



<http://dx.doi.org/>

<http://www.higieneanimal.ufc.br>

Artigo Científico

Medicina Veterinária

Efeito da reticulação do alginato de sódio na produção de rações para pescado

Effect of crosslinking of sodium alginate on fish feed production

**Bruno Torquato Moreira¹, Cristian Berto da Silveira², Aline Fernandes de Oliveira³,
Jefferson Luís Meirelles Coimbra⁴, Giovanni Lemos de Mello⁵.**

Resumo: Um dos desafios da aquicultura é desenvolver pacotes tecnológicos eficientes para as diferentes espécies com potencial zootécnico. Vários pesquisadores vêm estudando a estabilidade das macrodietas em água, haja vista que os processos de lixiviação acontecem de forma rápida, provocando a liberação de nutrientes para a água, bem como levando a desagregação dos pellets e, conseqüentemente, diminuindo a disponibilidade de captura por parte dos animais cultivados. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processo de reticulação do alginato de sódio, bem como a influência desta etapa na resistência das rações comerciais aos processos lixiviatórios. O recobrimento foi realizado pela imersão dos pellets de ração comercial em uma solução de alginato de sódio, seguido do processo de reticulação em solução de cloreto de cálcio. A metodologia empregada no recobrimento dos pellets se mostrou muito eficiente e de fácil aplicação. As determinações das concentrações de nitrogênio e fósforo nas amostras de água diminuíram para os tratamentos que utilizaram rações comerciais recobertas, este fator pode contribuir com a manutenção dos parâmetros físico químicos de qualidade de água. A metodologia proposta pode ser uma alternativa na produção de rações que visam uma maior estabilidade dos pellets e da água do sistema de cultivo.

Palavras-chave: Reticulação; Biopolímero; Ração; Lixiviação.

Abstract: One of the challenges of aquaculture is to develop efficient technology packages for different species with zootechnical potential. Several researchers have been studying the stability of macrodiets in water, since leaching processes happen quickly, causing nutrients to be released into the water, leading to pellet disaggregation and, consequently, decreasing the availability of capture of farmed animals. The objective of this work was to show the effect of the sodium alginate crosslinking process, as well as to evaluate the influence of this step on the resistance of commercial feed to leaching processes. The coating was performed by immersing the commercial feed pellets in a sodium alginate solution, followed by the crosslinking process in calcium chloride solution. The methodology employed in pellet coating proved to be very efficient and easy to apply. Determinations of nitrogen and phosphorus concentrations in water samples decreased for treatments using coated commercial diets, this factor may lead to the maintenance of physical chemical parameters of water quality. The proposed methodology may be an alternative in the production of feed aiming at a greater stability of the pellets and water of the farming system.

Keywords: Reticulation; Biopolymer; Ration; Leaching.

Autor para correspondência. E-mail: *cristian.silveira@udesc.br

Recebido em 115.04.2008. Aceito em 30.09.2008

¹ Engenheiro de Pesca – E.mail: brunotm.engpesca@gmail.com

² Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: cristian.silveira@udesc.br

³ Professora Doutora da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: aline120380@gmail.com

⁴ Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: coimbrajefferson@gmail.com

⁵ Professor Doutor da Universidade Estadual de Santa Catarina – UDESC. E.mail: giovannidemello@gmail.com

Introdução

Os sistemas aquícolas de produção vêm se destacando ao longo dos tempos em virtude do aumento na demanda por uma alimentação saudável a base de proteína animal (Sinha et al., 2011). Dentre os desafios da aquicultura mundial pode-se destacar dois pontos: o oferecimento de uma alimentação balanceada e eficiente para o desenvolvimento dos animais e a qualidade da água na qual o animal está sendo cultivado (Sinha et al., 2011, Volpe et al., 2012).

Quando se trata da ração, a estabilidade dos pellets em meio aquoso é fundamental, haja vista que as rações quando entram em contato com a água estão sujeitos aos processos de perda de nutriente por lixiviação, bem como, a desintegração total do pellet. Estes fatores levam ao desperdício de ração, ao acúmulo de resíduo no fundo dos sistemas e, conseqüentemente, à degradação da água utilizada nestes sistemas de cultivo (Volpe et al., 2012). O produtor perde com o fornecimento demorado de ração e com o

tratamento da água contaminada com altos teores de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo (ARANA, 2010).

