

ANTIMICROBIANOS VETERINÁRIOS: USO NA AVICULTURA E OCORRÊNCIA EM CAMA DE FRANGO

NETTO, Pedro Toledo. Doutor em Química, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, SP (ptolledo@gmail.com).

ARAÚJO, Danielle dos Santos. Farmacêutica generalista, Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Centro Universitário de Araraquara (Uniara), Araraquara, SP (dsa.danielle@bol.com.br).

LOURENCETTI, Carolina. Doutora em Química, Professora, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Matão, SP (carollourencetti@ifsp.edu.br).

TEIXEIRA JÚNIOR, Ovídio José. Bacharel em Química, Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araraquara, SP (ovidiopocos@hotmail.com).

RODRIGUES DE MARCHI, Mary Rosa. Doutora em Química, Professora, Instituto de Química, UNESP, Araraquara, SP (mssqam@iq.unesp.br).

RESUMO

A preocupação com a entrada e destino de antimicrobianos veterinários no ambiente é crescente, considerando o aumento expressivo da criação intensiva de frango de corte. A presença de diversas classes de antimicrobianos em cama de frango, material de composição diversa distribuído sobre o piso de galpões, e que tem sido lançado no solo agrícola após proibição do seu uso na ração animal, tem contribuído para aumentar a presença desses compostos em solo e água superficial. O Brasil, embora seja o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, apresenta poucos trabalhos que investigam a presença de antimicrobianos veterinários em cama de frango e no ambiente. Considerando esses aspectos, este trabalho apresenta uma discussão sobre a entrada de antimicrobianos no ambiente pela cama de frango, assim como níveis encontrados em outras matrizes, tendo como base um levantamento bibliográfico realizado no período de 1999 a 2013 nas bases de dados Web of Science, SciFinder e Scopus. Apontam-se lacunas ainda existentes nessa área e que merecem atenção em estudos futuros para fornecer ferramentas que visem à melhor tomada de decisão para tratamento e/ou destinação final dos resíduos gerados pela avicultura.

PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobianos veterinários; Frangos de corte; Ambiente; Cama de frango.

VETERINARY ANTIMICROBIAL: USE IN POULTRY FARMING AND OCCURRENCE IN POULTRY LITTER

ABSTRACT

The concern with the entry and exit of veterinary antimicrobials in the environment is rising, taking into account the expressive increase of intensive systems of poultry farming. The presence of several classes of antimicrobials in poultry litter, material with a varying composition which is distributes over the floor of sheds, and that has been thrown in agricultural soil after prohibition of its use in animal feed, has contributed to increase the presence of these compounds in soil and surface water. Although Brazil is the third largest producer of chicken meat, only few studies that investigate the presence of these compounds in poultry litter and in the environment have been described. Considering these aspects, this paper aims to present a discussion about poultry litter as a source of antimicrobials to the environment, as well as levels of these compounds found in other matrices, based on a literature research performed between 1999 to 2013 in the databases Web of Science, SciFinder, and Scopus. Gaps in this knowledge area are pointed out as suggestions for future studies, which could provide tools to improve decision for treatment and/or final disposal of waste generated by poultry farming.

KEYWORDS: Veterinary antimicrobial; Poultry farming; Environment; Poultry litter.

INTRODUÇÃO

A inserção de antimicrobianos e outros fármacos no ambiente pode ocorrer por meio dos excrementos dos animais, pela contaminação por esgotos industriais e sanitários, pelas más condições de armazenagem dos produtos não utilizados ou com prazo de validade expirado e através de tratamentos administrados na aquicultura. Grande parte do uso dos antimicrobianos está associada à criação de frangos de corte, atuando de maneira importante no crescimento e desenvolvimento desses animais, principalmente em criações intensivas. Dessa forma, o Brasil, sendo o maior exportador e terceiro maior produtor mundial de carne de frango, contribui com uma grande parcela desses compostos, que são dispostos no ambiente na forma de esterco para adubação das lavouras. Como muito dos seus efeitos à saúde humana e impactos ambientais são desconhecidos, informações sobre a entrada e destino desses compostos no ecossistema são essenciais para uma gestão segura de destinação e tratamento desses resíduos. Nesse sentido, este trabalho apresenta uma discussão sobre o uso de antimicrobianos veterinários na criação de frango de

corte e níveis encontrados em cama de frango e em outras matrizes, tendo como base um levantamento realizado no período de 1999 a 2013 nas bases de dados Web of Science, SciFinder e Scopus.

AVICULTURA INDUSTRIAL NO BRASIL E NO MUNDO: ASPECTO ECONÔMICO, SISTEMAS DE CRIAÇÃO E RISCOS GERAIS ASSOCIADOS À PRODUÇÃO AVÍCOLA

A carne de frango é produzida em escala industrial em todo o mundo, e o Brasil é um dos maiores produtores. Ela está se tornando cada vez mais popular na refeição diária, por tratar-se de um tipo de carne com baixo teor de gorduras e menor custo que suína e bovina (PARANÁ, 2013). O consumo de carne de frango cresceu 50,5% nos últimos 12 anos, passando de 29,9 para 45,0 kg por habitante. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China, com uma participação de 15,4% da produção mundial no ano de 2012. Em 2004, o país tornou-se o primeiro exportador e desde lá não perdeu seu posto, com uma participação de 38,0% das exportações mundiais (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2013b). A produção e exportação mundial em toneladas de carne de frango no ano de 2012 são apresentadas na Figura 1.

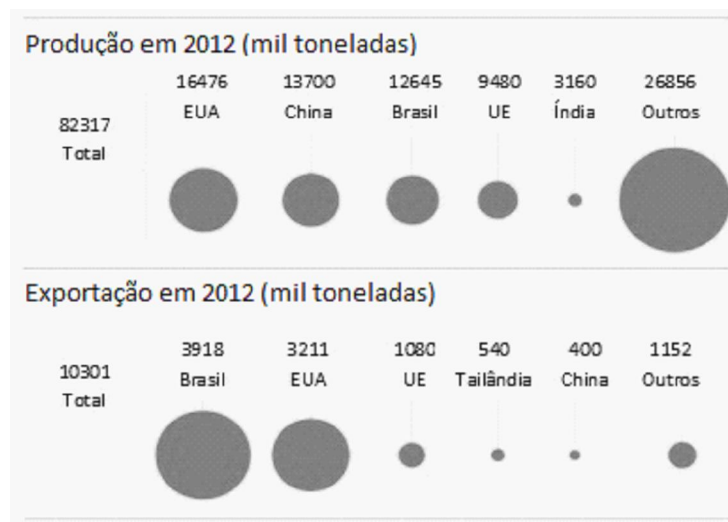


Figura 1 – Produção e exportação mundial em toneladas de carne de frango em 2012.

