

RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA EM CEPAS DE *Escherichia coli* ISOLADAS DE PESCADO MARINHO COMERCIALIZADO NA FEIRA LIVRE DO MUCURIBE - FORTALEZA-CE, BRASIL

Adalva Lopes MACHADO¹; Rayza Lima ARAÚJO¹; Oscarina Viana de SOUSA²; Regine Helena Silva dos Fernandes VIEIRA³

RESUMO

Os micro-organismos presentes nos ambientes de captura de pescados e na cadeia produtiva de alimentos acarretam risco de transmissão de doenças e transferência de genes de resistência a antimicrobianos entre as bactérias. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a resistência antimicrobiana de 79 cepas de *Escherichia coli* isoladas de 12 amostras de pescado marinho, sendo (6) de pargo *Lutjanus purpureus* e (6) de cavala *Scomberomorus cavala*, comercializados na feira livre do Mucuripe, na cidade de Fortaleza, CE. As cepas de *E. coli* foram analisadas quanto à suscetibilidade (20 antimicrobianos) e foi feita a "cura" plasmidial. Os resultados sugerem que as espécies de cavala e pargo comercializadas em feiras livres da cidade de Fortaleza podem atuar como reservatórios de *E. coli* resistentes às penicilinas e tetraciclina. As espécies estudadas apresentaram cepas de *E. coli* com perfis de multirresistência, indicando que amostras de cavala apresentam bactérias resistentes a quinolonas e fluoquinolonas (32,8%) enquanto as demais indicaram resistência elevada ao cloranfenicol (19,0%) e a sulfonamidas (23,0%). Houve resistência para os inibidores de betalactamases empregados, exceto para amoxicilina/ácido clavulânico. Além disso, foi constatada a predominância de múltipla resistência potencialmente cromossômica na maioria dos antimicrobianos testados. As espécies de peixe estudadas podem ser disseminadoras dessa mesma enterobactéria, sendo importante, portanto, que ocorra vigilância contínua dos pescados comercializados na feira livre do Mucuripe (Fortaleza).

Palavra chave: pargo; cavala; qualidade sanitária; bactéria resistente

ANTIMICROBIAL RESISTANCE IN *Escherichia coli* STRAINS FROM MARINE FISH SOLD OF FAIR MUCURIBE IN THE CITY OF FORTALEZA-CE, BRAZIL

ABSTRACT

The microorganisms present in the fishing area and in the food chain entail risk of disease transmission and the transfer of antimicrobial resistance genes among bacteria. The objective of this study was to characterize the antimicrobial resistance of 79 strains of *Escherichia coli* isolated from 12 marine fish samples, namely (6) snapper *Lutjanus purpureus* and (6) cavala *Scomberomorus cavala*, sold at the fair of Mucuripe, in the city of Fortaleza, CE. Strains of *E. coli* were analyzed for susceptibility (20 antimicrobials) and the plasmid "cure" was performed. The results suggest that the species mackerel and snapper sold in street markets of the Mucuripe in city of Fortaleza can act as reservoirs of *E. coli* resistant to penicillins and tetracyclines. The species showed strain of *E. coli* with multidrug resistance profiles, indicating that the mackerel samples exhibit bacteria resistant to quinolones and fluoquinolones (32.8%) while the others indicate high resistance to chloramphenicol (19.0%) and the sulphunamids (23.0%). There was resistance to inhibitors of beta-lactamases used, except for amoxicillin/clavulanic acid. Furthermore, there was prevalence of potentially multiple chromosomal resistance in the majority of tested antibiotics. The fish species studied can be disseminators of that enterobacteria, and it is important therefore continuous monitoring of fish sold at the fair of Mucuripe (Fortaleza).

Keywords: snapper; cavala; sanitary quality; resistant bacteria

Artigo Científico: Recebido em 25/11/2014 – Aprovado em 31/10/2015

¹ Universidade Federal do Ceará (UFC), Programa de pós-graduação do curso de Engenharia de Pesca. Av. Mister Hull, s/n – Campus do Pici – Bloco 825 – CEP: 60.356-000 – Fortaleza – CE – Brasil. e-mail: adalva.machado@ifrn.edu.br (autora correspondente)

² Universidade Federal do Ceará (UFC), Departamento de Engenharia de Pesca

³ Universidade Federal do Ceará (UFC), Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais. Bolsista de produtividade em Pesquisa do CNPq.

INTRODUÇÃO

O consumo mundial do pescado, em 2013, apresentou números que se aproximaram de 20 kg por habitante ano⁻¹, com produção estimada em mais de 160 milhões de toneladas (FAO, 2013). Apesar do pescado ser a carne mais requisitada mundialmente (SIDONIO *et al.*, 2012), com maior valor de mercado, seu consumo, no Brasil, ainda está aquém da média mundial, muito embora tenha sido observado um aumento de 14,5% nos últimos anos (BRASIL, 2013). Fatores como a globalização cultural, a redução de preços e a diversidade de produtos ofertados no mercado, além da influência na busca pela população por uma alimentação mais saudável, contribuíram para o aumento do consumo do pescado no mundo (HAWKES, 2006).

A crescente procura por esse alimento causa uma preocupação relacionada à qualidade com que deve ser oferecido ao consumidor nos locais de venda (feiras livres, mercados e peixarias). O pescado é composto por proteínas e gorduras facilmente oxidáveis (altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados) e pH próximo da neutralidade. Dessa forma, sua deterioração microbiana é facilitada, podendo essa contaminação se apresentar através de micro-organismos patogênicos com perfil de resistência a diferentes antimicrobianos (HUYNH e KITTS, 2009; GRIM *et al.*, 2011; LE HELLO *et al.*, 2011).

O problema é mais grave nos países em desenvolvimento, onde os antimicrobianos são amplamente aplicados na pecuária e aquicultura (WEGENER e FRIMODT-MOLLER, 2000). Dessa forma, a evolução e disseminação da resistência têm ocorrido nos últimos 50 anos, como resultado do aumento da pressão seletiva (BECEIRO *et al.*, 2013), causando a transmissão de Genes de Resistência Antimicrobiana (GRAs) entre cepas patogênicas e não patogênicas (BOUKI *et al.*, 2013; IBRAHIM *et al.*, 2014), afetando os humanos e os animais (RAUFU *et al.*, 2014), dentre eles, os peixes. Mediante tal resistência, testes de suscetibilidade aos antimicrobianos têm sido aplicados com o intuito de avaliar a sensibilidade dessas cepas infectantes do pescado, a fim de se ter um parâmetro para se definir o grau de importância de uma linhagem bacteriana associada a uma patologia (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

Dessa forma, os objetivos dessa pesquisa foram: determinar o perfil de resistência a 20 antimicrobianos em 79 cepas de *Escherichia coli* isoladas de espécies marinhas (pargo e cavala), comercializadas em feiras livres na cidade de Fortaleza, CE; pesquisar a relação de resistência a antimicrobianos com a presença de plasmídios e associar o papel desses elementos genéticos móveis com os perfis de resistência encontrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem das amostras

Doze amostras de pescado foram obtidas no intervalo de seis meses de pesquisa, sendo coletadas em lotes compostos por 1 kg de peixe, cada. As amostras foram obtidas em doze barracas (móveis e permanentes) de comercialização de pescado marinho, escolhidas de forma aleatória, na feira livre do Mucuripe, Fortaleza-CE. Na região leste da cidade de Fortaleza, essa feira é conhecida como local importante para venda de pescado capturado na zona costeira, por meio de pesca artesanal.

