.*, 2019). A diferença entre o aporte e o sequestro resulta no excedente de nutrientes no sistema de produção. A deposição atmosférica de nutrientes não foi considerada. A fixação biológica dos nutrientes foi considerada nula, pois não foram utilizadas leguminosas no sistema de produção.

O balanço de nutrientes foi utilizado como uma *proxy* para avaliação do potencial impacto ambiental do uso dos dejetos como fertilizante. O balanço de nutrientes foi calculado conforme a Equação 1.

$$\text{Balanço}_{(N,P)} = \left(\sum_{e=1}^n \text{Quantidade}_{(N,P)} \text{ dejetos animais} \right) - \left(\sum_{s=1}^n \text{Quantidade}_{(N,P)} \text{ culturas vegetais} \right) \quad (1)$$

em que:

Quantidade (N, P) dejetos animais: quantidade total de nutrientes fornecida pelos dejetos animais da propriedade (Kg/ano).

Quantidade (N, P) culturas vegetais: quantidade total de nutrientes para suprir as necessidades nutricionais de cada cultura da propriedade (Kg/ano).

No Balanço de Nutrientes foram tomados como elementos referenciais o nitrogênio (N) e o fósforo (P), devido ao fato de apresentarem elevada mobilidade no solo (caso do nitrogênio) e alto poder de eutrofização dos corpos d'água superficiais e contaminação de águas subterrâneas. Com isso, calculou-se a necessidade desses elementos para cada cultura vegetal, segundo as recomendações agronômicas de Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2005).

Dez propriedades foram avaliadas, sendo estas representativas das três atividades pecuárias presentes na microbacia. A criação de suínos foi desenvolvida em todas as propriedades, a bovinocultura de leite em nove e a avicultura de corte em duas. A escolha destas propriedades como unidades de estudo se justifica por estas realizarem, como manejo de resíduos, a distribuição dos dejetos nas áreas agrícolas.

Na Tabela 1 observa-se as culturas vegetais cultivadas em cada unidade de estudo com sua respectiva área de ocupação.

Tabela 1. Culturas agrícolas presentes nas unidades de estudo e sua respectiva área de ocupação

Culturas agrícolas	Unidade de Estudo/Área ocupada pela cultura vegetal (ha)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Milho	7,3	6,0	4,0	40,0	10,0	12,0	12,0	14,0	7,0	5,0
Soja	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-
Feijão	2,4	1,5	-	5,0	3,0	-	-	-	-	0,5
Trigo	-	-	-	10,0	3,0	-	-	1,0	-	0,5
Triticale	3,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Laranja	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Reflorestamento	-	-	-	-	-	15,0	5,0	-	-	0,5
Pastagem natural	-	12,0	-	-	-	-	-	-	-	-
Gramínea de estação fria	6,1	-	4,0	-	5,0	-	-	14,0	7,0	0,5
Fumo	-	-	-	-	-	-	12,0	-	-	-
Erva-mate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5

Na Tabela 2 apresenta-se o número de unidades animais por espécie e categoria em cada unidade de estudo.

Tabela 2. Distribuição das atividades pecuárias nas unidades de estudo

Atividades Pecuárias	Unidade de Estudo/Área ocupada pela cultura vegetal (ha)									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Suinocultura:										
➤ Terminação (25 a 100 kg)	-	420	-	-	-	160	-	-	-	-
➤ Matrizes (cobrição e gestação)	48	-	3	100	3	20	56	2	-	6
➤ Matrizes em lactação	11	-	1	23	-	10	9	3	2	2
➤ Cachaços	3	-	1	2	2	2	3	1	-	1
➤ Leitões	260	-	6	500	30	120	250	40	14	51
Frango de corte	-	-	-	-	-	13.000	-	14.000	-	-
Bovino de leite (criação semi-extensiva; em U. A. ¹)	6,8	7,4	13,8	3,6	16,2	3,2	-	10,4	7,6	13

¹ Unidade Animal (U. A.) equivalente a 450 kg de peso vivo.