Fonte: Adaptado de União Brasileira de Avicultura (2013b).

A Figura 2 demonstra a série histórica acerca da exportação mundial de carne de frango de 1990 até 2012.

Nesse período houve um crescimento de 1310,4%, evidenciando por que o Brasil se tornou o maior exportador mundial.

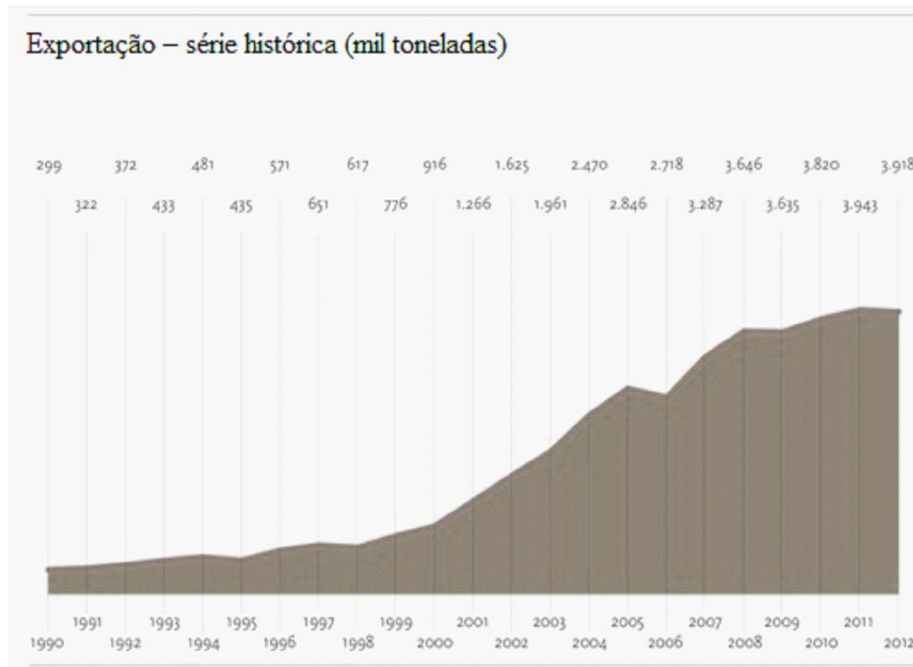


Figura 2 – Série histórica das exportações de carne de frango do Brasil (1990-2012).

Fonte: Adaptado de União Brasileira de Avicultura (2013b).

Atualmente, o Estado de São Paulo é o quarto maior produtor e exportador de frango de corte do país, o que representa 12,9 % e 7,1 % da participação nacional em produção e exportação, respectivamente (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2013b), sendo superado apenas pelos Estados do Paraná,

Santa Catarina e Rio Grande do Sul, demonstrando sua importância no cenário nacional (Figura 3). As unidades de produção estão distribuídas por todo Estado, mas concentram-se nas regiões de Campinas, Araraquara, São Carlos, Sorocaba, Bragança Paulista e Tietê.

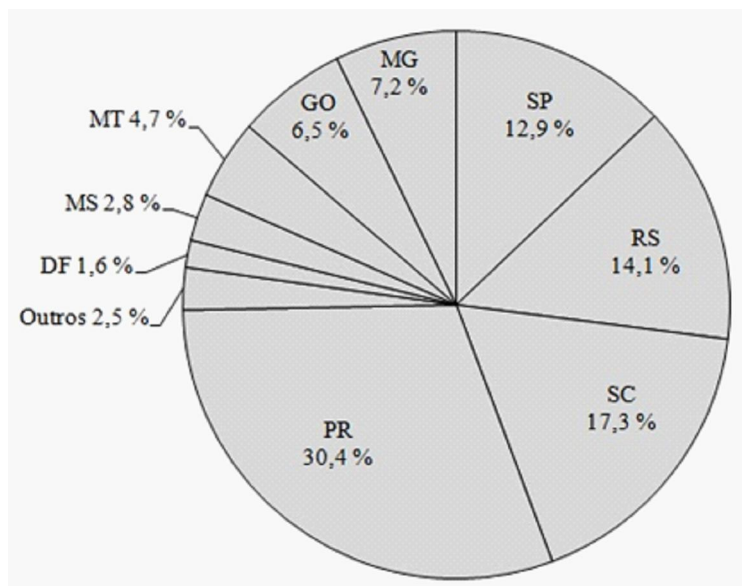


Figura 3 – Produção de frangos de corte por Estado brasileiro em 2012.

Fonte: adaptado de União Brasileira de Avicultura (2013b).

Ainda segundo a União Brasileira de Avicultura (UBABEF), no ano de 2011, o consumo per capita de carne de frango no Brasil foi de 47,4 kg/hab/ano, sendo o 7.º maior de um ranking de 77 países e a frente de grandes exportadores e produtores como Estados Unidos e China (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2013b). O consumo de carne de frango cresceu 50,5% nos últimos 12 anos, passando de 29,9 para 45,0 kg por habitante. Graças a esse elevado crescimento, o consumo de carne de frango ultrapassou pela primeira vez o de carne bovina no ano de 2008, tornando-se a carne mais consumida pelos brasileiros (Figura 4). Com todo esse desempenho, a carne de frango passou a ser a carne mais produzida, mais consumida e mais exportada pelo Brasil.