As amostras foram transportadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) do Instituto de Ciências do Mar (Labomar), para posterior análise e isolamento de cepas de *E. coli*.

Setenta e nove estirpes de *E. coli* foram isoladas do músculo, com pele, de 12 amostras de peixe (seis de cavala (*Scomberomorus cavalla*) e seis de pargo (*Lutjanus purpureus*) através da técnica do Número Mais Provável (NMP) com uso de tubos múltiplos e Caldo *E. coli* (EC) (Difco). Em seguida, os tubos positivos foram plaqueados em Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB) (Difco) e as colônias características foram isoladas e submetidas aos testes bioquímicos do IMViC (Indol, Vermelho de Metila, Voges-Proskauer e Citrato), segundo MEHLMAN *et al.* (1984).

Teste de suscetibilidade a antimicrobianos

Para a realização do antibiograma pelo método de difusão em disco (BAUER *et al.*, 1966) foram utilizadas colônias crescidas em Ágar Tryptone Soja (TSA - Difco) (35 °C/24 h). O inóculo foi preparado em solução salina esterilizada

(cloreto de sódio 0,85%). A densidade da suspensão foi ajustada em espectrofotômetro (Micronal, mod. B542) até atingir a turvação correspondente a 0,5 da escala McFarland, aproximadamente 10^8 Unidades Formadoras de Colônias (UFC) por mililitro. O inóculo bacteriano foi distribuído uniformemente, utilizando *swabs* estéreis, na superfície do ágar Mueller-Hinton (Difco) através do método de espalhamento. Após absorção do inóculo no meio de cultivo, os discos de papel (OXOID, Basingstoke, England) de antimicrobianos foram depositados sobre a superfície das placas, que foram incubadas a 37 °C/24 h. Após o tempo de incubação, procedeu-se a medição dos halos de inibição do micro-organismo frente à droga testada e, de acordo com seu tamanho, as cepas foram classificadas em sensíveis, intermediárias e resistentes, seguindo as recomendações descritas pelo “Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI” (CLSI, 2011). Foram empregados vinte (20) antimicrobianos pertencentes a nove diferentes classes, sendo eles: Ácido nalidíxico (30 µg), Moxifloxacina (5 µg), Ciprofloxacina (5 µg), Amicacina (30 µg), Estreptomicina (10 µg), Gentamicina (10 µg), Ampicilina (10 µg), Amoxicilina (10 µg), Penicilina (G), Ampicilina/ sulbactam (10/10 µg), Piperacilina/tazobactam (100/10 µg), Amoxicilina/ácido clavulânico (20/10 µg), Cefalotina (30 µg), Cefoxitina (30 µg), Ceftazidima (30 µg), Cloranfenicol (30 µg), Imipinem (10 µg), Nitrofurantoína (300 µg), Tetraciclina (30 µg) e Sulfametazol/trimetoprim (23,75/1,25 µg). Foram utilizadas como controle positivo cepas de *E. coli* ATTC 25922. O critério de seleção dos antimicrobianos foi baseado na escolha de representantes mais utilizados na clínica humana e veterinária. Além disso, foram utilizados fármacos com ação de amplo espectro e destinados ao tratamento de bactérias Gram negativas, tais como tetraciclina e penicilina G, a fim de se examinar o comportamento intrínseco de resistência das cepas testadas.

Técnica de cura de plasmídeos

As cepas que apresentaram perfil de multiresistência aos antimicrobianos testados foram submetidas à técnica de “cura” utilizando “Acridine Orange” como agente mutagênico,

segundo a metodologia descrita por MOLINA-AJA *et al.* (2002). Foram realizadas sementeiras em tubos inclinados com TSA e incubados a 35 °C por 24 horas. Subseqüentemente, uma alça de cada inóculo foi semeado em tubos de ensaio contendo 1mL de caldo de Luria Bertani (Difco) contendo 100 µg mL⁻¹ do agente de “cura” e incubadas durante 35 °C por 24 horas. As culturas crescidas nesse caldo foram submetidas novamente ao teste de antibiograma frente aos antimicrobianos aos quais haviam apresentado resistência no teste anterior.

Índice de Múltipla Resistência a Antimicrobianos (MAR)

O índice de Resistência Múltipla aos Antimicrobianos (MAR) foi calculado por meio da fórmula: $a/(b \times c)$, onde *a* é o escore de resistência agregada de todas as amostras de *E. coli*; *b* é o número de antimicrobianos testados no estudo; e *c*, o número de amostras de *E. coli* no grupo testado (KRUMPERMAN, 1983) multiplicando-se o valor final por 100 para obtenção dos resultados em percentuais (HIRSCH *et al.*, 2006). Valores maiores ou iguais a 0,2 indicam resistência múltipla.

RESULTADOS

Resistência a antimicrobianos

Os resultados do teste de suscetibilidade indicaram que as 79 cepas testadas (100%) apresentaram resistência a pelo menos um dos 20 antimicrobianos empregados (Tabela 1). A maioria das cepas apresentou elevado percentual de resistência à maior parte dos representantes da classe das penicilinas, seguidas das tetraciclinas. Dentro da classe das penicilinas, os percentuais mais representativos de resistência foram em isolados provenientes de amostras de pargo, sendo verificados, principalmente, para ampicilina (23,8%) e para a amoxicilina (23,8%).

Para as estirpes isoladas de amostras de cavala (56), o perfil de resistência antimicrobiana indicou maiores percentuais para a classe das quinolonas e das fluoquinolonas, com 32,1% para ácido nalidíxico, ciprofloxacina e morfloxacina. Para a classe das cefalosporinas (cefalotina) foi observada uma menor resistência (5,3%) das cepas

testadas, indicando uma maior eficiência no combate a bactéria *E. coli*.

