

Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha: interface vegetal

Ingestion, retention and excretion modeling of nitrogen and phosphorus by pigs in Rio Grande do Sul, Brazil: vegetable interface

Paulo Alberto Lovatto^I Cheila Roberta Lehnen^{II} Ines Andretta^{II}
Gustavo Dias Lovato^{III} Luciano Hauschild^{II}

RESUMO

Um modelo foi desenvolvido com o objetivo de simular as dinâmicas de Nitrogênio e Fósforo pela suinocultura gaúcha associadas às produções de milho e soja do Rio Grande do Sul. O modelo é constituído por um submodelo animal (SMA) e outro vegetal (SMV). Os princípios gerais do SMA foram baseados em sistemas tecnológicos (ST), categorias animais, concentrações de N e P das dietas e suas eficiências digestiva e metabólica. O SMA integra três níveis de agregação, sendo constituído de 10 compartimentos para N e P e 300 subcompartimentos relacionados aos ST e às categorias animais. Os dados da suinocultura gaúcha foram divididos em sete mesorregiões de acordo com as definições fisiográficas. Os ST foram definidos pelo número de suínos terminados/porca/ano. O SMV é constituído pelos subcompartimentos milho e soja. Os parâmetros do SMV foram baseados nas áreas cultivadas e nas produções de milho e soja de cada município. De acordo com o balanço entre a produção e o consumo, todas as mesorregiões possuem excedente de milho e soja. O consumo anual de milho e farelo de soja pela suinocultura gaúcha é em média de 1,14 e 0,39 milhões de toneladas, respectivamente. O volume anual de N e P ingeridos pelos suínos é de aproximadamente 36 e 5,7 mil toneladas. Desse volume, cerca de 41% do N e 71% do P retornam ao meio ambiente. Os valores simulados dos diferentes cenários de oferta/demanda de milho e soja no Rio Grande do Sul mostram autossuficiência das sete mesorregiões. Os fluxos de nutrientes entre solo-planta-animal-solo simulados mostram que as mesorregiões do Rio Grande do Sul têm níveis de nitrogênio e fósforo lançados ao meio ambiente pelos suínos abaixo dos limites determinados pela União Europeia. O modelo simula adequadamente as transferências de N e P entre as interfaces animal e vegetal na produção suína, no Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: fluxo de minerais, milho, nutrição, farelo de soja, suínos.

ABSTRACT

A model was developed to simulate the Nitrogen and Phosphorus dynamics of pigs in the Rio Grande do Sul state, Brazil associated with corn and soybean production. The model is constituted by an animal sub-model (SMA) and a vegetable one (SMV). The general approaches of SMA are based on technological systems (ST), animal categories, N and P concentrations in diets and its digestive and metabolic efficiencies. The SMA integrates three aggregation levels, constituted by ten compartments for N and P and 300 sub-compartments related to ST and animal categories. The pig production data were divided in seven mesoregions in agreement with the physiographic definitions. The SMV is constituted by corn and soybean sub-compartments. The SMV parameters were based on the cultivated area and in the corn and soybean production of each municipal district. The simulated data show a surplus of corn and soybean in all mesoregions. Annual consumption of corn and soybean meal by pigs on the state is nearly to 1.14 and 0.39 million tons, respectively. Annual volume intake of N and P by the pigs is nearly 36 and 5.7 thousand tons, which 41% of N and 71% of P return to the environment. The simulated values of the different offer/demand sceneries of corn and soybean in Rio Grande do Sul show self-sufficiency of seven mesoregions. The flows of nutrients among soil-plant-animal-soil simulated show that Rio Grande do Sul mesoregions has levels of nitrogen and phosphorus released into the environment by the pigs below the limits imposed by the European Union. The model simulates appropriately the transfers of N and P between animal and vegetable interfaces in pig production in Rio Grande do Sul.

^IDepartamento de Zootecnia (DZ), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: lovatto@smail.ufsm.br. Autor para correspondência.

^{II}Programa de Pós-graduação em Zootecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

^{III}Curso de Zootecnia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

Key words: *mineral flows, soybean meal, corn, nutrition, pigs.*

INTRODUÇÃO

Um dos temas mais debatidos na produção agrícola atual é a necessidade de estudar, compreender e manipular os sistemas de produção com o objetivo de torná-los mais harmônicos com o homem, o meio ambiente e os animais. Esse pressuposto emerge da necessidade de entender a produção de forma sistêmica e se torna mais evidente na suinocultura, por ser responsabilizada muitas vezes por desequilíbrios entre os componentes dos sistemas de produção em que ela é explorada intensivamente (LOVATTO et al., 2005a).