Três formas de manejo avícola são exploradas, extensiva, semi-intensiva e intensiva. A forma extensiva tem como característica fundamental a criação dos animais em liberdade, recebendo uma porção diária de milho, passando o resto do tempo sem controle específico do que é ingerido (ALBUQUERQUE, 2005). Na forma semi-intensiva, as aves encontram-se mantidos em local fechado durante a noite e restritas

a um campo aberto durante o dia, porém delimitado por uma cerca aramada. O criador fornece praticamente todo alimento e água. O número de aves varia entre 50 e 200, sendo considerada uma criação de pequena escala (SARCINELLI *et al.*, 2007). Já o sistema intensivo é a forma de criação mais utilizada no Brasil, tendo como principal característica o número elevado de aves, podendo chegar aos milhares e requer maior investimento, tanto financeiro, como operacional (SARCINELLI *et al.*, 2007).

O sistema intensivo de criação tem possibilitado à avicultura ser explorada com resultados similares durante todo o ano, devido ao desenvolvimento das técnicas de criação, alimentação e instalação. Tal progresso foi consequência direta dos avanços na investigação sobre incubação artificial, necessidades nutricionais e controle de doenças (SARCINELLI *et al.*, 2007). O conhecimento das diversas patologias e dos procedimentos para preveni-las ou curá-las permitiu viabilizar a intensificação da produção animal. Outras áreas do conhecimento, como o melhoramento genético, a determinação das necessidades nutricionais e o balanceamento da ração, também foram

fundamentais e têm permitido um aumento da eficiência zootécnica desses animais (ALBUQUERQUE, 2005).

Além das fontes de energia, proteína, minerais e vitaminas, são utilizados outros ingredientes aditivos na ração, cuja finalidade é dar aroma, cor, sabor e, principalmente, substâncias que previnem doenças e que estimulam o crescimento das aves, os antimicrobianos (PALERMO NETO, 2006). Cabe ressaltar que uso de hormônios na criação dos frangos é considerado inviável e uma prática proibida no Brasil (UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA, 2013a).

Além de atuarem como promotores de crescimento e prevenção de doenças, os antimicrobianos apresentam a vantagem da diminuição do tempo necessário para que se atinja o peso ideal para o abate, diminuição do consumo de ração, aumento da eficiência alimentar, melhoria das qualidades organolépticas e conservação da ração, além da diminuição da mortalidade (ALBUQUERQUE, 2005).

Alguns mecanismos têm sido sugeridos como explicação para utilização dos antimicrobianos como promotores de crescimento. Entre eles destacam-se: (a) inibição das infecções subclínicas e, portanto, animais mais saudáveis; (b) diminuição da espessura da parede intestinal e; (c) controle dos microrganismos patogênicos presentes no intestino. A atuação dos antimicrobianos, de acordo com os mecanismos propostos, facilitaria a absorção de nutrientes e o animal teria um desenvolvimento mais acelerado (KUMAR *et al.*, 2005).

A produção de frango de corte, no modo intensivo, gera grande volume de cama de frango, material distribuído sobre o piso dos galpões e que apresenta a finalidade de servir como leito para as aves, absorvendo a umidade, funcionando como isolante térmico e amortecendo o impacto. O material utilizado pode apresentar de 5 a 15 centímetros de espessura e ser composto por pó de serra, maravalha, cascas de arroz e /ou amendoim, sabugo de milho triturado, palha das culturas em geral e feno de gramíneas (PAGANINI, 2004).

Em vários países, inclusive no Brasil, a cama de frango pode ser reutilizada de três a cinco gerações, acumulando

restos de ração, penas e excreta dos animais. A reutilização da cama de frango repercute em um impacto econômico favorável ao criador, uma vez que diminui os custos relativos à aquisição, retirada e disposição desse resíduo (OVIEDO-RONDÓN, 2008).

Estima-se que, no Brasil, se gera anualmente em torno de 9,1 bilhões de quilogramas de cama de frango (SANTOS, 2002). Até 2001 esse material foi amplamente utilizado na alimentação de ruminantes, quando este uso foi proibido em todo o território nacional pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Instrução Normativa n.º 15, de 17 de julho de 2001) (BRASIL, 2001). Essa decisão foi tomada porque estudos associaram os casos da doença encefalopatia espongiiforme bovina, comumente denominada de "síndrome da vaca louca", ocorridos na Europa, com o consumo da cama de frango. A hipótese levantada foi que esses resíduos poderiam conter ingredientes de origem animal, que ao serem ingeridos pelos bovinos, passariam a ser portadores da doença.

Portanto, essa proibição resultou na intensificação do uso da cama de frango como adubo orgânico no solo, considerando elevado conteúdo de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cobre e zinco. Além desses elementos, os antimicrobianos estão presentes na cama de frango, uma vez que, para alguns deles, a taxa de excreção representa até 90% da dose administrada (KUMAR *et al.*, 2005).

Sabe-se que todo medicamento ingerido ou injetado no animal passa por um processo de absorção, distribuição, biotransformação e excreção. Dessa forma, o destino final dos medicamentos e de seus metabólitos é a excreta das aves (GONZALES *et al.*, 2005). Portanto, a cama de aviário pode apresentar resíduos desses antimicrobianos e de seus metabólitos, e o desconhecimento sobre os impactos dessas substâncias no ambiente é motivo de grande preocupação.

Segundo Santos (2002), se a degradação desses compostos na cama avícola não ocorrer eficientemente, o risco de resistência microbiológica pode ser iminente. As bactérias podem passar por alterações do material genético, adquirindo resistência aos fármacos, por exemplo, e tais microrganismos,

quando presentes em um rio que contenha resíduos de antimicrobianos, podem adquirir resistência a essas substâncias. Desde a década de 1980 pesquisadores vêm observando que determinadas cepas bacterianas têm se tornado resistentes aos antimicrobianos promotores de crescimento utilizados em aves, e que o uso contínuo desses produtos pode expandir os tipos de genes de resistência na natureza. Nesse sentido, a grande preocupação é que bactérias resistentes em animais de produção possam contribuir para a resistência aos antimicrobianos em humanos.