As cepas isoladas de amostras de pargo apresentaram características semelhantes aos isolados de cavala, com total resistência a penicilina, porém alguns percentuais foram superiores

quando comparados com tais isolados, como foi o caso da ampicilina, sulfametazol/ trimetoprim e amoxicilina que apresentaram, respectivamente, 23,8% de isolados resistentes. Além disso, números consideráveis de cepas resistentes foram observados para o cloranfenicol (19%).

Tabela 1. Resistência antimicrobiana de cepas de *Escherichia coli* isoladas de pescados marinhos comercializados na feira livre do Mucuripe, na cidade de Fortaleza-CE.

Agente Antimicrobiano	Número (%) de isolados de <i>Escherichia coli</i> resistentes	
	Amostras de cavala (n = 56)	Amostras de pargo (n = 23)
Penicilinas		
- Ampicilina	1 (1,7)	5 (23,8)
- Amoxicilina	2 (3,5)	5 (23,8)
- Penicilina	55 (98,2)	21 (100)
- Amoxicilina/ác.clavulânico	1(1,7)	0(0)
- Ampicilina/sulbactam	0(0)	0(0)
- Piperacilina/tazobactam	0(0)	0(0)
Tetraciclina		
- Tetraciclina	17(30,4)	7 (33,3)
Quinolonas e Fluoquinolonas		
- Ácido nalidixico	18 (32,1)	1 (4,7)
- Ciprofloxacina	18 (32,1)	0 (0)
- Moxifloxacina	18 (32,1)	2 (9,5)
Cefalosporinas		
- Cefalotina	3 (5,3)	0 (0)
- Cefoxitina	1 (1,7)	0 (0)
- Ceftazidima	1(1,7)	0 (0)
Aminoglicosídeos		
- Amicacina	0 (0)	0 (0)
- Estreptomina	0 (0)	1 (4,7)
- Gentamicina	0 (0)	0 (0)
Fenicóis		
- Cloranfenicol	3 (5,3)	4 (19)
Carbopenêmicos		
- Imipinem	0 (0)	0 (0)
Nitrofuranos		
- Nitrofurantoína	3(5,3)	0 (0)
Sulfonamidas		
- Sulfametazol/ trimetoprim	4(7,1)	5 (23,8)

Perfil de multirresistência e cura plasmidial

Foram observados 17 perfis de multirresistência distintos nos isolados de *E. coli* provenientes de amostras de pargo e cavala. Dentre todas as cepas pesquisadas, os isolados oriundos de amostras de

cavala (23) apresentaram-se em maior número e com elevada diversidade, totalizando 11 perfis. Tais isolados (Tabela 2) indicaram perfis de resistência a, pelo menos, um representante do grupo das penicilinas, tetraciclina e fluoquinolonas.

Tabela 2. Perfis de multirresistência apresentado pelas cepas de *Escherichia coli* isoladas em amostras de duas espécies de pescado marinho comercializado na feira livre do Mucuripe, na cidade Fortaleza-CE.

Amostra	Perfil de múltipla resistência	Número (%) de cepas multirresistentes
Cavala (<i>S. cavala</i>) (N = 23)	NIT, TET	1 (4,3)
	CAZ, PEN	1 (4,3)
	CFL, NIT, PEN	2 (8,6)
	SUT, PEN, TET	1 (4,3)
	CIP, MFX, NAL, PEN	1 (4,3)
	CIP, MFX, NAL, SUT, PEN	1 (4,3)
	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	12 (52,1)
	CIP, CLO, MFX, NAL, SUT, PEN	1 (4,3)
	CIP, CLO, MFX, NAL, SUT, PEN, TET	1 (4,3)
	AMO, CIP, MFX, NAL, PEN, TET	1 (4,3)
Pargo (<i>L. purpureus</i>) (N = 9)	AMO, AMC, AMP, CFO, CLO, CFL, CIP, NAL, MFX, PEN, TET	1 (4,3)
	NAL, SUT, PEN	1 (11,1)
	SUT, PEN, TET	1 (11,1)
	MFX, SUT, PEN, TET	1 (11,1)
	AMP, AMO, CLO, PEN	1 (11,1)
	AMP, AMO, CLO, PEN, TET	3 (33,3)
	AMP, AMO, EST, SUT, PEN, TET	1 (11,1)
AMI, AMC, AMP, NAL, SUT, PEN	1 (11,1)	

AMC: amoxicilina/ácido clavulânico, AMI: amicacina, AMO: amoxicilina, AMP: ampicilina, ceftoxitina, CAZ: ceftazidima, CFL: cefalotina, CFO: ceftoxitina, CIP: ciprofloxacina, CLO: cloranfenicol, EST: estreptomicina, MFX: moxifloxacina, NAL: ácido nalidíxico, NIT: nitrofurantóina, PEN: penicilina, SUT: Sulfametazol/ trimetoprim, TET: tetraciclina.

Dos 32 isolados com perfil de resistência múltipla, 22 cepas (68,7%) apresentaram índice MAR igual ou superior a 25%, ou seja, resistência associada a dois ou mais dos vinte antimicrobianos testados (Tabela 3).

Embora tenha sido encontrada uma diversidade de perfis de multirresistência, um

deles, se repetiu por 52,1% (CIP, MFX, NAL, PEN, TET) na mesma amostra de cavala, caracterizando um comportamento típico de clones (Tabela 3). Cerca de trinta e quatro por cento (34,3%) das cepas de *E. coli* resistentes a ácido nalidíxico, nitrofurantóina, cloranfenicol e morfloxacina, após a cura, perderam essa característica.

Tabela 3. Perfil de resistência potencialmente Cromossômica, Resistência Plasmidial e Índice de Múltipla Resistência a Antimicrobianos (MAR) de cepas *Escherichia coli* isoladas de amostras de cavala (*Scomberomorus cavalla*) e pargo (*Lutjanus purpureus*) comercializados na feira livre do Mucuripe, na cidade de Fortaleza-CE.

Cepa	Perfil de resistência potencialmente cromossômica	Resistência plasmidial	MAR (%)
4C	SUT, PEN, TET	-	15
9C	NIT, TET	NIT	10
20C	CFL, NIT, PEN	-	15
21C	CAZ, PEN	CAZ	10
33C	CFL, NIT, PEN	CFL, NIT	15
39C	CIP, CLO, MFX, NAL, SUT, PEN	-	30
40C	AMO, AMP, AMC, CFO, CLO, CFL, CIP, MFX, NAL, PEN, TET	CLO, TET	55
41C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
42C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25

Tabela 3. (cont.) Perfil de resistência potencialmente Cromossômica, Resistência Plasmidial e Índice de Múltipla Resistência a Antimicrobianos (MAR) de cepas *Escherichia coli* isoladas de amostras de cavala (*Scomberomorus cavalla*) e pargo (*Lutjanus purpureus*) comercializados na feira livre do Mucuripe, na cidade de Fortaleza-CE.