No entanto, ao longo das últimas décadas, os estudos sobre a cadeia de produção suína privilegiaram os aspectos relacionados com o animal ou a alimentação. Para relacionar quali e quantitativamente esses dois aspectos, é fundamental sistematizar as informações disponíveis e simular diferentes situações. Para que isso seja possível, é necessário o desenvolvimento de modelos dinâmicos e mecanicistas que permitam avaliar simultaneamente os cenários animal e vegetal.

Nos aspectos relacionados aos animais, alguns modelos foram publicados em nível mundial (BASTIANELLI et al., 1996; RODRIGUEZ-CASO et al., 2006; WELLOCK et al., 2004) e no Brasil (LOVATTO et al., 2005a; LOVATTO et al., 2005b). No caso brasileiro, os modelos priorizaram os aspectos digestivos e metabólicos, dando ênfase aos balanços do nitrogênio e do fósforo. Além disso, esses modelos não incorporam a autosuficiência regional de alimentos e o retorno para o solo de nutrientes excretados pelas vias fecal e urinária.

Tendo em vista que as interfaces animal e vegetal são indissociáveis, se torna necessário integrá-las por meio da modelagem animal. Essa integração permite estudar diferentes cenários de oferta/demanda de ingredientes e os fluxos de nutrientes entre solo-planta-animal-solo.

A associação entre a sistematização das informações sobre as dinâmicas do nitrogênio e fósforo com a produção vegetal tem limitado a qualidade da avaliação dos sistemas de produção de suínos em diferentes regiões geográficas. O objetivo deste trabalho é acrescentar ao modelo de ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha (LOVATTO et al., 2005b) uma interface vegetal associada às produções de milho e soja no Rio Grande do Sul (RS). Isso permitirá quantificar regionalmente

os fluxos de nutrientes entre solo-planta-animal-solo baseados na cadeia de produção suína.

MATERIAL E MÉTODOS

O modelo da ingestão de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha - interface vegetal (MSUINP/RSve) foi desenvolvido no Setor de Suinocultura e no Grupo de Modelagem Animal (CNPq - Grupos de Pesquisa), ambos localizados no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O modelo é constituído pelos submodelos animal (SMA) e vegetal (SMV). O SMA integra as dinâmicas de ingestão e excreção de N e P pelos animais. A base espacial e temporal do SMA foi descrita por LOVATTO et al. (2005b). Resumidamente, esse modelo é constituído de 10 compartimentos (N e P ingeridos, N e P sistema gastrointestinal, N e P metabólicos, N e P fecais, N e P urinários) e 300 subcompartimentos (50 associados aos sistemas tecnológicos e 250 associados às categorias animais). Os parâmetros dos fluxos de N e P usados no modelo são os mesmos do modelo original proposto por CARTER & CROMWELL (1998) e DOURMAD et al. (1999). Esses parâmetros foram mantidos, pois nos últimos 10 anos não houve modificações entre eficiências (digestiva e metabólica) e genética animal e dos alimentos utilizados que justificasse o uso de dados mais recentes.

Para inclusão no modelo, os dados globais da suinocultura gaúcha foram decompostos por mesorregiões de acordo com definições fisiográficas (Nordeste, Centro Oriental, Noroeste, Metropolitana de Porto Alegre, Centro Ocidental, Sudoeste e Sudeste). Para cada mesorregião, foram quantificados o rebanho total, as matrizes, os leitões produzidos e os animais abatidos (IBGE, 2007).

O SMV foi desenvolvido tendo por base o milho e a soja, os dois ingredientes mais importantes da alimentação de suínos no RS. O SMV foi assim definido: para cada município dentro da cada mesorregião, foram quantificadas as áreas cultivadas e as produções de milho e soja segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2007). A produtividade foi estimada a partir dessas duas informações. Os consumos de milho e soja foram estabelecidos por categoria, levando em conta os critérios descritos na SMA. Para ajustar a soja cultivada e o consumo de farelo de soja, foi utilizada a relação 1,00:0,75, que é a quantidade média de farelo obtida após a extração do óleo da soja (WIESE & SNYDER, 1987). A excreção por hectare de N e P considerou apenas as áreas cultivadas para