Para se calcular a quantidade total de dejetos de suínos produzidos, em m³/ano, em cada propriedade, utilizou-se os valores médios de produção de dejetos, estimados segundo o tipo de categoria animal de acordo com a Fundação de Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (FATMA) em sua Instrução Normativa n° 11 (FATMA, 2014). As quantidades de

nitrogênio e fósforo presentes nos dejetos foram calculadas a partir da densidade média do dejetos e seu respectivo teor de matéria seca (EPAGRI, 2001). As análises de densidade foram realizadas de acordo com o cronograma de distribuição de dejetos de cada unidade de estudo durante o esvaziamento da esterqueira, sendo retiradas amostras diretamente do tanque distribuidor.

A quantidade total de cama de frango gerada em cada propriedade foi calculada considerando-se uma produção de 1,5 toneladas de cama/1.000 frangos, e disponibilidade para utilização como adubo após seis ciclos de produção. A concentração de nitrogênio e fósforo presente nas camas de maravalha foi baseada nas recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2005).

Para o cálculo da quantidade de dejetos gerados pelos bovinos leiteiros utilizou-se a relação de 39 kg de dejetos por Unidade Animal (NENNICH *et al.*, 2011). A concentração de nitrogênio e fósforo presente nos dejetos bovinos está baseada nas recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2005).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A necessidade em nutrientes de cada cultura agrícola presente nas unidades de estudo, bem como o requerimento total de nutrientes de cada propriedade, podem ser observados na Tabela 3. A partir da quantidade total de nutriente exigida, pôde-se realizar o balanço de nutriente considerando todas as fontes de matéria orgânica existente na propriedade. Com isso, compatibilizaram-se as necessidades de N e P com a disponibilidade destes a partir dos resíduos. Essa compatibilização é uma forma de assegurar a segurança ambiental da prática de aproveitamento de resíduos animais como fertilizante.

Tabela 3. Necessidade de N e P₂O₅ das culturas vegetais cultivadas em cada propriedade

Cultura	Necessidade nutricional de cada cultura da propriedade (kg/ha de cultivo)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Milho	N	510	420	280	2.800	700	840	840	980	490	350
	P ₂ O ₅	470	390	260	2.600	650	780	780	910	455	325
Soja	N	–	–	–	0	–	–	–	–	–	–
	P ₂ O ₅	–	–	–	700	–	–	–	–	–	–
Feijão	N	70	45	–	150	90	–	–	–	–	15
	P ₂ O ₅	110	67,5	–	225	135	–	–	–	–	20
Trigo	N	–	–	–	400	120	–	–	60	–	20
	P ₂ O ₅	–	–	–	500	150	–	–	50	–	25
Triticale	N	220	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	P ₂ O ₅	180	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Laranja	N	–	180	–	–	–	–	–	–	–	–
	P ₂ O ₅	–	0	–	–	–	–	–	–	–	–
Reflorestamento	N	–	–	–	–	–	225	75	–	–	5
	P ₂ O ₅	–	–	–	–	–	1350	300	–	–	30

Pastagem natural	N	–	1.200	–	–	–	–	–	–	–	
	P ₂ O ₅	–	480	–	–	–	–	–	–	–	
Gramínea Inverno	N	–	–	400	–	500	–	–	1400	700	50
	P ₂ O ₅	–	–	240	–	300	–	–	840	420	30
Fumo	N	–	–	–	–	–	–	1440	–	–	–
	P ₂ O ₅	–	–	–	–	–	–	1200	–	–	–
Erva-mate	N	–	–	–	–	–	–	–	–	–	25
	P ₂ O ₅	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10
Total											
N	800	1.845	680	3.350	1.410	1.065	2.355	2.440	1.190	465	
P ₂ O ₅	760	935	500	4.025	1.235	2.130	2.280	1.800	875	440	

- As necessidades foram estipuladas segundo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC (2005).