A contaminação ambiental causada pelo uso da cama de frango pode se originar de diferentes formas pelos elementos inorgânicos como nitrogênio e fósforo, principalmente, por microrganismos, tais como *Salmonellas sp* e *Escherichia coli*, e por compostos orgânicos, tais como os antimicrobianos. Assim, quando a cama de frango é adicionada ao solo sem nenhum tratamento prévio, como a compostagem, por exemplo, microrganismos, compostos inorgânicos e orgânicos podem contaminar o solo, as lavouras e atingir os recursos hídricos (HAHN, 2004; OVIEDO-

RONDÓN, 2008).

VIAS DE ENTRADA E OCORRÊNCIA DE ANTIMICROBIANOS NO AMBIENTE

Com a intensificação no uso da cama de frango como adubo na lavoura, o problema passou a ter caráter ambientalista, uma vez que a excreta é muitas vezes lançada diretamente no campo ou empregado como fertilizante em solos cultiváveis sem nenhum cuidado prévio. (GONZALES *et al.*, 2005).

Conforme apresentado na Figura 4, a inserção de antimicrobianos e outros fármacos no ambiente pode ocorrer por meio dos excrementos dos animais, pela contaminação por esgotos industriais e sanitários, pelas más condições de armazenagem dos produtos não utilizados ou com prazo de validade expirado e através de tratamentos administrados na aquicultura. Dentre esses, as fezes e a urina são as maiores fontes de contaminação, já que o esterco é muitas vezes lançado diretamente no pasto ou empregado como fertilizante sem nenhum tratamento prévio (GONZALES *et al.*, 2005; PEREIRA *et al.*, 2012).

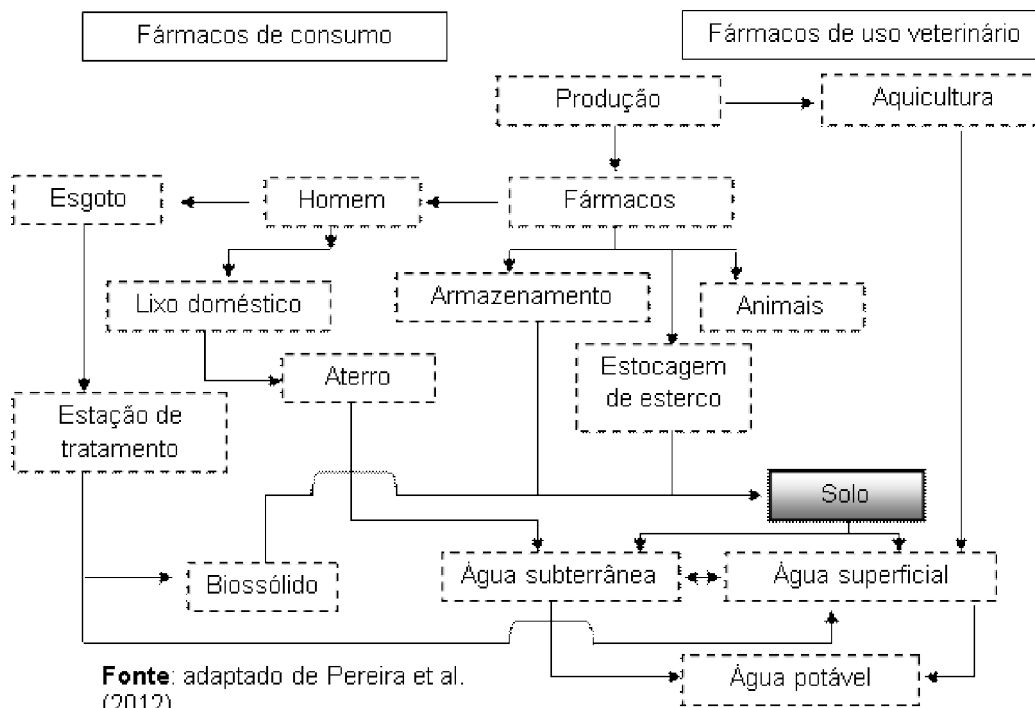


Figura 4 – Principais rotas de contaminação do solo por fármacos de uso humano e veterinário.

Fonte: Adaptado de Pereira *et al.*

Apesar da importância da produção avícola para o agronegócio brasileiro, ainda são escassos os estudos no país sobre a ocorrência de resíduos dos principais antimicrobianos de uso veterinário no ambiente. Entre os poucos estudos encontrados na literatura sobre a ocorrência desses compostos no Brasil, destacam-se os trabalhos de Locatelli *et al.* (2011) e Leal *et al.* (2012).

Locatelli *et al.* (2011) avaliaram a presença de amoxicilina, ampicilina, cefalexina, ciprofloxacina, norfloxacina, sulfamethoxazol e tetraciclina em água do rio Atibaia (SP). Todos os antimicrobianos estudados foram encontrados em pelo menos uma das amostras analisadas, com destaque para norfloxacina, cujas concentrações variaram de 0,50 até 51 ng L⁻¹, e para cefalexina, cuja faixa de concentração variou de 2,4 até 133,0 ng L⁻¹.

Leal *et al.* (2012) investigaram a presença dos antimicrobianos da classe das fluoroquinolonas (ciprofloxacina, enrofloxacina, norfloxacina e danofloxacina) em amostras de solo e cama de frango.

Ciprofloxacina, norfloxacina e enrofloxacina foram encontradas em amostras de cama de frango e solo na faixa de concentração de 0,39 a 30,97 mg kg⁻¹. Em outro estudo, esses mesmos compostos, exceto danofloxacina, foram analisados em amostras de cama de frango provenientes do Distrito de Bueno de Andrada, Araraquara (SP), e foram identificados os antimicrobianos ciprofloxacina e enrofloxacina na ordem de 100 µg kg⁻¹ (PAVANI, 2011).

Por outro lado, esse cenário é diferente no mundo, sendo reportados na literatura diversos trabalhos sobre essa temática em diferentes países. Estão listados na Tabela 1 trabalhos encontrados na literatura que apresentam a presença de antimicrobianos em cama de frango, águas superficial e subterrânea, solo e em diferentes tipos de esterco animal. Esta tabela foi dividida destacando-se as principais classes de compostos que vêm sendo analisadas nas diferentes matrizes citadas: β-lactâmicos, fluoroquinolonas, ionóforos, macrolídeos, sulfonamidas e tetraciclina.