Uma alternativa que vem sendo estudada para aumentar a estabilidade dos pellets de rações em água é a utilização de compostos biopoliméricos na formulação base das rações (Storebakken & Austreng, 1987; Volpe et al., 2008; Simon, 2009; Paolucci et al., 2015). Dentre estas macromoléculas destaca-se o uso de carboidratos (alginatos, quitosana, pectina goma-guar etc) e proteínas tais como caseína, gelatina e colágeno (Paolucci et al., 2012; Volpe et al., 2008). Segundo Doan et al. (2016), o alginato de sódio além de ser utilizado como agente aglutinante, tem demonstrado efeitos antibacteriano, antitumoral e propriedades antioxidantes.

A maior parte dos trabalhos publicados, que utilizam os biopolímeros nas dietas alimentares dos animais cultivados, incorporam estas macromoléculas na base de formação das rações, em sua grande maioria em proporções que podem variar de 1 % até

mais de 20 % da massa seca das rações (Volpe et al., 2008; Simon, 2009).

O processo de reticulação, pode ser realizado por meio de reações entre biopolímeros e cátions bi e trivalentes. Esta etapa tem por objetivo promover alterações na estrutura do biopolímero, influenciando, por exemplo, sua solubilidade em água. O alginato de sódio pode ser utilizado na forma de filmes, géis ou hidrogéis (BAJAPAI & GIRI, 2003; NEI et al., 2004; POURJAVARDi et al., 2006). Ledesma et al. (2012) utilizaram o alginato de sódio, reticulado com cloreto de cálcio, no desenvolvimento de cápsulas contendo probiótico para serem empregados na administração oral em pescados.

Com base no exposto acima, o presente estudo tem por objetivo verificar o efeito da reticulação do alginato de sódio, neste caso aplicado na forma de biofilme em rações comerciais para pescado, bem como avaliar a influência deste recobrimento na resistência destas rações aos processos lixiviatórios.

Materiais e Métodos

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise Química Ambiental (LAQUA) e no Laboratório de Desenvolvimento de Materiais (LDM) do Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas

da UDESC, localizados em Laguna, SC.

Para testar a metodologia de recobrimento foi utilizada uma ração comercial adquirida no mercado local. Esta ração contém na sua formulação aproximadamente 32 % de proteína bruta (PB) e o tamanho do grânulo entre 2,0 a 3,0 mm.

No processo utilizado para a obtenção da suspensão biopolimérica solubilizou-se alginato de sódio (AS) em água destilada (2,0 % m/v). Esta suspensão foi homogeneizada por um período de 6,0 h (Oliveira, 2009-a). As rações comerciais ficaram em contato com a suspensão de alginato de sódio (AS) por 10 min. Em seguida as rações recobertas com AS foram submetidas ao processo de reticulação (Oliveira, 2009-b). Nesta etapa as rações ficaram em contato com a solução reticulante de cloreto de cálcio (5 % m/v) durante um período de 10 min. As rações comerciais recobertas com o biopolímero, denominadas (CR), e sem recobrimento (SR), foram secas a temperatura de 60 °C por 24 h.

Com o objetivo verificar a eficiência do processo de recobrimento e a morfologia das rações foram realizadas análises de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Para estas análises foi utilizado um equipamento de fabricação

ZEISS, modelo EVO MA10.

Para determinar a porcentagem de biopolímero utilizado no recobrimento dos pellets, foram preparados 10 (dez) conjuntos contendo 10 (dez) pellets de ração. Estes conjuntos foram divididos em dois grupos, onde 5 (cinco) conjuntos foram utilizados no processo de recobrimento (CR) e os outros 5 (cinco) foram utilizados como controle, ou seja, sem recobrimento (SR). Os dois grupos foram submetidos a um tratamento térmico a 60 °C durante 24 h. Após essa etapa as amostras foram acondicionadas em um dessecador, onde permaneceram até atingir a temperatura ambiente. Em seguida o material foi pesado em uma balança analítica (BELL[®]) com quatro casas decimais.

O primeiro grupo foi submetido ao processo de recobrimento com material biopolimérico conforme descrito acima e, em seguida, acondicionados a temperatura de 60 °C durante 24 h. Finalizada esta etapa, eles foram pesados novamente. Desta forma, foi possível determinar a porcentagem de material biopolimérico utilizado no processo de recobrimento dos pellets de ração.