Nas Tabelas 4, 5 e 6 verificam-se as disponibilidades de nutrientes ofertada por cada espécie animal. Das nove propriedades que possuem mais de uma atividade zootécnica, as propriedades A, B, D, F, e G apresentam a suinocultura como principal fonte geradora de N e P₂O₅ (Tabela 4). Caso haja um excesso de nutrientes frente à necessidade das culturas nessas propriedades, as intervenções ambientais devem ser iniciadas pela suinocultura. Essas intervenções podem ser de baixa complexidade, como a melhoria do manejo nutricional dos animais, ou de alta complexidade, como a utilização de sistemas de tratamento dos dejetos e redução do número de animais. Monteiro *et al.* (2017) reforçam que a melhoria do manejo nutricional e das práticas de gestão dos resíduos são ações validadas para redução do potencial poluidor das produções animais. Segundo Hutchings *et al.* (2020), intervenções nutricionais como práticas de nutrição de precisão são consideradas abordagens eficazes para melhorar a eficiência de uso de nitrogênio por suínos.

Tabela 4. Quantidade total estimada de dejetos gerados pela atividade suinícola e seu equivalente em N e P₂O₅.

Propriedade	Esterco líquido de suínos (D = 1.014 kg/m ³)			
	Quantidade (m ³ /ano)	N (kg/ano)	P ₂ O ₅ (kg/ano)	Matéria seca (%)
A	531	1.340	1.095	2,54
B	1.073	2.445	2.210	2,54
C	34	85	70	2,54
D	1.073	2.705	2.165	2,54
E	39	100	80	2,54
F	692	1.745	1.425	2,54
G	533	1.395	1.100	2,54
H	65	165	135	2,54
I	27	65	55	2,54
J	84	210	175	2,54

Tabela 5. Quantidade total estimada de dejetos gerados pela atividade avícola e seu equivalente em N e P₂O₅.

Cama de aves (6 lotes)				
Propriedade	Quantidade (T/ano)	N (kg/ano)	P ₂ O ₅ (kg/ano)	Matéria seca (%)
F	19.500	680	740	75,00
H	21.000	735	800	75,00

Tabela 6. Quantidade total estimada de dejetos gerados pela bovinocultura de leite e seu equivalente em N e P₂O₅.

Esterco líquido de bovinos				
Propriedade	Quantidade (m ³ /ano)	N (kg/ano)	P ₂ O ₅ (kg/ano)	Matéria seca (%)
A	97	135	75	4,00
B	105	145	85	4,00
C	196	275	155	4,00
D	51	70	40	4,00
E	231	325	185	4,00
F	46	64	35	4,00
H	148	205	120	4,00
I	108	150	85	4,00
J	185	260	150	4,00

A propriedade G, apesar de possuir somente a suinocultura como atividade zootécnica, produz quantidades significativas de nutrientes, devido ao tamanho de seu plantel, podendo também apresentar potencial risco ambiental.

Relacionando a bovinocultura de leite com a suinocultura, observa-se que nas propriedades onde há grande produção de dejetos de bovinos (Tabela 5) não há de suínos (propriedades C, E, H e I), o que poderia facilitar o manejo dos dejetos. No entanto, o potencial poluidor dessas propriedades poderá ser aumentado, caso os produtores optem por sistemas semi-confinados ou confinados de produção, em que se faz o uso de ração de forma intensiva. Ainda há poucos estudos avaliando o balanço de nutrientes da produção de leite a pasto. De acordo com Aarons *et al.* (2017) abordagens que permitem estimar o excesso de nutrientes em sistemas a pasto podem melhorar a gestão de nutrientes, minimizando os impactos ambientais. Holly *et al.* (2019) avaliaram um excedente médio de P em fazendas leiteiras de 5 kg de P/ha. O N apresentou em média um déficit de -8 kg de N/ha.

Apesar da alta produção e concentração de nutrientes na cama de aviário, esse resíduo apresenta uma grande vantagem em relação aos outros, por se apresentar na fase sólida: caso haja a necessidade de se exportar nutrientes para outra região, a exportação deverá iniciar-se por esta fonte, pois transportar água (dejetos líquidos) é muito mais oneroso do que transportar sólidos.