Tabela 1 – Ocorrência de antimicrobianos de diferentes grupos farmacológicos no ambiente.

Grupo farmacológico	Antimicrobiano	Concentração	Matriz	País	Referência	
Fluoroquinolonas	Ciprofloxacina	0,28 µg kg ⁻¹	Esterco animal	Reino Unido	Boxall et al., 2002	
		0,053 mg kg ⁻¹	Solo	Alemanha e Turquia	Uslu et al., 2008	
		0,3 a 3,0 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Xiang-Gang et al., 2008	
		Até 45,6 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Zhao et al., 2010	
		Até 17,1 µg kg ⁻¹	Solo	China	Huang et al., 2013	
	Norfloxacina	Até 2,4 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Huang et al., 2013	
		Até 225,5 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Zhao et al., 2010	
		Até 1,9 mg kg ⁻¹	Cama de frango	Malásia	Ho et al., 2012	
		Até 95,7 µg kg ⁻¹	Solo	Malásia	Ho et al., 2012	
		Até 13,7 µg kg ⁻¹	Solo	China	Huang et al., 2013	
	Ofloxacina	Até 3,6 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Huang et al., 2013	
		Até 6,0 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Huang et al., 2013	
		Até 25,9 µg kg ⁻¹	Solo	China	Huang et al., 2013	
		Danofloxacina	Até 1,1 mg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Zhao et al., 2010
			0,06 mg kg ⁻¹	Cama de frango	Turquia	Karci e Balcioglu et al., 2009
0,05 mg kg ⁻¹	Solo		Turquia	Karci e Balcioglu et al., 2009		
Até 1420,8 mg kg ⁻¹	Cama de frango		China	Zhao et al., 2010		
Até 61 ng L ⁻¹	Estuário		China	Zheng et al., 2011		
Enrofloxacina	Até 26,9 mg kg ⁻¹	Cama de frango	Malásia	Ho et al., 2012		
	Até 377,7 µg kg ⁻¹	Solo	Malásia	Ho et al., 2012		
	Até 20,6 µg kg ⁻¹	Solo	China	Huang et al., 2013		
	Até 31,3 µg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Huang et al., 2013		



Tabela 1 – Ocorrência de antimicrobianos de diferentes grupos farmacológicos no ambiente. (cont.)

Grupo farmacológico	Antimicrobiano	Concentração	Matriz	País	Referência
Fluoroquinolonas	Enrofloxacina	Até 2,8 mg kg ⁻¹	Cama de frango	Áustria	Martinez-Carballo et al., 2007
		0,37 mg kg ⁻¹	Solo	Áustria	Martinez-Carballo et al., 2007
β-lactâmicos	Amoxicilina	Até 0,204 mg kg ⁻¹	Solo	Alemanha e Turquia	Uslu et al., 2008
		< 10 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 15 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 13 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 20 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
Macrolídeos	Clindamicina	Até 30 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 1,70 µg L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Hirsch et al., 1999
	Eritromicina	2,5 µg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002
		Até 300 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
	Roxitromicina	Até 31,6 µg kg ⁻¹	Cama de frango	Malásia	Ho et al., 2012
		Até 30 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 210 µg kg ⁻¹	Cama de frango	China	Huang et al., 2013
	Tilosina	90 ng L ⁻¹	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 13,7 mg kg ⁻¹	Cama de frango	Malásia	Ho et al., 2012
		Até 679 µg kg ⁻¹	Solo	Malásia	Ho et al., 2012
Lincomicina	Até 240 µg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002	
	21,1 µg L ⁻¹	Água superficial	Reino Unido	Boxall et al., 2013	
	8,5 µg kg ⁻¹	Solo	Reino Unido	Boxall et al., 2013	
	Até 8,7 µg kg ⁻¹	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011	

Tabela 1 – Ocorrência de antimicrobianos de diferentes grupos farmacológicos no ambiente. (cont.)

Grupo Farmacológico	Antimicrobiano	Concentração	Matriz	País	Referência		
Tetraciclina	Clortetraciclina	0,15 µg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Lindsey et al., 2001		
		Até 1 mg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002		
		4,6 a 7,3 µg kg ⁻¹	Solo	Alemanha	Hamscher et al., 2002		
		Até 46 mg kg ⁻¹	Esterco de suíno	Áustria	Martinez-Carballo et al., 2007		
		Até 347 µg kg ⁻¹	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011		
		Até 73 µg L ⁻¹	Águas residuais de manejo	China	Wei et al., 2011		
		Até 2,2 µg L ⁻¹	Água superficial	China	Wei et al., 2011		
		Até 410 µg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002		
		71,7 µg L ⁻¹	Água superficial	Inglaterra	Kay et al., 2005		
		Até 29 mg kg ⁻¹	Esterco de Suíno	Áustria	Martinez-Carballo et al., 2007		
		Oxitetraciclina	Até 744 µg kg ⁻¹	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011	
			Até 3,7 µg L ⁻¹	Águas residuais de manejo	China	Wei et al., 2011	
			Até 2,4 µg L ⁻¹	Água superficial	China	Wei et al., 2011	
		Tetraciclina	Tetraciclina	0,07 a 1,34 µg L ⁻¹	Água superficial	EUA	Lindsey et al., 2001
				27 µg kg ⁻¹	Solo	Alemanha	Kim et al., 2011
282 µg kg ⁻¹	Biossólido			EUA	Ding et al., 2011		
Até 10,3 µg L ⁻¹	Águas residuais de manejo			China	Wei et al., 2011		
		Até 0,8 µg L ⁻¹	Água superficial	China	Wei et al., 2011		



Tabela 1 – Ocorrência de antimicrobianos de diferentes grupos farmacológicos no ambiente. (cont.)