Cepa	Perfil de resistência potencialmente cromossômica	Resistência plasmidial	MAR (%)
43C	CIP, MFX, NAL, PEN	CIP, MFX, NAL	20
44C	CIP, MFX, NAL, SUT, PEN	PEN	25
45C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
46C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET,	-	25
47C	CIP, CLO, MFX, NAL, SUT, PEN, TET	CLO, TET	35
48C	AMO, CIP, MFX, NAL, PEN, TET	AMO	30
49C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
50C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
51C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
52C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
53C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
54C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
55C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
56C	CIP, MFX, NAL, PEN, TET	-	25
6P	AMO, AMP, EST, SUT, PEN, TET	-	30
14P	AMP, AMO, CLO, PEN	-	20
15P	NAL, SUT, PEN	NAL	15
16P	SUT, PEN, TET	-	15
17P	AMO, AMP, CLO, PEN, TET	-	25
18P	AMO, AMP, CLO, PEN, TET	-	25
19P	AMI, AMC, AMP, NAL, SUT, PEN	AMI, AMC, NAL	30
20P	AMO, AMP, CLO, PEN, TET	-	25
21P	MFX, SUT, PEN, TET	MFX	20

C = cavala (*S. cavalla*); P = pargo (*L. purpureus*); AMC: amoxicilina/ácido clavulânico, AMI: amicacina, AMO: amoxicilina, AMP: ampicilina, CAZ: ceftazidima, CFL: cefalotina, CFO: cefoxitina, CIP: ciprofloxacina, CLO: cloranfenicol, EST: estreptomicina, MFX: moxifloxacina, NAL: ácido nalidíxico, NIT: nitrofurantoína, PEN: penicilina, SUT: sulfametazol/trimetoprim, TET: tetraciclina.

DISCUSSÃO

Resistência a antimicrobianos

A ampla resistência observada às penicilinas e tetraciclina era esperada devido à característica intrínseca que a bactéria *E. coli* apresenta para esses fármacos. Segundo TAVARES (2009), os bacilos Gram-negativos entéricos tais como *E. coli* têm apresentado ampla resistência aos antimicrobianos tradicionalmente ativos, tendo como exemplo, sulfonamidas, ampicilina, cefalosporinas de terceira geração e fluoroquinolonas. Além disso, a elevada incidência de resistência relatada pode ser atribuída ao uso frequente de tetraciclina e ampicilinas como antimicrobianos de primeira linha (SAYAH *et al.*, 2005) nas últimas décadas.

Elevados índices de múltipla resistência associados a diferentes antimicrobianos são relatados em vários estudos anteriores. Neles, os perfis de resistência parecem variar em função das regiões geográficas, da fonte de contaminação fecal e da exposição esperada dessas bactérias à pressão seletiva antimicrobiana (HAMELIN *et al.*, 2007; SABATÉ *et al.*, 2008; SERVAIS e PASSERAT, 2009; MOKRACKA *et al.*, 2011; ABULREESH e ORGANJI, 2011; AMAYA *et al.*, 2012; DJORDJEVIC *et al.*, 2013; MAAL-BARED *et al.*, 2013). Dessa forma, o elevado índice de resistência encontrado, em algumas cepas, pode estar ligado a fenômenos de pressão seletiva, que operariam favorecendo o alojamento e a propagação de características de resistência entre as populações bacterianas no ambiente

aquático (BELDA JUNIOR *et al.*, 2005; HIRSCH *et al.*, 2006; JEYASANTA *et al.*, 2012; BECEIRO *et al.*, 2013).

A diferença no comportamento de resistência entre os isolados demonstra que a presença de organismos resistentes aos antibióticos em amostras obtidas de ambiente aquático pode variar de acordo com parâmetros tais como: a proximidade com áreas que utilizam antibióticos (regiões de cultivo ou esgotos hospitalares), águas poluídas com esgotos industriais (em virtude dos metais contribuírem com o aumento da resistência antimicrobiana) ou mesmo o período chuvoso (PEAK *et al.*, 2007).

Baseada nas afirmativas dos autores supracitados, a diferença nos perfis de resistência das cepas de *E. coli* provenientes das espécies marinhas de pargo e cavala pode ser explicada pela característica do habitat de cada espécie de pescado e pela frequência com que os mesmos são encontrados em tais ambientes. O pargo é típico de fundos arenosos e rochosos, sendo sempre capturado na costa, enquanto a cavala é encontrada nessa região em determinadas épocas do ano e em baixas profundidades. Dessa forma, ambas as espécies podem ter contato com resíduos de drogas no meio ambiente marinho (PAIVA, 1997).

Quanto às cepas multiresistentes a ampicilina e a tetraciclina, ocorrências semelhantes foram relatadas por MUSTAFA *et al.* (2012) ao pesquisarem a qualidade bacteriológica de amostras de pescado marinho comercializados em feiras municipais de pescado na cidade de Dhaka, na Índia. A elevada resistência às penicilinas por *E. coli* também foi observada por KUMARAN *et al.* (2010) ao avaliarem alimentos marinhos, e constatarem que 56,2% das cepas isoladas eram resistentes a algum antimicrobiano testado. KOO e WOO (2012), em estudos sobre cepas de *E. coli* isoladas do pescado na Coreia, encontraram percentuais elevados de resistência a tetraciclina (74,7%), seguido de estreptomicina (71%) e ampicilina (51,2%). O mesmo foi verificado por MATYAR *et al.* (2004) e HERRERA *et al.* (2006) investigando a resistência de bactérias Gram negativas isoladas em amostras de pescado comercializado a varejo na Turquia.

No Brasil, em uma pesquisa realizada por REBELLO e REGUA-MANGIA (2014) sobre o

potencial de virulência e a resistência antimicrobiana de cepas de *E. coli* isoladas de ambientes aquáticos no Rio de Janeiro, os autores relatam que, de um total de 178 cepas de *E. coli*, 37% apresentaram resistência antimicrobiana a, pelo menos, um, de 11 antibióticos testados, sendo os maiores percentuais apresentados a cefalotina e a ampicilina.

O fato de ter sido observado um percentual de 19% de resistência ao cloranfenicol em cepas isoladas de pargo é de se estranhar, visto que esse antibiótico foi proibido no Brasil em 1998, através da Portaria Nº 448 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1998). Nesse caso, não é possível identificar se a condição de resistência encontrada está associada com a capacidade de persistência do cloranfenicol no ambiente, com a presença de resíduos em alimentos de origem animal, ou se o mesmo continua sendo utilizado indevidamente no país.