A Tabela 7 apresenta o balanço de nutriente por unidade de estudo, ou seja, se há sobra ou carência de N e P₂O₅. Os resultados negativos indicam que há carência de nutrientes nas propriedades, ou seja, a quantidade produzida pelos resíduos dos animais não é suficiente para atender a demanda das exigências de nutrientes pelas culturas. Leeuwen *et al.* (2019) mostraram que mesmo fazendas similares apresentaram grande variação no balanço de nutriente com o mesmo tipo de solo e cultura vegetal. Essa variação é, provavelmente, causada por fatores de manejo e produtividade das culturas.

Tabela 7. Balanço de nutriente por atividade zootécnica nas unidades de estudo

Propriedade	Animais	Quantidades de nutrientes fornecidas pelos dejetos		Disponibilidade dos nutrientes no primeiro cultivo ¹		Balanço de nutrientes por categoria animal ²		Quantidade residual de nutrientes no solo	
		Kg de N/ano	Kg de P ₂ O ₅ /ano	Kg de N/ano	Kg de P ₂ O ₅ /ano	Kg de N/ano	Kg de P ₂ O ₅ /ano	Kg de N/ano	Kg de P ₂ O ₅ /ano
A 27°17'05"S 52°00'37"W	Suíños	1.340	1.095	1.070	985	270	220	-	110
	Bovinos	135	75	65	60	-730	-700	25	15
	Aves								
	Total	1.475	1.170	1.135	1.040	335	280	25	125
B 27°17'02"S 52°00'29"W	Suíños	7.705	2.210	2.165	1.990	320	1.050	-	220
	Bovinos	145	85	75	65	-1.770	-870	30	15
	Aves								
	Total	2.850	2.295	2.240	2.055	390	1.120	30	240
C 27°16'58"S 52°00'23"W	Suíños	85	70	70	60	-610	-435	-	5
	Bovinos	275	155	135	125	-540	-375	55	30
	Aves								
	Total	360	225	205	185	-475	-310	55	35
D 27°17'01"S 52°00'19"W	Suíños	2.705	2.165	2.160	1.950	-1.185	-2.075	-	215
	Bovinos	70	40	35	30	-3.315	-3.990	15	10
	Aves								
	Total	2.775	2.205	2.195	1.980	-1.150	-2.040	15	225
E 27°16'54"S 52°00'07"W	Suíños	100	80	80	70	-1.330	-1.160	-	10
	Bovinos	325	185	160	150	-1.250	-1.085	65	35
	Aves								
	Total	425	265	240	220	-1.170	-1.015	65	45
F 27°16'50"S 52°00'03"W	Suíños	1.745	1.425	1.395	1.285	330	-845	-	140
	Bovinos	65	35	35	30	-1.030	-2.100	15	5
	Aves	680	740	340	590	-725	-1.535	135	150
	Total	2.490	2.200	1.770	1.905	705	-225	150	295
G 27°16'51"S 51°59'53"W	Suíños	1.395	1.100	1.115	1.000	-1.240	-1.290	-	110
	Bovinos								
	Aves								
	Total	1.395	1.100	1.115	1.000	-1.240	-1.290	-	110
H 27°16'57"S 52°00'43"W	Suíños	165	135	130	120	-2.310	-1.680	-	15
	Bovinos	205	120	105	95	-2.335	-1.705	40	25
	Aves	735	800	370	640	-2.070	-1.160	145	160
	Total	1.105	1.055	605	855	-1.835	-945	185	200
I 27°16'56"S 51°59'53"W	Suíños	65	55	55	50	-1.135	-825	-	5
	Bovinos	150	85	75	70	-1.115	-805	30	15
	Aves								
	Total	215	140	130	120	-1.060	-755	30	20
J 27°16'52"S 51°59'36"W	Suíños	210	175	170	155	-295	-285	-	20
	Bovinos	260	150	130	120	-335	-325	50	30
	Aves								
	Total	470	325	300	275	-165	-165	50	50

Na propriedade A, a produção de dejetos da suinocultura já é responsável pelo excesso de N e P₂O₅ para a aplicação nas áreas agrícolas. Portanto, ao serem somados os dejetos da bovinocultura, este quadro agrava-se, restando um elevado excedente no primeiro ano da aplicação, além da quantidade residual deixada no solo. Ao longo dos anos, esse acúmulo de nutrientes pode acarretar sérios problemas de ordem agrônômica, ambiental e econômica, podendo impossibilitar a continuidade dessas atividades.