Grupo Farmacológico	Antimicrobiano	Concentração	Matriz	País	Referência
Sulfonamidas	Trimetropina	Até 0,20 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	Alemanha	Hirsch et al., 1999
		2,5 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002
		Até 71 ng L^{-1}	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		0,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$	Solo	Reino Unido	Boxall et al., 2013
		Até 17 mg kg^{-1}	Cama de frango	Áustria	Martínez-Carballo et al., 2007
		Até 3,4 mg kg^{-1}	Cama de frango	Malásia	Ho et al., 2012
	Sulfametoxazole	Até 60,1 $\mu\text{g kg}^{-1}$	Solo	Malásia	Ho et al., 2012
		0,47 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água subterrânea	Alemanha	Hirsch et al., 1999
		1,02 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	EUA	Lindsey et al., 2001
		0,22 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água subterrânea	EUA	Lindsey et al., 2001
		Até 98 ng L^{-1}	Água superficial	Alemanha	Christian et al., 2003
		Até 64 $\mu\text{g L}^{-1}$	Águas residuais de manejos	China	Wei et al., 2011
		Até 0,6 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	China	Wei et al., 2011
		Até 2,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$	Solo	França	Tamtam et al., 2011
		Até 36 mg kg^{-1}	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011
Até 2,6 ng g^{-1}	Solo	Espanha	García-Galán et al., 2013		

Tabela 1 – Ocorrência de antimicrobianos de diferentes grupos farmacológicos no ambiente. (cont.)

Grupo Farmacológico	Antimicrobiano	Concentração	Matriz	País	Referência	
Tetraciclina	Sulfametazina	0,16 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água subterrânea	Alemanha	Hirsch et al., 1999	
		400 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	EUA	Campagnolo et al., 2002	
		2 $\mu\text{g kg}^{-1}$	Solo	Alemanha	Hamscher et al., 2005	
		Até 211 $\mu\text{g L}^{-1}$	Águas residuais de manejos	China	Wei et al., 2011	
		Até 4,7 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	China	Wei et al., 2011	
		0,22 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	EUA	Lindsey et al., 2001	
	Sulfatiazole	Até 132 mg kg^{-1}	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011	
		0,08 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	EUA	Lindsey et al., 2001	
		Até 0,72 ng g^{-1}	Solo	Espanha	García-Galán et al., 2013	
		Sulfadiazina	51 mg kg^{-1}	Cama de Frango	Áustria	Martínez-Carballo et al., 2007
			91 mg kg^{-1}	Esterco de Peru	Áustria	Martínez-Carballo et al., 2007
			562 mg kg^{-1}	Biossólido	EUA	Ding et al., 2011
			Até 17 $\mu\text{g L}^{-1}$	Águas residuais de manejos	China	Wei et al., 2011
			Até 1 $\mu\text{g L}^{-1}$	Água superficial	China	Wei et al., 2011
			Até 4,26 ng g^{-1}	Solo	Espanha	García-Galán et al., 2013
Ionóforos	Monensina	Até 4,1 mg kg^{-1}	Cama de frango	EUA	Sun et al., 2013	
	Salinomicina	Até 21,9 mg kg^{-1}	Cama de frango	EUA	Sun et al., 2013	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Segundo este levantamento, os países que mais reportam trabalhos relacionados com a ocorrência de antimicrobianos no ambiente são os Estados Unidos e China, seguidos do Reino Unido, Alemanha, Áustria e Espanha. Completam a lista a Turquia, país euroasiático e Malásia do sudeste da Ásia.

Essa elevada frequência de antimicrobianos no ambiente fez com que vários países da União Europeia e os Estados Unidos iniciassem programas de monitoramento e avaliação do impacto ambiental causado por esses compostos (SARMAH *et al.*, 2006). Nos Estados Unidos, por exemplo, uma pesquisa revelou que antimicrobianos foram encontrados em 27% dos 139 rios investigados em concentrações de até 0,7 mg L⁻¹, e a principal fonte desses compostos era o esterco animal aplicado na agricultura como adubo contendo resíduos dessas substâncias (KOLPIN *et al.*, 2002; BAGUER *et al.*, 2000).

Embora estudos demonstrem a ocorrência de antimicrobiano no ambiente, ainda são incipientes as informações sobre o comportamento desses compostos na cama de frango e seu destino quando esse material é adicionado ao solo.

Investigações para elucidar a influência desses compostos no ecossistema são necessárias, a fim de estabelecer uma gestão segura de destinação e tratamento desses resíduos. Algumas das estratégias para avaliar o comportamento desses compostos no ambiente são investigar as interações com o solo, por meio de estudos de adsorção, dessorção, lixiviação e degradação.

A distribuição de uma substância entre as fases sólida e aquosa do solo é um processo complexo, que depende de diversos fatores, como a natureza química da substância, as características do solo e fatores climáticos, como precipitação pluviométrica, temperatura, exposição à radiação e vento. Estudos de adsorção e lixiviação geram informações importantes sobre a mobilidade de substâncias químicas e sua distribuição nos compartimentos solo, água e ar. Podem ser utilizadas na previsão ou estimativa, por exemplo, da disponibilidade de uma substância química

para degradação, para transformação e incorporação por organismos, assim como para prever o potencial de lixiviação pelo perfil do solo e contaminação das águas subterrâneas e o potencial de escoamento superficial e contaminação das águas superficiais.

A maioria dos trabalhos publicados foram realizados em regiões de clima temperado, que apresenta condições ambientais diferentes dos climas tropicais, com elevado volume de chuvas e temperaturas elevadas, além de solos com diferentes texturas e características de fertilidade distintas, como a porcentagem de matéria orgânica e valores de pH. Todas essas peculiaridades tropicais podem contribuir para um comportamento diferente dos antimicrobianos em solos brasileiros e, portanto, necessitam ser avaliados. No Brasil, os estudos sobre o comportamento de antimicrobianos em solos são escassos e recentes (LEAL *et al.* 2012; DORETTO; RATH, 2013). Regitano *et al.* (2010) e Pereira *et al.* (2013), em seus trabalhos de revisão sobre comportamento e impactos ambientais causados por antimicrobianos veterinários, alertam sobre a necessidade de estudos em regiões de clima tropical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença de antimicrobianos veterinários em cama de frango apresenta esse material como uma fonte de entrada desses compostos no ambiente quando a mesma é usada como aditivo agrícola ou disposta de forma inadequada no solo.

Além de estudos que avaliem o comportamento desses compostos em condições tropicais, a avaliação dos processos de retenção, transformação e transporte de antimicrobianos em solo tratado com cama de frango poderão contribuir para prever o potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas, utilizando modelos de dispersão de contaminantes e experimentos de lixiviação em laboratórios e em campo.