alimentação de suínos (baseados no consumo pelos animais). Por opção metodológica, os valores dos fluxos de N e P animal-solo correspondem unicamente às áreas cultivadas de milho e soja para atender a demanda de alimentação dos suínos e não as áreas totais cultivadas com as duas culturas no RS. O modelo foi desenvolvido com ajuda dos programas Excel e Modelmaker (MODELMAKER, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os consumos simulados de milho e soja por categoria animal e por mesorregião são apresentados na tabela 1. O rebanho suíno gaúcho consome anualmente cerca de 1,14 milhões de toneladas de milho, o que corresponde ao cultivo de 367 mil hectares. Os animais em crescimento/terminação (25-115kg PV) consomem aproximadamente 54% desse volume. O consumo anual de farelo de soja pela suinocultura gaúcha é de aproximadamente 0,39 milhões de toneladas, o que corresponde ao cultivo de 223 mil ha de soja. A análise regionalizada do consumo mostra que a mesorregião Noroeste consome cerca de 60% do milho e do farelo de soja. Se adicionarmos as mesorregiões Nordeste e Centro-Oriental à Noroeste, o consumo desses dois ingredientes alcança quase 92% do total.

Os balanços simulados de produção e consumo de milho e soja distribuídos por mesorregião são apresentados na tabela 2. De maneira geral, os resultados simulados mostram que todas as mesorregiões possuem excedentes de milho e soja para o consumo dos suínos, mas com participação relativa diferente para cada ingrediente. A região Centro-Oriental é a que destina a maior fração de farelo de soja para alimentação de suínos, alcançando uma média anual de cerca de 40%. Com relação ao milho, a mesorregião Metropolitana de Porto Alegre é a que destina a maior quantidade para alimentação dos

suínos, alcançando igualmente cerca de 40%. Um dado interessante é o reduzido comprometimento da produção de milho da mesorregião Noroeste com a alimentação de suínos, que permanece abaixo de 4%. Isso se explica pelo elevado volume produzido desses grãos nessa região.

Os valores da transferência de N e P do milho/soja-suínos-solo são apresentados na tabela 3. O volume anual de N ingerido pelos suínos é de aproximadamente 36 mil t, sendo 27 mil t por intermédio do farelo de soja e 9 mil t pelo milho. Desse volume, cerca de 41% retornam ao meio ambiente, o que corresponde a uma excreção anual média teórica total de 20kg ha⁻¹ (limitado a áreas cultivadas com milho e soja destinadas à suinocultura). Os resultados simulados mostram que a região de maior concentração de suínos não é aquela que concentra a maior excreção de N por área cultivada de milho e soja destinada à alimentação dos suínos.

O volume anual de P ingerido pelos suínos é de aproximadamente 5,7 mil t, sendo 2,5 mil por intermédio do farelo de soja e 3,2 mil pelo milho. Desse volume, cerca de 71% retornam ao meio ambiente, o que corresponde a uma excreção anual média teórica de 5kg ha⁻¹ (limitado a áreas cultivadas com milho e soja destinadas à suinocultura).

Um aspecto que deve ser considerado na transferência de N animal-solo é a volatilização da amônia ainda na instalação onde os animais estão alojados, que pode alcançar 6,8g d⁻¹ suíno⁻¹ (AARNINK & ELZING, 1998) ou 3,7kg ano⁻¹ suíno⁻¹ terminado (DOORN et al., 2002). Outro aspecto que deve ser considerado é que as perdas continuam depois da aplicação no solo, e a aplicação pode permanecer, após 11 dias, em torno de 14,5% do N aplicado (DUARTE et al., 2007). Essa volatilização depende da forma de aplicação, podendo alcançar 68% se for superficial, 17% se incorporado e 2% se injetado profundamente no solo (SØGAARD et al., 2002,

Tabela 1 - Consumos anuais (t x1000) simulados de milho e soja por suínos separados por categoria e mesorregião.

Mesorregião	-----Gest/Lact-----		-----Creche-----		-----Crescimento-----		-----Terminação-----	
	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja
Noroeste	114,0	38,7	69,8	27,9	127,2	54,4	385,8	117,7
Centro Or.	30,2	9,9	18,5	7,4	34,4	14,7	101,3	30,9
Nordeste	27,9	8,9	17,7	7,1	33,3	14,2	91,1	27,8
Centro Oc.	10,7	3,5	4,1	1,6	7,2	3,1	22,3	6,8
Metr. POA	9,6	3,2	1,6	0,6	2,8	1,2	8,5	2,6
Sudeste	6,6	2,2	0,9	0,3	1,6	0,7	5,5	1,7
Sudoeste	4,9	1,6	0,9	0,3	1,6	0,7	5,2	1,6
Total	203,9	68	113,5	45,2	208,1	89	619,7	189,1

Tabela 2 - Balanços simulados anuais (t x1000) de produção e consumo de milho e soja no RS distribuídos por mesorregião.