As quantidades totais de fósforo e nitrogênio em excesso proporcionadas pelos dejetos animais nas propriedades A e B foram respectivamente de 220 kg e 1.050 kg de P₂O₅/ano e 270 kg e 320 kg de N/ano. Em ambas as propriedades as quantidades de nutrientes já estão em excesso, tornando-se necessária a adoção de medidas, como, por exemplo, a exportação do

resíduo produzido para uma área que esteja com déficit e, até mesmo, a reestruturação dos plantéis culminando com sua diminuição. A transferência do excedente deve ser pensada avaliando-se sua viabilidade, segundo alguns parâmetros como os custos ligados ao transporte e a distribuição.

Uma alternativa seria intensificar os sistemas de culturas agrícolas mais extratoras de N e P, podendo ser feita pelo aumento da área agricultável destinada a pastagem de inverno. Porém recomendar um aumento da área de cultivo da pastagem de inverno só seria viável em duas situações: trabalhando-se com sistema rotacionado de pastagem, uma vez que a propriedade também abriga gado leiteiro, ou com manejo de cortes periódicos do pasto, para o melhor aproveitamento dos nutrientes pela cultura, que poderiam estar sendo utilizados para suplementar a alimentação do rebanho leiteiro.

Nas propriedades F, o balanço de nutrientes demonstra que a suinocultura isoladamente é responsável pelo excesso de N, sendo este agravado com a avicultura e bovinocultura de leite acarretando os mesmos problemas citados nas propriedades acima. No entanto, somando as três atividades pecuárias existentes, ainda ocorre um reduzido déficit de P_2O_5 , o que indicaria a necessidade de se realizar uma adubação mineral fosfatada. Porém, ao fazê-lo, precisar-se-ia levar em conta a quantidade residual deste nutriente no solo, buscando evitar seu acúmulo.

Nas propriedades C, D, E, G, H, I e J, os nutrientes fornecidos pela soma dos dejetos em cada propriedade não suprem a demanda requerida pelas culturas agrícolas. Essa carência poderá ser suprida com outra forma de adubação ou pela elevação do plantel agropecuário, dentro das possibilidades ambientais de cada caso.

É importante ressaltar que existe uma variação grande entre essas propriedades e dentro de cada uma delas, em relação ao déficit nutricional das culturas. Nas propriedades C e J, a produção e demanda de nutrientes é reduzida, resultando pouca carência nutricional às culturas. Nas outras propriedades existe uma elevada falta de nutrientes, tanto para o N quanto para o P_2O_5 , como nas propriedades E e G, e sendo bastante desproporcional na D, na qual necessita-se 87% a mais de P_2O_5 ; e nas propriedades H e I, que necessitam 97% e 58% respectivamente de N.

O balanço total de nutriente demonstra que somente nas propriedades A, B e F há excesso de P_2O_5 e N. Destaca-se que parte desses elementos estará disponível ao longo de sucessivos ciclos de cultivo, havendo um efeito residual da adubação orgânica. Essa quantidade residual é ambientalmente preocupante para o nitrogênio, pois este apresenta elevada mobilidade no solo, podendo atingir os corpos d'água na forma de nitrato. Akram *et al.* (2019) apontam que à medida que as criações animais se tornam maiores, há uma maior concentração de resíduos por área, o que geralmente leva à aplicação excessiva de nutrientes. Estimar o BN é considerado um componente essencial dos esforços para reduzir as potenciais perdas.

O quadro de propriedades com excesso e outras com carência de nutrientes é típica de microbacias da região Oeste catarinense. Chioccheta e Weydmann (2002), em estudos objetivando a determinação da oferta e da demanda dos dejetos de suínos nas diversas propriedades rurais na microbacia Arroio do Tigre, em Concórdia (SC), constataram que a diferença entre a oferta e a demanda de dejetos na microbacia era de 4.657 m³. Foi verificado

que para atender toda a demanda de fertilizante orgânico na microbacia seria necessário elevar a oferta em 29%, podendo ser pelo aumento dos plantéis ou pela importação dos dejetos. Porém, se as outras atividades animais existentes (aves de corte, pecuária de leite e de corte) fossem consideradas, esse percentual de acréscimo seria de apenas 4,5%.