Com o objetivo de simular o que acontece em um sistema semi-intensivo, foram utilizados 3 pellets de ração para

100 mL de água destilada (Hein & Brianese, 2004).

As amostras com recobrimento (CR) e sem recobrimento (SR) que ficaram em contato com a água destilada (100 mL), sem qualquer tipo de perturbação, durante cinco intervalos de tempo 10, 30, 60, 240 min e até a degradação dos primeiros pellets de um dos conjuntos, que ocorreu para as amostras sem recobrimento (SR) após uma semana. Estes intervalos de tempo foram denominados de T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente. Finalizado cada intervalo, as amostras foram submetidas ao processo de filtração a vácuo. Os parâmetros físico-químicos de qualidade de água avaliados neste estudo foram:

- a) Oxigênio Dissolvido (OD): Para estas medidas foi utilizado um oxímetro de fabricação Quimis[®];
- b) pH: As medidas de pH foram realizadas utilizando um pHmetro Cienlab[®];
- c) Condutividade Elétrica (CE): As medidas de condutividade elétrica foram conduzidas com auxílio de um condutivímetro de fabricação Quimis[®];
- d) Metais: As concentrações de ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e cálcio (Ca) foram determinados pela técnica de Absorção Atômica. Para estas análises fez-se uso de um Espectrofotômetro PerkinElmer[®] - Analyst 400.

Na determinação da concentração de sódio (Na) foi empregada a técnica de Emissão Atômica. O equipamento utilizado nestas análises foi um Espectrofotômetro de Chama de fabricação Analyser[®].

f) Determinação de nitrogênio amoniacal dissolvido total (NAT) e fosfato dissolvido: Foram empregados os métodos descritos em Baumgarten (2010).

Afim de evitar contaminações, todas as vidrarias utilizadas foram previamente lavadas com solução de limpeza e secas em estufa à temperatura de 60°C, por 24 h.

Análise Estatística

Os dados coletados para todas as variáveis descritas acima foram submetidos à análise de variância utilizando o teste *F* com 5% de probabilidade de erro. Sendo que as hipóteses testadas foram $H_0: \mu_1 = \mu_2$ vs.

$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$. Onde a μ_1 (média do tratamento com recobrimento) e μ_2 (média do tratamento sem recobrimento).

Resultados e Discussão

Com o objetivo de avaliar o processo de recobrimento das rações comerciais foram realizadas análises por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Na Figura 1 encontram-se representadas as micrografias superficiais para as amostras sem recobrimento (A) e recobertas (B). Percebe-se na micrografia (A) uma textura mais rugosa, o que representa a superfície da ração *in natura*, demonstrando o efeito do processo de obtenção da ração comercial convencional.

Na micrografia (B) fica evidente a presença de uma textura mais uniforme sobre a superfície do grânulo, o que indica a presença da fina camada homogênea de alginato de sódio reticulado.

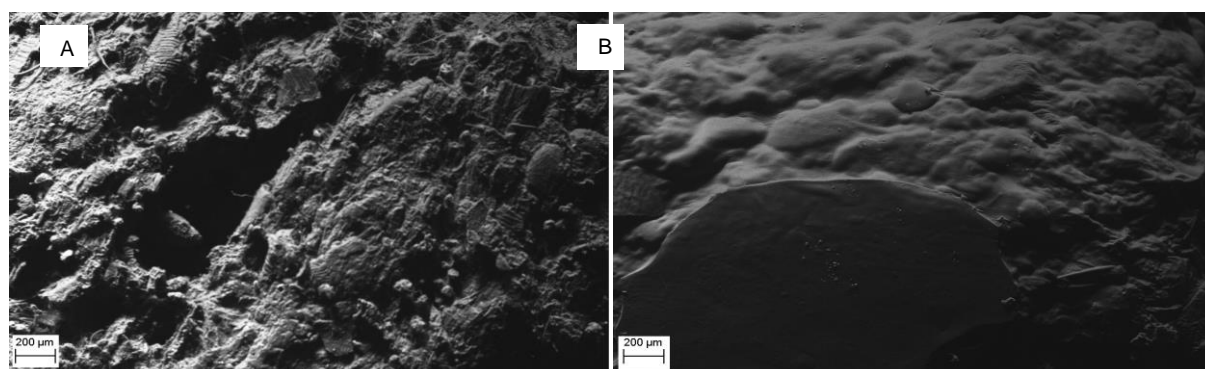


Figura 1. Micrografia (A), grânulo de ração comercial sem recobrimento (SR), ampliação 100x. Micrografia (B), grânulo de ração comercial com recobrimento (CR), ampliação 100 x.