Outros aspectos que também deveriam ser priorizados em estudos futuros são: (i) investigação de um número mais expressivo de antimicrobianos de diferentes classes farmacológicas; (ii) avaliação em diferentes tipos de solos, principalmente quanto ao teor

de matéria orgânica e de granulometria; (iii) avaliação da influência de diferentes tratamentos prévios aplicados aos solos (calagem, plantio direto, adubação química, aplicação de adubação orgânica); (iv) investigação do efeito sinérgico dos antimicrobianos, uma vez que a maioria dos estudos apresentados na literatura sobre o comportamento de antimicrobianos em diferentes matrizes enfoca um ou mais compostos, porém todos separados, fazendo com que esses estudos se distanciem da realidade.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. Antimicrobianos como promotores de crescimento. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIAC, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura**. São Paulo: Roca, 2005. v. 1, Cap. 9, p. 149-159.
- BAGUER, A. J.; JENSEN, J.; KROGH, P. H. Effects of the antibiotics oxytetracycline and tylosin on soil fauna. **Chemosphere**, v. 40, n. 7, p. 751-757, Apr. 2000.
- BOXALL, A. B. A.; BLACKWELL, P.; CAVALLO, R.; KAY, P.; TOLLS, J. The sorption and transport of a sulphonamide antibiotic in soil systems. **Toxicology Letters**, v. 131, n.1-2, p. 19-28, May. 2002.
- BOXALL, A. B. A.; FOGG, L. A.; BAIRD, D. J.; LEWIS, C.; TELFER, T. C.; KOLPIN, D.; GRAVELL, A.; PEMBERTON, E.; BOUCARD, T. **Targeted monitoring study for veterinary medicines in the environment**. Disponível em: <<http://cdn.environment-agency.gov.uk/scho0806blhh-e-e.pdf>>. Acesso em: 21. out. 2013.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. Instrução normativa número 15, de 17 de julho de 2001, sobre a proibição do uso de cama de aviário na alimentação de ruminantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.cda.sp.gov.br/www/legislacoes/popup.php?action=view&idleg=587>>. Acesso em: 20. out. 2013.
- CAMPAGNOLO, E. R.; JOHNSON, K. R.; KARPATI, A.; RUBIN, C. S.; KOLPIN, D. W.; MEYER, M. T.; ESTEBAN, J. E.; CURRIER, R. W.; SMITH, K.; THUG, K. M.; MCGEEHIN, M. Antimicrobial residues in animal waste and water resources proximal to large-scale swine and poultry feeding operations. **Science of the Total Environment**, v. 299, p. 89-95, May. 2002.
- CHRISTIAN, T.; SCHNEIDER, R. J.; FARBER, H. A.; SKUTLAREK, D.; MEYER, M. T.; GOLDBACH, H. E. Determination of antibiotics residues in manure, soil and surface waters. **Acta Hydrochimica et Hydrobiologica**, v. 31, n. 1, p. 36-44, Jul. 2003.
- DORETTO, K. M.; RATH, S. Sorption of sulfadiazine on Brazilian soils. **Chemosphere**, v. 90, n. 6, p. 2027-2034, Feb. 2013.
- DING, Y.; ZHANG, W.; GU, C.; XAGORARAKI, I.; LI, H. Determination of pharmaceuticals in biosolids using accelerated solvent extraction and liquid chromatography/tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1218, n. 1, p. 10-16, Oct. 2011.
- GARCÍA-GALÁN, M. J.; DÍAZ-CRUZ, S.; BARCELÓ, D. Multiresidue trace analysis of sulfonamide antibiotics and their metabolites in soils and sewage sludge by pressurized liquid extraction followed by liquid chromatography-electrospray-quadrupole linear ion trap mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1275, p. 32-40, Feb. 2013.
- GONZALES, E.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M. Boas práticas no uso de medicamentos pela

indústria avícola. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.

Farmacologia aplicada à avicultura. São Paulo: Roca, 2005. v. 1, Cap. 18, p. 265-285.

HAHN, L. **Processamento da cama de aviário e suas implicações nos agroecossistemas.** 2004. 130 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

HAMSCHER, G.; SCZENY, S.; HOPER, N. H. Determination of persistent tetracycline residues in soil fertilized with liquid manure by high performance liquid chromatography with electrospray ionization tandem mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, v. 74, n. 7, p. 1509-1518, May. 2002.

HIRSCH, R.; TERNES, T.; HABERER, K.; KRATZ, K-L. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. **Science of the Total Environment**, v. 225, n. 1/2, p. 109-118, Jan. 1999.

HO, Y. B.; ZAKARIA, M. P.; LATIF, P. A.; SAARI, N. Simultaneous determination of veterinary antibiotics and hormone in broiler manure, soil and manure compost by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. **Journal of Chromatography A**, v. 1262, n. 2, p. 160-168, Sep. 2012.

HUANG, Y.; CHENG, M.; LI, W.; WU, L.; CHEN, Y.; LUO, Y.; CHRISTIED, P.; ZHANG, H. Simultaneous extraction of four classes of antibiotics in soil, manure and sewage sludge and analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with the isotope-labelled internal standard method. **Analytical Methods**, v. 5, n. 15, p. 3721-3731, May. 2013.

KAY, P.; BLACKWELL, P. A.; BOXALL, A. B. A. Transport of veterinary antibiotics in overland flow following the application of slurry to arable land.

Chemosphere, v. 59, n. 7, p. 951-959, May. 2005.

KIM, K-R.; OWENS, G.; KWON, S-I.; SO, K-H.; LEE, D-B.; OK, S. Y. Occurrence and environmental fate of veterinary antibiotics in the terrestrial environment. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 214, n. 1/4, p. 163-174, 2011.

KOLPIN, D. W.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; THURMAN, E. M.; ZAUGG, S. D.; BARBER, L. B.; BUXTON, H. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: a national reconnaissance. **Environmental Science and Technology**, v. 36, n. 6, p.1202-1211, 2002.