Avaliando-se a questão da redução dos impactos ambientais pelo aproveitamento dos resíduos animais como fertilizantes, o milho não apresenta as melhores condições para promover essa redução, uma vez que há culturas mais extratoras de nutrientes, como no caso das pastagens. A produtividade média do milho na microbacia avaliada é de 3 a 6 ton/ha/ano a qual demanda 110 kg N/ha/ano. Uma cultura de pastagem de inverno demandaria 130 kg N/ha/ano, sugerindo uma substituição das culturas. Na prática essa substituição não seria tão fácil de se realizar, pois o milho é tradicionalmente a base do cultivo agrícola regional utilizado amplamente na alimentação de suínos e aves.

4 CONCLUSÕES

Pela análise do balanço de nutriente, sob o ponto de vista agrícola, houve registro de carência de nutrientes na maioria das unidades avaliadas em função das exigências nutricionais das culturas vegetais nelas cultivadas. Apenas essa análise poderia suscitar, erroneamente, um incentivo ao aumento dos plantéis de animais. Porém, o balanço de nutriente deve ser avaliado conjuntamente com os aspectos de qualidade da água, bem como outros aspectos como os econômicos, sociais, culturais e políticos.

Pode-se propor quatro tipos de intervenções para melhorar o manejo do uso de resíduos como fertilizante e, conseqüentemente, o balanço de nutriente, com impactos positivos para a conservação da qualidade das águas, do solo e do ar na microbacia. As intervenções seriam: melhorar o manejo nutricional dos animais, diminuindo a excreção de nutrientes; utilizar culturas vegetais e manejos agrícolas que proporcionem maior demanda de nutrientes; exportar dejetos para áreas carentes de nutrientes; utilizar sistemas de tratamento que retirem nutrientes dos efluentes e permitam atingir os padrões de qualidade da água para descarte nos corpos hídricos superficiais.

REFERÊNCIAS

- AARONS, S. R.; CAMERON, J. P.; GOURLEY, J.; POWELL, M.; HANNAH, M. C. Estimating nitrogen excretion and deposition by lactating cows in grazed dairy systems. **Soil Research**, Victoria, v. 55, p. 489-499, 21 ago. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR17033>.
- AKRAM, U.; QUTTINEH, N. H.; WENNERGREN, U.; TONDERSKI, K.; METSON, G. S. Enhancing nutrient recycling from excreta to meet crop nutrient needs in Sweden - a spatial analysis. **Scientific Reports**, Londres, v. 9, p. 10264, 16 jul. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46706-7>.

BERCKMANS, D. General introduction to precision livestock farming. **Animal Frontiers**, Oxford, v. 7, p. 6-11, 1 jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.2527/af.2017.0102>.

CHIOCCHETA, O.; WEYDMANN, C. L. Distribuição de dejetos na suinocultura, sob a ótica ambiental - caso de uma microbacia no Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 15, p. 28-30, fev./mar. 2002.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA - CNPT, 2005.

COSTA JUNIOR, C.; GOULART, R. S.; ALBERTINI, T. Z.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. E. P.; VASCONCELOS, J. T.; BERNOUX, M.; LANNA, D. P. D.; CERRI, C. C. Brazilian beef cattle feedlot manure management: A country survey. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 91, p. 1811-1818, 4 abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5603>.

DJEKIC, I.; MIOCINOVIC, J.; YOMASEVIC, I.; SMIGIC, N.; TOMIC, N. Environmental life-cycle assessment of various dairy products. **Journal of Cleaner Production**, Melbourne, v. 68, p. 64-72, 1 abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.054>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Conheça a qualidade do esterco de suínos**. Florianópolis: Epagri, 2001.