Para avaliar a espessura da camada biopolimérica foi realizada uma fratura na sessão transversal do grânulo da ração recoberto, conforme demonstrado na Figura 2. Avaliando as imagens desta figura confirma-se a formação da camada superficial sobre o grânulo de

ração comercial. Na micrografia (B), que apresenta uma ampliação de 518x, fica evidente o recobrimento de alginato de sódio, com uma espessura de aproximadamente 40 μm .

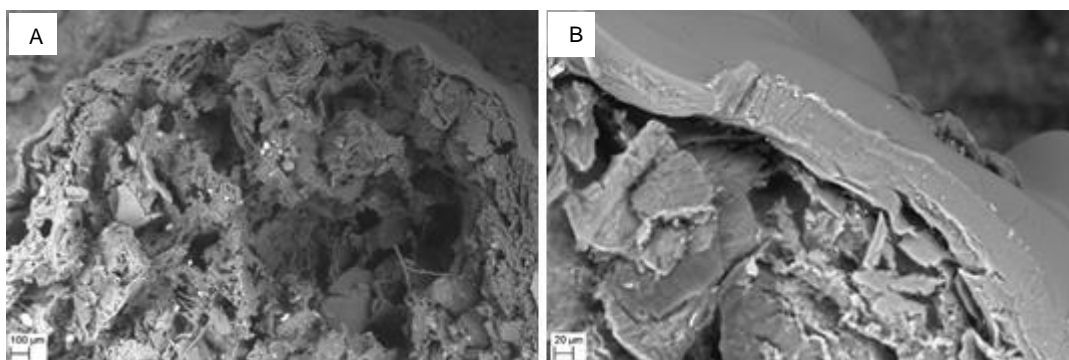


Figura 2. Micrografia da sessão transversal do grânulo de ração comercial recoberto (CR), ampliação 106x (A) e ampliação 518x (B).

Analisando as imagens apresentadas nas Figuras 1 e 2 percebe-se a eficiência do processo de recobrimento proposto neste trabalho. Uma metodologia simples, de fácil operação, que consegue envolver completamente a superfície dos pellets de ração, promovendo desta forma uma camada uniforme. Segundo Dominy & Lim (1991), a estabilidade dos pellets das rações em água é influenciada pelas propriedades dos agentes ligantes, proteínas e carboidratos, que influenciam diretamente nas características dos recobrimentos.

A determinação da porcentagem de biopolímero utilizado no processo de recobrimento das rações é extremamente importante, haja vista que concentrações muito elevadas de aglutinante podem interferir no processo de digestibilidade, bem como na difusão dos óleos em água, atrativos para os animais cultivados (Yeh et al., 2008; Debeaufort et al., 2000). Conforme verificado nas imagens micrográficas apresentadas acima, a camada de recobrimento após a etapa de secagem dos pellets é praticamente imperceptível.

O ganho de massa por grânulo de ração foi de aproximadamente 5,72%, o que está de acordo com o encontrado na literatura. Simon (2009) trabalhou com aproximadamente 17,5 % de alginato incorporado às dietas alimentares para juvenis de lagosta.

Os dois conjuntos de rações, com recobrimento (CR) e sem recobrimento (SR), contendo três pellets cada um, física dificultando as ações dos processos lixiviatórios, impedindo assim a sua degradação, aumentando, consequentemente, o tempo de captura por parte dos animais cultivados (Dominy & Lim, 1991). Este efeito protetor pode levar a manutenção dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

Dentre os parâmetros avaliados destacam-se, as medidas de oxigênio dissolvido (OD), de pH e de condutividade elétrica (Cond.). Foram determinados também as concentrações de cálcio (Ca), de sódio (Na), bem como os teores de fósforo (P) e de nitrogênio (N). Na Tabela 1 encontram-se os resultados para todos os parâmetros descritos acima. Os teores de zinco (Zn), cobre (Cu) e de ferro (Fe) ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho, desta forma, foram suprimidos da Tabela 1.