Outra explicação para a constatação da maior resistência das cepas isoladas de pargo estaria relacionada à manipulação do pescado no ambiente de venda. O pargo é mais manuseado que a cavala porque, além de ser comercializado sem escamas, tem seu valor de mercado inferior, o que implica que as práticas no manuseio são menos observadas. É importante ressaltar que não há local definido, nas barracas de venda, para execução das etapas de lavagem, descamação, evisceração e filetagem, fazendo com que várias espécies de pescado sejam manipuladas em um mesmo espaço. No caso das amostras de cavala, muitas vezes são evisceradas nas embarcações, logo após a captura. Tal contato pode concorrer com a transferência de bactérias multiresistentes entre os pescados manuseados.

SEUNG-HEE *et al.* (2012) encontraram valores de resistência semelhantes em cepas de *E. coli*, isoladas de amostras de pescado: 12,8% para estreptomicina, 11,7% para cefalotina, 6,7% para ampicilina e 5,6% para ácido nalidíxico. Dados de vários outros estudos anteriores também indicaram resistência à tetraciclina, estreptomicina (aminoglicosídeos) e penicilinas como sendo resultados comuns entre *E. coli* isoladas de animais destinados à alimentação (SCHROEDER *et al.*, 2003; SRINIVASAN *et al.*, 2007; VAN *et al.*, 2008; JOUINI *et al.*, 2009; VASILAKOPOULOU *et al.*, 2009).

Segundo TAVARES (2009), os bacilos Gram-negativos entéricos são largamente resistentes aos antimicrobianos mais utilizados, como sulfonamidas, ampicilina, cefalosporinas e fluoroquinolonas. De acordo com a literatura, esse fato pode ocorrer, pois micro-organismos entéricos como a bactéria *E. coli* possuem elevadas taxas de resistência para antimicrobianos de amplo espectro, como penicilinas e trimetoprim, e de baixo campo de ação, como as cefalosporinas de terceira geração e nitrofurantoína (BAUM e MARRE, 2005).

Os resultados encontrados estão em conformidade com a literatura, tendo em vista a elevada frequência de isolados resistentes a cefalotina (cefalosporina de primeira geração) e ampicilina (aminopenicillina). Isso reflete o uso persistente desses antimicrobianos na medicina clínica (LEVY e MARSHALL, 2004; OLANIRAN *et al.*, 2009; SERVAIS e PASSERAT, 2009).

Em se tratando de antimicrobianos de uso recente, vem sendo observado micro-organismos com característica de resistência à quinolonas e fluoroquinolonas, embora os aminoglicosídeos indiquem melhor eficiência nos testes de antibiograma (SZMOLKA e NAGY, 2013).

REBELLO e REGUA-MANGIA (2014), pesquisando sobre a resistência aos antimicrobianos em *E. coli* isoladas de ambientes aquáticos no Rio de Janeiro, afirmaram que a circulação generalizada dessa bactéria em sistemas aquáticos localizados em áreas urbanas ou em áreas rurais naturais pode conferir risco para a saúde humana, não só em água, mas também em produtos alimentares.

Perfil de multirresistência e cura plasmidial

SEUNG-HEE *et al.* (2012) constataram a resistência de cepas de *E. coli* isoladas de 2.663 amostras de pescado comercializado em mercados públicos em Seul, na Coreia, e observaram que em 50% do total de 19 perfis de resistência múltipla, os grupos das penicilinas e ampicilinas estavam presentes. No presente estudo foram observados 18 perfis e em 44,4 % deles figuravam os mesmos antimicrobianos.

O uso indiscriminado de agentes antimicrobianos pode gerar uma pressão seletiva no ambiente, possibilitando a maior presença de

bactérias resistentes. Segundo VAN DE BOOGARD e STOBBERINGH (2000) a elevada incidência de resistência multidroga pode ter ocorrido devido o ambiente estar saturado de antimicrobianos.

A ocorrência desses compostos no ambiente pode impactar negativamente organismos aquáticos e terrestres, além de exercer influência no aumento da resistência de micro-organismos aos agentes antimicrobianos (KEMPER, 2008). Como exemplos, as tetraciclina, que apresentam baixo potencial de mobilidade no solo devido ao seu elevado potencial de sorção, e as sulfonamidas podem ser facilmente transportadas até os cursos d'água devido ao seu baixo potencial de sorção aos sítios de troca orgânicos e/ou minerais do solo (SARMAH *et al.*, 2006). Embora alguns mecanismos de permanência dessas substâncias sejam parcialmente identificados, pouco se sabe sobre os efeitos globais dessas drogas sobre os ambientes terrestres e aquáticos (BILA e DEZOTTI, 2003). Dessa forma, é necessária uma avaliação criteriosa dos efeitos dos agentes antimicrobianos no meio aquático, uma vez que o impacto gerado por essas substâncias não está totalmente elucidado (CRANE *et al.*, 2006).

MOTA *et al.* (2005) estudaram a presença de múltiplas resistências aos antimicrobianos em *E. coli* isolada de pescado e frutos do mar, e ressaltaram a grande preocupação com a condição de bactérias multirresistentes infectando o pescado. De acordo com KUMAR *et al.* (2005), a contaminação de esgotos não tratados, efluentes industriais e resíduos hospitalares liberados em zonas costeiras e estuários podem causar a contaminação do pescado capturado em regiões litorâneas por estirpes de *E. coli* multirresistentes. Além disso, a contaminação também pode ocorrer através de práticas sanitárias inadequadas em áreas de manipulação e comercialização.

A ocorrência de um percentual de 34,3% de resistência plasmidial indica que essa condição foi adquirida através de elementos móveis e pode ser facilmente transmitida a outra bactéria. Segundo CARNEIRO *et al.* (2007), os plasmídeos podem carrear determinantes de resistência simultânea a várias drogas, levando ao fenômeno de seleção cruzada e aumentando o número de bactérias multirresistentes em determinado ambiente.

A resistência cromossômica depende de mutação espontânea, embora seja raro; é dirigida quase sempre a uma só droga e os genes são transferidos com frequência relativamente baixa, apresentando impacto clínico menor que o da resistência plasmidial (ALTERTHUM, 2008). O fato de, no presente estudo, 100% das cepas de *E. coli* terem apresentado resistência potencialmente cromossômica a penicilina, demonstra que, embora esse antimicrobiano seja caracterizado como sendo uma droga de amplo espectro, não é eficiente no combate à bactérias Gram negativas como *E. coli*.