Mesorregião	-----Milho-----			-----Soja-----		
	Produção	Consumo	Balanço	Produção	Consumo	Balanço
Noroeste	3.030	697	2.333	6.554	238	6.316
Nordeste	668	169	499	222	58	164
Centro Or.	464	184	280	216	63	153
Sudeste	306	15	291	114	5	109
Centro Oc.	203	44	159	881	15	866
Metr. POA	146	22	124	19	7	12
Sudoeste	105	13	92	470	4	466
Total	4.922	1.144	3.778	8.476	390	8.086

HUIJSMANS et al., 2003). Esses resultados mostram que, embora variáveis, a volatilização do N excretado pelos suínos é elevada. Essa perda também é observada quando se utiliza a cama de suínos em comparação aos dejetos líquidos ou à ureia (GIACOMINI & AITA, 2008). Dessa forma, o máximo de N com potencial agrônomico presente nas excretas de suínos não representa mais que 5% das recomendações da Comissão Europeia, que limitam a aplicação em 170kg ha⁻¹ ano⁻¹ (OENEMA, 2004, OENEMA et al., 2004). No caso brasileiro, a Resolução 377 do CONAMA, que normatiza a Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelece que o valor de nitrogênio total não deve ultrapassar 1,27mg L⁻¹ para ambientes lênticos e 2,18mg L⁻¹ para ambientes lóticos (CONAMA, 2005). No entanto, a legislação em vigor não estabelece normativas que limitem a lançamento de nitrogênio nos solos brasileiros.

Os volumes de fósforo superiores a 20kg ha⁻¹ ano no solo estão normalmente associados com a produção animal intensiva (EDWARDS & WITHERS, 1998). As mesorregiões Nordeste, Noroeste e Centro Oriental podem ser classificadas dentro desse conceito

de produção. É importante ressaltar aqui a relatividade dos dados, pois nessas mesorregiões existem outras espécies criadas intensivamente que contribuem igualmente para o aumento do volume de fósforo lançado no meio ambiente. No entanto, esses níveis estão abaixo das recomendações da União Europeia, que limita em 80kg de fósforo ha⁻¹ ano⁻¹ (TAMMINGA, 2003).

Para o cultivo de milho em sistema convencional, é recomendada uma aplicação média de N de 20kg ha⁻¹ e de P₂O₅ em torno de 45kg ha⁻¹ (ROLAS, 2004). Já para o cultivo da soja as recomendações variam de acordo com as situações de solo, os antecedentes culturais e o clima, podendo variar de 40 a 160kg ha⁻¹ sem afetar a produtividade (MARTINAZZO et al., 2007). Se for considerada a média anual de retorno animal-solo de 5kg ha⁻¹, esse valor alcança pouco mais de 10% da recomendação para o cultivo da soja.

De maneira geral, os resultados simulados mostram que as diferentes mesorregiões do Rio Grande do Sul são autossuficientes na produção de milho e soja para alimentação de suínos. Além disso, as

Tabela 3 - Transferências simuladas anuais de nitrogênio e fósforo vegetal-animal-solo por mesorregião.

Mesorregião	-----Ingestão, t-----				-----Excreção, t-----		----Excreção, kg ha ⁻¹ ----	
	Milho		Soja		N	P	N	P
	N	P	N	P				
Noroeste	3.157	1.951	16.661	1.545	8.064	2.471	23	7
Centro Or.	2.448	516	4.413	409	2.860	692	19	5
Nordeste	2.245	473	4.066	377	2.605	632	27	6
Centro Oc.	588	124	1.055	98	589	141	22	5
Metr. POA	298	63	531	49	329	76	13	3
Sudoeste	168	35	298	28	166	39	18	4
Sudeste	194	41	344	32	214	49	20	4
Total	9.098	3.203	27.368	2.538	14.827	4.100	20*	5*

*média

transferências de N e P animal-solo são baixas, tendo em vista as atuais recomendações de adubação para as culturas de soja e milho.

CONCLUSÃO

Os valores simulados dos diferentes cenários de oferta/demanda de milho e soja no Rio Grande do Sul mostram autossuficiência das sete mesorregiões. Os fluxos entre animal-solo simulados mostram que as mesorregiões do Rio Grande do Sul têm níveis de nitrogênio e fósforo lançados pelos suínos ao meio ambiente que apresentam valores médios inferiores aos limites impostos pela União Europeia. A transferência animal-solo de nitrogênio e fósforo, considerando as áreas cultivadas de milho e soja para suprir a demanda da suinocultura, corresponde respectivamente a 12 e 10% em valores médios e totais das recomendações de adubação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelas bolsas de doutorado concedidas aos autores Cheila Roberta Lehnen e Luciano Hauschild e pela bolsa de mestrado concedida à autora Ines Andretta; ao Conselho Nacional para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de Produtividade em Pesquisa de Paulo Alberto Lovatto; e ao Fundo de Incentivo à Pesquisa da UFSM (FIPE/UFSM), pela bolsa concedida a Gustavo Dias Lovato. O presente trabalho, por utilizar uma abordagem meta-analítica, não necessita de parecer da Comissão de Ética para sua realização.