ficaram em contato com 100 mL de água destilada por uma semana, foi quando ocorreu a degradação completa das rações sem recobrimento (SR). Os pellets das rações recobertas (CR) permaneceram indeformados para as triplicatas utilizadas nesta etapa do estudo. O filme biopolimérico formado sobre a superfície das rações, conforme verificado nas Figuras 1 e 2, atua como uma barreira

Os valores para Oxigênio Dissolvido (Tabela 1), considerado um dos parâmetros mais importante em quaisquer sistemas de cultivo, mostraram um comportamento semelhante para os dois tratamentos. Estes apresentaram pequenas flutuações quando as rações ficaram em contato com a água até o tempo de 240 minutos. Entretanto, os resultados de OD apresentaram diferença estatística para as análises realizadas nas amostras após uma semana de contato das rações com a água (T5). As amostras de pellets recobertas (CR) mantiveram o nível de oxigênio em 6,0 mg/L, demonstrando apenas uma leve diminuição neste índice. Enquanto que para as amostras contendo os pellets sem recobrimento (SR), este valor foi de aproximadamente 2,80 mg/L, ou seja, a degradação total desta ração comercial deixa o ambiente anóxico,

comprometendo, consideravelmente, a qualidade de água em um sistema de cultivo. Volpe et al. (2008), observaram que a variação nos níveis de OD para as amostras contendo alginato nas formulações, ficou entre 5,9 e 6,1 mg/L, muito semelhante ao encontrado para o tratamento com recobrimento (CR) neste estudo.

Segundo Debeaufort et al. (2000), os biofilmes são barreiras efetivas de gases de baixa massa molar como oxigênio e dióxido de carbono. Desta forma, o recobrimento além de proteger os pellets de ração contra os processos lixiviatórios, desempenha um papel fundamental na diminuição dos processos oxidativos, contribuindo na manutenção dos componentes das rações (proteínas e carboidratos), que fazem parte da base nutricional para os animais cultivados, mantendo assim, os níveis de OD na água, o que é extremamente relevante do ponto de vista econômico e ambiental para qualquer sistema de produção.

As análises de pH (Tabela 1), apresentaram diferença estatística entre os dois recobrimentos para os tempos T1, T2 e T4. Entretanto, esta variação ficou dentro da faixa ideal para um cultivo semi-intensivo. Para as amostras sem recobrimento esta variação ficou entre 6,60 e 6,95 e para as amostras recobertas a

variação ficou entre 6,13 e 7,02. Estes valores ficaram abaixo dos valores observados por Volpe et al. (2008), onde o pH variou de 8,01 a 8,36 para dietas utilizando alginato de sódio.

Para os valores de condutividade observa-se diferença estatística para os dois tratamentos em todos os tempos. Nota-se um aumento gradual na condutividade elétrica, sendo este mais expressivo para o último tempo de contato da ração com a água (>240min). Esta diferença na condutividade elétrica pode estar diretamente relacionada à solubilização do excesso de biopolímero utilizado no recobrimento dos pellets de ração. Cabe ressaltar que além do alginato de sódio, foi utilizada a solução de cloreto de cálcio para promover a reticulação do biopolímero.

Cogitou-se atribuir ainda os valores de condutividade elétrica aos minerais presentes na formulação das rações. Entretanto, as determinações dos teores de zinco, cobre e ferro em água ficaram abaixo do limite de detecção do aparelho de Absorção Atômica, para as amostras com e sem recobrimento, conforme mencionado anteriormente. O teor de cálcio que faz parte da composição das rações comerciais, bem como do processo de reticulação dos recobrimentos, estava presente em ambos os tratamentos,

conforme pode ser observado na Tabela 1. As concentrações de cálcio diferem elemento para as amostras recobertas. Essa diferença está relacionada com a presença do cloreto de cálcio utilizado na etapa de reticulação. Os resultados desta análise corroboram com os valores de condutividade elétrica observados acima.

Os teores de sódio (Na) obtidos para os dois tratamentos também encontram-se descritos na Tabela 1. Percebe-se que os dois tratamentos, com recobrimento e sem recobrimento, diferem estatisticamente para este parâmetro. Provavelmente devido a solubilização do excesso de alginato de sódio do recobrimento. As análises de sódio para as amostras sem recobrimento (SR) mostram uma menor concentração para os tempos iniciais (T1 a T4).