As quinolonas não têm sido associadas à transferência gênica, mas à expressão de uma capacidade intrínseca da *E. coli* em desenvolver resistência quando exposta a um ambiente com pressão seletiva. Essa pressão pode ser exercida por qualquer uma das quinolonas ou fluoroquinolonas, resultando em resistência a todo o grupo (WEBBER e PIDDOCK, 2001), comportamento esse, observado nas cepas de *E. coli* isoladas das amostras de cavala. É importante, portanto, abordar a resistência aos antimicrobianos como sendo um dos parâmetros para definir a relevância de uma linhagem bacteriana associada a uma patologia (VON BAUM e MARRE, 2005; TURGEON *et al.*, 2012). Além disso, é indispensável estabelecer melhores critérios para a qualidade do pescado comercializado em feiras livres, tais como conhecer a procedência do pescado, evitar a pesca em locais que apresentem contaminação, utilizar instalações e utensílios que apresentem condições higiênico-sanitárias adequadas, manter as boas práticas de manipulação e evitar o armazenamento de espécies de pescado consumidas cruas com aquelas que deverão ser consumidas cozidas.

O consumo de alimentos contaminados com estirpes que apresentem resistência múltipla gera problemas no tratamento das doenças. Mesmo existindo o conhecimento do micro-organismo causador de uma determinada patologia, seu comportamento frente a um determinado antimicrobiano pode ter sido modificado, mediante genes de resistência adquiridos. Dessa forma, o uso de antimicrobianos dos grupos das penicilinas, tetracilinas, quinolonas, sulfonamidas e fenicois, podem não apresentar eficiência no

combate de *E. coli* com características semelhantes às cepas estudadas no presente trabalho.

Diante do exposto, verifica-se que a circulação de *E. coli* patogênicas com características de resistência antimicrobiana representa um risco ao ecossistema aquático, podendo ser disseminados esses genes, através de elementos móveis, a outras espécies microbianas.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo sugerem que as espécies de cavala e pargo comercializadas em feiras livres da cidade de Fortaleza-CE podem atuar como reservatórios de *E. coli* resistentes às penicilinas e tetracilinas. As espécies estudadas apresentaram cepas de *E. coli* com perfis de multirresistência distinto, indicando que amostras de cavala exibiram bactérias resistentes a quinolonas e fluoroquinolonas (32,8%) enquanto a demais apresentaram resistência elevada ao cloranfenicol (19%) e a sulfonamidas (23%).

Houve resistência para os inibidores de betalactamases empregados, exceto para amoxicilina/ácido clavulânico. Além disso, foi constatada a predominância de múltipla resistência potencialmente cromossômica na maioria dos antimicrobianos testados.

As espécies de peixe estudadas podem ser disseminadoras dessa enterobactéria sendo importante, portanto, que ocorra vigilância contínua do pescado comercializado nas feiras livres de Fortaleza.

AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Capes por fornecer bolsa de pós-graduação e ao Instituto de Ciências do Mar – Labomar/UFC.

REFERÊNCIAS

- ABULREESH, H. e ORGANJI, S. 2011 The prevalence of multidrug-resistant staphylococci in food and the environment of Makkah. *Research Journal of Microbiology*, 6(6): 510-523.
- ALTERTHUM, F. 2008 Mecanismo de ação dos antibacterianos e mecanismos de resistência. In: TRABULSI, L.R. e ALTERTHUM, F. (eds) *Microbiologia*. São Paulo: Atheneu. v.1, p.67-84.

- AMAYA, E.; REYES, D.; PANIAGUA, M.; CALDERÓN, S.; RASHID, M.U.; COLQUE, P.; KÜHN, I.; MOLLBY, R.; WEINTRAUB, A.; NORD, C.E. 2012 Antibiotic resistance patterns of *Escherichia coli* isolates from different aquatic environmental sources in León, Nicaragua. *Clinical Microbiology and Infection*, 18(9): 347-354.
- BAUER, A.W.; KIRBY, W.N.; SHERRIS, J.C.; TURCK M. 1966 Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45: 493-496.
- BAUM, H.V. e MARRE, R. 2005 Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* and therapeutic implications. *International Journal Medical Microbiology*, 11: 295-503.
- BECEIRO, A.; TOMÁS, M.; BOU, G. 2013 Antimicrobial resistance and virulence: a successful or deleterious association in the bacterial world? *Clinical Microbiology Review*, 26(2): 185-230.
- BELDA JUNIOR, W.; FAGUNDES, L.J.; SIQUEIRA, L.F.G. 2005 *Neisseria gonorrhoeae*: resistência cromossômica à tetraciclina em São Paulo, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE DERMATOLOGIA, São Paulo, 04/dez./2005. *Anais...* São Paulo: v.80, n.1, p.37-40.
- BILA, D.M. e DEZOTTI, M. 2003 Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, 26: 523-530.
- BOUKI, C.; VENIERI, D.; DIAMADOPOULOS, E. 2013 Detection and fate of antibiotic resistant bacteria in wastewater treatment plants: a review. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 91: 1-9.
- BRASIL. 2013 (Ministério da Pesca e Aquicultura). *Consumo de pescado no Brasil aumenta 23,7% em dois anos*. [on line] Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/ultimas-noticias/832-consumo-de-pescado-no-brasil-aumenta-23-7-em-dois-anos>> Acesso em: 18 jan. 2014.
- BRASIL. 2005 (Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento). PORTARIA nº 448 de 10 de setembro de 1998. Proíbe a fabricação, a importação, a comercialização e o emprego de preparações farmacêuticas de uso veterinário, de rações e de aditivos alimentares contendo cloranfenicol, furazolidona e nitrofurazona, em animais cujos produtos sejam destinados à alimentação humana. *Diário Oficial da União*, Brasília, 11 de setembro de 1998, Seção I, p.38.
- CARNEIRO, D.O.; FIGUEIREDO, H.C.; PEREIRA JÚNIOR, D.J.; LEAL, C.A.G.; LOGATO, P.V.R. 2007 Perfil de susceptibilidade a antimicrobianos de bactérias isoladas em diferentes sistemas de cultivo de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59(4): 869-876.
- CLSI - CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. 2011 *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Seventeenth Informational Supplement*, CLSI document M100-S17, 27(4): p.24-29.
- CRANE, M.; WATTS, C.; BOUCARD, T. 2006 Chronic aquatic environmental risks from exposure to human pharmaceuticals. *Science of the Total Environment*, 367(1): 23-41.
- DJORDJEVIC, S.P.; STOKES, H.W.; CHOWDHURY, P.R. 2013 Mobile elements, zoonotic pathogens and commensal bacteria: conduits for the delivery of resistance genes into humans, production animals and soil microbiota. *Front Microbiology*, 4(86):1-12.
- FAO. 2013 *Food outlook: biannual report on global food markets*. Rome. 134p.
- GRIM, J.M.; HYNDMAN, K.A.; KRISKA, T.; GIROTTI, A.W.; CROCKETT, E.L. 2011 Relationship between oxidizable fatty acid content and level of antioxidant glutathione peroxidases in marine fish. *The Journal Experimental Biology*, 214(22): 3751-3759.
- HAMELIN, K.; BRUANT, G.; EL-SHAARAWI, A.; HILL, S.; EDGE, T.A.; FAIRBROTHER, J.; HAREL, J.; MAYNARD, C.; MASSON, L.; BROUSSEAU. 2007 Occurrence of virulence and antimicrobial resistance genes in *Escherichia coli* isolates from different aquatic ecosystems within the St. Clair River and Detroit River areas. *Applied Environmental Microbiology*, 73(2): 477-484.
- HAWKES, C. 2006 Uneven dietary development: linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity and diet - related chronic diseases. *Global Health*, 2(4): 1-18.
- HERRERA, F.C.; SANTOS, J.A.; OTERO, A.; GARCÍA-LOPEZ, M.L. 2006 Occurrence of foodborne pathogenic bacteria in retail prepackaged portions of marine fish in Spain. *Journal of Applied Microbiology*, 100(3): 527-536.