GAMEIRO, A. H.; BONAUDO, T.; TICHIT, M. Nitrogen, phosphorus and potassium accounts in the Brazilian livestock agro-industrial system. **Regional Environmental Change**, Londres, v. 19, p. 893-905, 1 mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1451-2>.

HOLLY, M. A.; GUNN, K. M. C.; ROTZ, A.; KLEINMAN, P. J. A. Management characteristics of Pennsylvania dairy farms. **Applied Animal Science**, Washington, v. 35, p. 325-338, 1 jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.15232/aas.2018-01833>.

HUTCHINGS, N. J.; SØRENSEN, P.; CORDOVIL, C. M. D. S.; LEIP, A.; AMON, B. Measures to increase the nitrogen use efficiency of European agricultural production. **Global Food Security**, v. 26, 10 maio. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100381>.

KESSLER, A.; PARKINS, J. R.; KENNEDY, E. H. Environmental harm and “the good farmer”: conceptualizing discourses of environmental sustainability in the beef industry. **Rural Sociology**, Londres, v. 81, p. 172-193, 20 jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/ruso.12091>.

MONTEIRO, A. N. T. R.; DOURMAD, J. Y.; POZZA, P. C. Life cycle assessment as a tool to evaluate the impact of reducing crude protein in pig diets. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 6, maio. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20161029>.

MU, W.; VAN MIDDELAAR, C. E.; BLOEMHOF, J. M.; OENEMA, J.; BOER, I. J. M. Nutrient balance at chain level: a valuable approach to benchmark nutrient losses of milk

production systems. **Journal Cleaner Production**, Melbourne, v. 112, p. 2419-2428, 20 jan. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.116>.

NENNICH, T. D.; HARRISON, J. H.; VANWIERINGEN, L. M.; MEYER, D.; HEINRICHS, A. J.; WEISS, W. P.; ST-PIERRE, N. R.; KINCAID, R. L.; DAVIDSON, D. L.; BLOCK, E. Prediction of manure and nutrient excretion from dairy cattle. **J. Dairy Sci.** Minnesota, v. 88, p. 3721-3733, 10 out. 2005. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73058-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73058-7).

OENEMA, J.; KOSKAMP, G. J.; GALAMA, P. J. Guiding commercial pilot farms to bridge the gap between experimental and commercial dairy farms: the project 'Cows & Opportunities'. **Neth. J. Agr. Sci.**, Amsterdã, v. 49, p. 277-296. mar./abr. 2001. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(01\)80011-7](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(01)80011-7).

PALHARES, J. C. P.; NOVELLI, T. I.; MORELLI, M. Nutrient fluxes and environmental performance indicators for a pasture-based dairy system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 42, n. 6, jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.48615>.

PALHARES, J. C. P. Manejo ambiental de unidades de produção animal. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 74, p. 78-94, jun./jul. 2014.

SALOU, T.; MOUEL, C. L.; VEN DER WERF, H. M. G. Environmental impacts of dairy system intensification: the functional unit matters! **Journal of Cleaner Production**, Melbourne, v. 140, p. 445-454, 1 jan. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.019>.

SANTA CATARINA. **Instrução Normativa nº 11, de 14 janeiro de 2014**. Estabelece as diretrizes para o licenciamento ambiental de suinoculturas. Florianópolis: Fatma, 2014.

STOTT, K. J.; GOURLEY, C. J. P. Intensification, nitrogen use and recovery in grazing-based dairy systems. **Agricultural Systems**, Nova York, v. 144, p. 101-112, 1 maio. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.01.003>.

TOMA, L.; MARCH, M.; STOTT, A. W.; ROBERTS, D. J. Environmental efficiency of alternative dairy systems: a productive efficiency approach. **J. Dairy Sci.** Minnesota, v. 96, p. 7014-4031. 2013. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6911>.

VAN LEEUWENA, M. M. W. J.; VAN MIDDELAARB, C. E.; OENEMA, J.; VAN DAMD J. C.; STOORVOGELA, J. J.; STOOFA, C. R.; DE BOERB, I. J. M. The relevance of spatial scales in nutrient balances on dairy farms. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Londres, v. 269, p. 125-139, 1 jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.09.026>.