Entretanto, após uma semana em contato com a água (T5) este valor apresentou um aumento considerável, praticamente duas vezes o observado para a amostra recoberta, explicando assim, o aumento na condutividade elétrica para o tratamento sem recobrimento. Analisando este resultado, observa-se a influência da degradação total dos pellets de ração no teor de sódio e a preservação deste elemento nos pellets recobertos. Os teores de sódio encontrados nas amostras de água,

estatisticamente entre os tratamentos, onde percebe-se uma maior concentração deste que estavam em contato com as rações sem recobrimento, estão muito próximos dos teores utilizados nas formulações das rações para juvenis de lagosta proposto por Volpe et al. (2012), aproximadamente 14,0 mg.

Para as análises de nitrogênio amoniacal total ($\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) apresentadas na Tabela 1, nos tempos de contato T1, T2, T3 E T4, a concentração foi levemente superior no tratamento com recobrimento, porém, não diferiram estatisticamente dos valores observados para as amostras sem recobrimento. Entretanto, observa-se diferença estatística para o último ponto, T5 (>240 min). Nota-se um incremento na concentração de nitrogênio amoniacal de, aproximadamente, 2 vezes para o tratamento sem recobrimento quando comparado ao tratamento com recobrimento. Este fato pode estar relacionado à degradação total do grânulo de ração comercial, ou seja, os processos lixiviatórios facilitaram a solubilização e a oxidação dos componentes da ração.

Segundo Arana (2010), a amônia pode ser rapidamente oxidada a nitrato, por meio de ações bacterianas, em ambientes onde os valores de pH estão próximos a 8,0 e níveis adequados de oxigênio dissolvido.

Este fato se confirma quando se observa os valores de OD para as amostras sem recobrimento no mesmo período, 2,80 mg/L.

Tabela 1. Determinação dos valores de oxigênio dissolvido, de pH, de condutividade elétrica, de cálcio (Ca), de sódio (Na), de fósforo (P) e de nitrogênio (N), para rações com recobrimento (CR) e sem recobrimento (SR), nos tempos 10 min (T1), 30 min (T2), 60 min (T3), 240 min (T4) e uma semana (T5).

Tratamento / Recobrimento	T1	T2	T3	T4	T5
Oxigênio Dissolvido – OD - (mg/L)					
CR	6,73	6,97	6,93	7,17	6,00
SR	6,73 ^{ns}	6,47 ^{ns}	6,77 ^{ns}	6,90 ^{ns}	2,80 *
pH					
CR	6,13	6,47	6,47	6,31	7,02
SR	6,69 *	6,67 *	6,60 ^{ns}	6,77 *	6,95 ^{ns}
Condutividade Elétrica – CE - (µs/cm)					
CR	121,05	126,73	145,03	149,43	196,37
SR	20,57 *	24,57 *	25,87 *	30,40 *	79,00 *
Cálcio - Ca - (mg/L)					
CR	17,49	10,73	15,91	12,73	22,24
SR	0,80 *	0,49 *	0,58 *	0,77 *	3,88 *
Sódio - Na - (mg/L)					
CR	5,33	6,67	5,33	6,00	7,33
SR	1,00 *	1,33 *	2,00 *	2,00 *	14,67 *
Nitrogênio Amoniacal Dissolvido Total - NH₃-NH₄⁺ - (mg/L)					
CR	0,20	0,23	0,25	0,23	0,96
SR	0,17 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,20 ^{ns}	1,85 *
Fosfato Dissolvido - PO₄³⁻ - (mg/L)					
CR	0,16	0,22	0,26	1,81	1,28
SR	0,94 *	0,94 *	1,10 *	1,87 ^{ns}	1,47 *

(* = Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns} = não significativo pelo teste F)

Os teores de fosfato dissolvido apresentaram diferença estatística entre os tratamentos com recobrimento e sem recobrimento, para os tempos T1, T2, T3 e T5. Os valores de fosfato encontrados na água foram sempre menores para o tratamento com recobrimento (CR). Este comportamento comprova a eficiência do recobrimento das rações comerciais frente aos processos lixiviatórios, garantindo desta forma a qualidade nutricional das macrodietas, bem como, a manutenção dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água.