- HIRSCH, D.; PEREIRA JUNIOR, D.J.; LOGATO, P.V.R.; PICCOLI, R.H.; FIGUEREIDO, H.C.P. 2006 Identificação e resistência a antimicrobianos de espécies de *Aeromonas* móveis isoladas de peixes e ambiente aquáticos. *Ciência Agrotécnica*, 30(6): 1211-1217.
- HUYNH, M.D. e KITTS, D.D. 2009 Evaluating nutritional quality of pacific fish species from fatty acid signatures. *Food Chemistry*, 114(3): 912-918.
- IBRAHIM, A.R.; KAYODE, F.; JAMES, A.A.; ABDULGANIYU, A.; FOLASHADE, T.O.; AKITOYE, O.C.; RENE, S.H. 2014 Persistence of fluoroquinolone-resistant *Salmonella enterica* serovar Kentucky from poultry and poultry sources in Nigeria. *The Journal of Infection Developing Countries*, 8(3): 384-388.
- JEYASANTA, K.I.; AIYAMPURUMAL, V.; PATTERSON, J. 2012 Prevalence of antibiotic resistant *Escherichia coli* min sea foods of Tuticorin Coast, Southeastern India. *Advances in Biological Research*, 6(2): 70-77.
- JOUINI, A.; BEN SLAMA, K.; SÁENZ, Y.; KLIBI, N.; COSTA, D.; VINUÉ, L.; ZARAZAGA, M.; BOUDABOUS, A.; TORRES, C. 2009 Detection of multiple-antimicrobial resistance and characterization of the implicated genes in *Escherichia coli* isolates from foods of animal origin in Tunis. *Journal of Food Protection*, 72(5): 1082-1088.
- KEMPER, N. 2008 Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological Indicators*, 8(1): 1-13.
- KOO, J.H. e WOO, G.J. 2012 Characterization of Antimicrobial resistance of *Escherichia coli* recovered from foods of animal and fish origin in Korea. *Journal of Food Protection*, 75(5): 966-972.
- KRUMPERMAN, P.H. 1983 Multiple antibiotic resistance indexing of *Echerichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. *Applied Environmental Microbiology*, 46(1): 165-170.
- KUMARAN, S.; DEIVASIGAMANI, B.; ALAGAPPAN, K.; SAKTHIVEL, M.; KARTHIKEYAN, R. 2010 Antibiotic resistant *Escherichia coli* strains from seafood and its susceptibility to seaweed extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(12): 977-981.
- KUMAR, H.S.; PARVATHI, A.; KARUNASAGAR, I.; 2005 Prevalence and antibiotic resistance of *Escherichia coli* in tropical seafood. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 21(5): 619-623.
- LE HELLO, S.; HENDRICKSON, R.; DOUBLET, B.; FISHER, I.; NIELSEN, E. M.; WHICHARD, J.M.; BOUCHARIF, B.; FASHAE, K.; GRANIER, S.A.; JOURDAN DA SILVA; N.; CLOECKAERT, A.; THREALFALL, E.J.; ANGULO, F.J.; AARESTRUP, F.M.; WAIN, J.; WEIL, F.X 2011 International spread of an epidemic population of *Salmonella enterica* serotype Kentucky ST198 resistant to ciprofloxacin. *Journal of Infectious Diseases*, 204(5): 675-684.
- LEVY, S. e MARSHALL, B. 2004 Antibacterial resistance worldwide: causes, challenges and responses. *Nature Medicine*, 10(12): S122-9.
- MAAL-BARED, R.; BARTLETT, K.H.; BOWIE, W.R.; HALL, E.R. 2013 Phenotypic antibiotic resistance of *Escherichia coli* and *E. coli* O157 isolated from water, sediment and biofilms in an agricultural watershed in British Columbia. *Science of the Total Environmental*, 443: 315-323.
- MATYAR, F.; NÇER, S.D.; KAYAR, A.; ÇOLAK, O. 2004 Prevalence and resistance to antibiotics in Gram negative bacteria isolated from retail fish in Turkey. *Annals of Microbiology*, 54(2): 151-160.
- MEHLMAN, I.J.; ANDREWS, W.H.; WENTZ, B.A. 1984 *Coliform bacteria in bacteriological analytical manual*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington. 6ª ed. p.5.01-5.07.
- MOKRACKA, J.; KOCZURA, R.; JABŁO, N.; KAZNOWSKI, A. 2011 Phylogenetic groups, virulence genes and quinolone resistance of integron-bearing *Escherichia coli* strains isolated from a wastewater treatment plant. *Antonie Van Leeuwenhoek. International Journal of General and Molecular Microbiology*, 99(4): 817-824.
- MOLINA-AJA, A.; GARCÍA-GASCA, A.; ABREU-GROBOIS, A.; BOLÁN-MEJÍA, C.; ROQUE A.; GOMEZ-GIL, B. 2002 Plasmid profiling and antibiotic resistance of *Vibrio* strains isolated from cultured penaeid shrimp. *FEMS Microbiology Letters*, 213: 7-12.
- MOTA, R.A.; SILVA, K.P.C.; FREITAS, M.F.L.; PORTO, W.J.N.; SILVA, L.B.G. 2005 Utilização indiscriminada de antimicrobianos e sua