KUMAR, K.; GUPTA, S. C.; CHANDER, Y.; SINGH, A. K. Antibiotic use in agriculture and its impact on the terrestrial environment. In: SPARKS, D. L. **Advances in agronomy.** Newark: Elsevier, 2005. v. 87, p. 1-54.

KUMAR, K.; GUPTA, S. C.; BAIDOO, S. K.; CHANDER, Y.; ROSEN, C. J. Antibiotic uptake by plants from soil fertilized with animal manure. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, n. 6, p. 2082-2085, Nov./Dec. 2005.

LEAL, R. M. P.; FIGUEIRA, R. F.; TORNISIELO, V. REGITANO, J. B. Occurrence and sorption of fluoroquinolones in poultry litters and soils from São Paulo State, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 432, p. 344-349, Aug. 2012.

LIMA, F. R. Aditivos zootécnicos: enzimas. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura.** São Paulo: Roca, 2005. v. 1, Cap. 16, p. 239-248.

LINDSEY, M. E.; MEYER, M.; THURMAN-SORENSEN, E. M. Analysis of trace levels of sulfonamide and tetracycline antimicrobials in

groundwater and surface water using solid-phase extraction and liquid chromatography/mass spectrometry. **Analytical Chemistry**, v. 73, n. 19, p. 4640-4646, Oct. 2001.

KARCI, A.; BALCIOGLU, I. A. Investigation of the tetracycline, sulfonamide and fluroquinolone antimicrobial compounds in animal manure and agricultural soils in Turkey. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 16, p. 4652-4664, Aug. 2009.

LOCATELLI, M. A. F.; SODRE, F. F.; JARDIM, W. F. Determination of antibiotics in brazilian surface waters using liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 60, n. 3, p. 385-393, Apr. 2011.

MARTINEZ-CARBALO, E.; BARREIRO-GONZALES, C.; SCHARF, S.; GANS, O. Environmental monitoring study of selected veterinary antibiotics in animal manure and soils in Austria. **Environmental Pollution**, v. 148, n. 2, p. 570-579, Jul. 2007.

NICOLETTI, M. A. Aspectos farmacotécnicos relevantes na elaboração de medicamentos e rações. In: PALERMO NETO, J.; SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L. **Farmacologia aplicada à avicultura**. 1. ed. São Paulo: Roca, 2005. Vol. 1, Cap. 3, p. 37-52.

OVIEDO-RONDÓN, E. O. Tecnologias para mitigar o impacto ambiental da produção de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial, p. 239-252, Jul. 2008.

PAGANINI, F. J. Manejo da cama. In: MENDES, A. A.; NAAS, I. A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas: Facta, 2004. v. 1, Cap. 7, p. 107-116.

PALERMO NETO, J. Antimicrobianos como aditivos em animais de produção. In: SPINOSA H. S.; BERNARDI, M. M.; GÓRNIK, S. L. **Farmacologia aplicada à medicina veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. Cap. 52, p. 641-658.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Levantamento do uso e comercialização de medicamentos veterinários em frango de corte**. Disponível em: <<http://200.189.113.52/ftp/Visa/alimentos/Relatoriofrangodecorte.doc>>. Acesso em: 04 jun. 2013.

PAVANI, V. D. **Otimização de método para determinação de antimicrobianos em cama de frango por CLAE-FLU**. 2011. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2011.

PEREIRA, L. A.; JARDIM, I. C. S. F.; FOSTIER, A. H.; RATH, S. Ocorrência, comportamento e impactos ambientais provocados pela presença de antimicrobianos veterinários em solos. **Química Nova**, v. 35, n.1, p. 159-169, Mai./Ago. 2012.

SANTOS, I. I. **Promotores de crescimento na alimentação de frangos de corte: desempenho zootécnico e análise de resíduos (antimicrobianos) na cama de aviário**. 2002. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Produção de frango de corte**. Disponível em: <<http://goo.gl/vOXZT2>>. Acesso em: 04 jul. 2013.

SARMAH, A. K.; MEYER, M. T.; BOXALL, A. B. A. A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence fate and effects of

veterinary antibiotics (VAs) in the environment. **Chemosphere**, v. 65, n. 5, p. 725-759, Oct. 2006.

SUN, P.; BARMAZ, D.; CABRERA, M. L.; PAVLOSTATHIS, S. G.; HUANG, C-H. Detection and quantification of ionophore antibiotics in runoff, soil and poultry litter. **Journal of Chromatography A**, v. 1312, p. 10-17, Oct. 2013.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA.
Hormônios não são utilizados na produção de frangos. Disponível em: <http://file.aviculturaindustrial.com.br/Material/Tecnico/mito_hormonios.pdf>. Acesso em: 07 jun. 2013a.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA.
Relatório anual 2012. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/41c30a0f46702351b561675f70fae077.pdf>>. Acesso em: 07 jun. 2013b.

USLU, M. O.; YEDILER, A.; BALCIOGLU, I. A.; SCHULTE-HOSTEDE, S. Analysis and sorption behavior of fluoroquinolones in solid matrices. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 190, n. 1-4, p. 55-63, May. 2008.

XIANG-GANG, H.; QI-XING, Z.; LIN, X. Determination of thirteen antibiotics residues in manure by solid phase extraction and high performance liquid chromatography. **Chinese Journal of Analytical Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 1162-1166, Sep. 2008.

WEI, R.; GE, F.; HUANG, S.; CHEN, M.; WANG, R. Occurrence of veterinary antibiotics in animal wastewater and surface water around farms in Jiangsu Province, China. **Chemosphere**, v. 82, n. 10, p. 1411-1414, Mar. 2011.

ZHANG, H. Simultaneous extraction of four classes of antibiotics in soil, manure and sewage sludge and analysis by liquid chromatography-tandem mass spectrometry with the isotope-labelled internal standard method. **Analytical Methods**, v. 5, n. 5, p. 3721-3731, May. 2013.

ZHAO, L.; DONG, Y. H.; WANG, H. Residues of veterinary antibiotics in manures from feedlot livestock in eight provinces of China. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 5, p. 1069-1075, Feb. 2010.

RECEBIDO EM 8/9/2014
ACEITO EM 179/11/2014