REFERÊNCIAS

- AARNINK, A.J.A.; ELZING, A. Dynamic model for ammonia volatilization in housing with partially slatted floors, for fattening pigs. **Livestock Production Science**, v.53, p.153-169, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00153-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00153-X)>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/S0301-6226(97)00153-X.
- BASTIANELLI, D. et al. Mathematical modeling of digestion and nutrient absorption in pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1873-1887, 1996.
- CARTER, S.D.; CROMWELL, G.L. Influence of porcine somatotropin on the phosphorus requirement of finishing pigs: I. Performance and bone characteristics. **Journal of Animal Science**, v.76, p.584-595, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- CONAMA. 2005. In: CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Ed.). **Resolução n.377**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.23.
- DOORN, M.R.J. et al. Development of an emission factor for ammonia emissions from US swine farms based on field tests and application of a mass balance method. **Atmospheric**

Environment, v.36, p.5619-5625, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00689-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00689-1)>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00689-1.

DOURMAD, J.Y. et al. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: France. **Livestock Production Science**, v.58, p.199-211, 1999. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00009-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00009-3)>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/S0301-6226(99)00009-3.

DUARTE, F.M. et al. Perdas de nitrogênio por volatilização de amônia com aplicação de uréia em solo de várzea com diferentes níveis de umidade. **Ciência Rural**, v.37, p.705-711, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000300016>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782007000300016.

EDWARDS, A.C.; WITHERS, P.J.A. Soil phosphorus management and water quality. **Soil use and Management**, v.14, p.124-130, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/J.1475-2743.1998.TB00630.X>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1111/J.1475-2743.1998.TB00630.X.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C. Cama sobreposta e dejetos líquidos de suínos como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.195-205, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000100019>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832008000100019.

HUIJSMANS, J.F.M. et al. Effect of application method, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilization from manure applied to arable land. **Atmospheric Environment**, v.37, p.3669-3680, 2003. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(03\)00450-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(03)00450-3)>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/S1352-2310(03)00450-3.

IBGE. **Censos agropecuários: produção agrícola municipal. Cereais, leguminosas e oleaginosas anuais**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. 146p.

LOVATTO, P.A. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.2348-2354, 2005a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982005000700022>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1590/S1516-35982005000700022.

LOVATTO, P.A. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha. **Ciência Rural**, v.35, p.883-890, 2005b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782005000400021>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1590/S0103-84782005000400021.

MARTINAZZO, R. et al. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.563-570, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000300016>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1590/S0100-06832007000300016.

MODELMAKER. **ModelMaker. 3.0.4**. Oxford, UK: Cherrwell Scientific Publishing, 1999. 330p.

- OENEMA, O. Governmental policies and measures regulating nitrogen and phosphorus from animal manure in European agriculture. **Journal of Animal Science**, v.82, E-Suppl, p.E196-206, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- OENEMA, O. et al. Environmental effects of manure policy options in The Netherlands. **Water Science and Technology**, v.49, p.101-108, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- RODRIGUEZ-CASO, C. et al. Mathematical modeling of polyamine metabolism in mammals. **Journal Biology & Chemistry**, v.281, p.21799-21812, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1074/jbc.M602756200>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1074/jbc.M602756200.
- SØGAARD, H.T. et al. Ammonia volatilization from field-applied animal slurry—the ALFAM model. **Atmospheric Environment**, v.36, p.3309-3319, 2002. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00300-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00300-X)>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/S1352-2310(02)00300-X.
- ROLAS. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBSC, 2004. 400p.
- TAMMINGA, S. Pollution due to nutrient losses and its control in European animal production. **Livestock Production Science**, v.84, p.101-111, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.09.008>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1016/j.livprodsci.2003.09.008.
- WELLOCK, I.J. et al. Modeling the effects of stressors on the performance of populations of pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.2442-2450, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 16 jun. 2009.
- WIESE, K.L.; SNYDER, H.E. Analysis of the oil extraction process in soybeans: a new continuous procedure. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.64, p.402-406, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/BF02549304>>. Acesso em: 16 jun. 2009. doi: 10.1007/BF02549304.