- contribuição a multirresistência bacteriana. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, 42(6): 465-470.
- MUSTAFA, M.G.; SAIMA, S.N.; KHANI, M.A.R.; KHAN, M.R.; AHSAN, D.A. 2012 Bacteriological quality of marketed mola fish, *Amblypharyngodon mola* from dhaka metropolis. *Bangladesh Journal of Zoology*, 40(1): 77-88.
- OLANIRAN, A. O.; NAICKER, K.; PILLAY, B. 2009 Antibiotic resistance profiles of *Escherichia coli* Isolates from river sources in Durban, South Africa. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 25(10): 1743-1749.
- PAIVA, M.P. 1997 *Recursos pesqueiros estuarinos e marinhos do Brasil*. Fortaleza: Edições UFC. 286p.
- PEAK, N.; KANAPP, C.W.; YANG, R.K.; HANFELT, M.M.; SMITH, M.S.; AGA, D.S.; GRAHAM, D.W. 2007 Abundance of six tetracycline resistance genes in wastewater lagoons at cattle feedlots with different antibiotic use strategies. *Environmental Microbiology*, 9(1): 143-151.
- RAUFU, I.A.; LAWAN, F.A.; BELLO, H.S.; MUSA, A.S.; AMEH, J.A. 2014 Occurrence and antimicrobial susceptibility profiles of *Salmonella* serovars from fish in Maiduguri, sub-Saharan, Nigeria. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(1): 59-63.
- REBELLO, R.C.L. e REGUA-MANGIA, A.H. 2014 Potential enterovirulence and antimicrobial resistance in *Escherichia coli* isolates from aquatic environments in Rio de Janeiro, Brazil. *Science of the Total Environment*, 490: 19-27.
- SABATÉ, M.; PRATS, G.; MORENO, E.; BALLESTÉ, E.; BLANCH, A.R.; ANDREU, A. 2008 Virulence and antimicrobial resistance profiles among *Escherichia coli* strains isolated from human and animal wastewater. *Research in Microbiology*, 159(4): 288-293.
- SARMAH, A.K.; MEYER, M.T.; BOXALL, A.B.A. 2006 A global perspective on the use, sales, exposure pathways, occurrence, fate and effects of veterinary antibiotics (Vas) in the environment. *Chemosphere*, 65(5): 725-759.
- SAYAH, R.S.; KANEENE, J.B.; JOHNSON, Y.; MILLER, R. 2005 Patterns of antimicrobial resistance observed in *Escherichia coli* isolates obtained from domestic- and wild-animal fecal samples, human septage, and surface water. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(3): 1394-1404.
- SCHROEDER, C.M.; WHITE, D.G.; GE, B.; ZHANG, Y.; MCDERMOTT, P.F.; AYERS, S.; ZHAO, S.; MENG, J. 2003 Isolation of antimicrobial-resistant *Escherichia coli* from retail meats purchased in Greater Washington, DC. *International Journal of Food Microbiology*, 85(1-2): 197-202.
- SERVAIS, P. e PASSERAT, J. 2009 Antimicrobial resistance of fecal bacteria in waters of the Seine river watershed (France). *Science of The Total Environment*, 408(2): 365-372.
- SEUNG-HEE, R.; SEOG-GEE, P.; SUNG-MIN C.; YOUNG-OK H.; HEE-JIN H.; SU - UN, K.; YOUNG-KI, L.; MOO-SANG, K.; GEON-YONG, P.; KYUNG-SIK, K.; YOUNG-ZOO, C. 2012 Antimicrobial resistance and resistance genes in *Escherichia coli* strains isolated from commercial fish and seafood. *International Journal of Food Microbiology*, 152: 14-18.
- SIDONIO, L.; CAVALCANTI, I.; CAPANEMA, L.; MORCH, R.; MAGALHÃES, G.; LIMA, J.; BURNS, V.; ALVES JÚNIOR, A.J.; MUNGIOLI, R. 2012 Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. *BNDES Setorial*, 35: 421-463.
- SRINIVASAN, V.; GILLESPIE, B.E.; LEWIS, M.J.; NGUYEN, L.T.; HEADRICK, S.I.; SCHUKKEN, Y.H.; OLIVER, S.P. 2007 Phenotypic and genotypic antimicrobial resistance patterns of *Escherichia coli* isolated from dairy cows with mastitis. *Veterinary Microbiology*, 124(3-4): 319-328.
- SZMOLKA A. e NAGY B. 2013 Multidrug resistant commensal *Escherichia coli* in animals and its impact for public health. *Frontiers Microbiology*, 4: 1-13.
- TAVARES, W. 2009 *Antibióticos e quimioterápicos para o clínico*. 2ª ed. São Paulo: Atheneu. 599p.
- TURGEON, P.; MICHEL, P.; LEVALLOIS, P.; CHEVALIER, P.; DAIGNAULT, D.; CRAGO, B.; IRWIN, R.; SCOTT, A.; NEUMANN, N.F.; LOUIE, M. 2012 Antimicrobial-resistant *Escherichia coli* in public beachwaters in Quebec. *Canadian Journal of Infectious & Diseases Medical Microbiology*, 23(2): 20-25.

- VAN, T.T.H.; CHIN, J.; CHAPMAN, T.; TRAN, L.T.; COLOE, P.J. 2008 Safety of raw meat and shellfish in Vietnam: an analysis of *Escherichia coli* isolations for antibiotic resistance and virulence genes. *International Journal of Food Microbiology*, 124(3): 217-223.
- VAN DE BOOGARD, A.E. e STOBBERINGH, A.A. 2000 Epidemiology of resistance to antibiotics links between animals and humans. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 14(4): 327-335.
- VASCONCELOS, F.R.; REBOUCAS, R.H.; EVANGELISTA-BARRETO, N.; SOUSA, O.V.; VIEIRA, R.H.S.F. 2010 Perfil de resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* isoladas do açude Santo Anastácio, Ceará, Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 77(3): 405-410.
- VASILAKOPOULOU, A.; PSICHOGIOU, M.; TZOUVELEKIS, L.; TASSIOS, P.T.; KOSMIDIS, C.; PETRIKKOS, G.; ROMA, E.S.; CHARVALOS, E.; PASSIOTOU, M.; AVLAMI, A.; DAIKOS, G.L. 2009 Prevalence and characterization of class 1 integrons in *Escherichia coli* of poultry and human origin. *Foodborne Pathogens and Disease*, 6(10): 1211-1218.
- WEBBER, M. e PIDDOCK, L.J.V. 2001 Quinolone resistance in *Escherichia coli*. *Veterinary Research*, 32(3-4): 275-284.
- WEGENER H.C. e FRIMODT-MOLLER N. 2000. Reducing the use of antimicrobial agents in animals and man. *Journal of Medical Microbiology*, 49(2): 111-113.