Por fim, percebe-se por meio das análises físico-químicas realizadas neste estudo que o recobrimento polimérico utilizando alginato de sódio, reticulado com cloreto de cálcio, apresenta valores excelentes no que diz respeito a qualidade de água, principalmente para as medidas de oxigênio dissolvido, nitrogênio amoniacal total dissolvido e fosfato dissolvido.

Conclusões

O processo de reticulação do alginato de sódio aplicado na forma de biofilme sobre as rações comerciais mostrou-se eficiente e simples. O efeito da blindagem sobre os pellets foi extremamente positivo, mantendo o agregado por um longo intervalo de tempo, aumentando assim o tempo de captura para os animais cultivados e influenciando

positivamente na manutenção dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água. Portanto, a metodologia proposta pode ser uma alternativa para a produção de rações para pescado.

Agradecimentos

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC; Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC.

Referências Bibliográficas

ARANA, L.V. **Qualidade da água em aquicultura, princípios e práticas**. Florianópolis: UFSC, 2010.

BAJPAI, A.K.; GIRI, A. Water sorption behaviour of highly swelling (carboxy methylcellulose-g-polyacrylamide) hydrogels and release of potassium nitrate as agrochemical. **Carbohydrate Polymers**, v. 53, p. 271-279, 2003.

BAUMGARTEN, M.G.Z. **Manual de Análises em Oceanografia Química**. Rio Grande: FURG, 2010.

DEBEAUFORT, F.; GALO, J.A.Q.; DELPORT, B.; VOILLEY, A. Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayer edible films. **Journal of Membrane Science**, v. 180, p.47-55, 2000.

DOAN, H.V.; TAPINGKAE, W.; MOONMANEE, T.; SEEPAI, A.; Effects of low molecular weight sodium alginate on growth performance, immunity, and disease resistance of tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 55, p.186-194, 2016.

DOMINY, W.G.; LIM, C. Performance of binder in pelleted shrimp diets. In: **Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop**. Singapore. 1991. 241P.

HEIN, G.; BRIANESE, R.H. **Modelo Emater de produção de tilápia**. Toledo, 2004.

LEDESMA, P.R.; RUBIO, J.M.L.; ALARCÓN, F.J.; MORIÑIGO, M.A.; BALEBONA, M.C. Calcium alginate capsules for oral administration of fish probiotic bacteria: assessment of optimal conditions for encapsulation. **Aquiculture Reserarch**, v. 43, p.106-116, 2012.

NEI, H.; LIU, M; ZHAN, F.; GUO, M. Factors on the preparation of carboxymethylcellulose hydrogel and its degradation behavior in soil. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p.185-189, 2004.

OLIVEIRA, A.F.; SOLDI, V.; COELHO, C. M. M.; MIQUELOTO, A.; COIMBRA, J.L.M. Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes. **Química Nova**, v. 32, p.1845-1849, 2009-a.

OLIVEIRA, A.F. Desenvolvimento, caracterização e aplicação de biofilmes e esferas obtidas a partir de carboximetilcelulose e alginato de sódio em processo de liberação controlada de nutrientes. Tese (Doutorado em Química) – Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, SC, 2009-b.

PAOLUCCI, M.; FABBROCINI, A.; VOLPE, M. G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E. **Development of Biopolymers as Binders for Feed for armed Aquatic Organisms**. Aquaculture. InTehc, 2012. 390p.

PAOLUCCI, M.; FASULO, G.; VOLPE, M.J. G. Employment of Marine Polysaccharides to Manufacture Functional Biocomposites for Aquaculture Feeding Applications. **Mar. Drugs**, v. 13, p.2680-2693, 2015.

POURJAVARDI, A.; BARZEGAR, S. H.; MAHDAVINIA, G. R. MBA-crosslinking Na-Alg/CMC as a smart full-polyssaccharide superabsorbent hydrogels. **Carbohydrate Polymers**, v. 66, p.386-395, 2006.

SIMON, C. The effect of carbohydrate source, inclusion level of gelatinized starch, feed binder and fishmeal particle size on the apparent digestibility of formulated diets for spiny lobster juveniles, *Jasus edwardsii*. **Aquaculture**, v. 296, p.329-336, 2009.

SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.S.;BOECK, G. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, v. 127, p.1409-1426, 2011.

STOREBAKKEN, T.; AUSTRENG, E. Binders in fish feeds II: Effect of different alginates on the digestibility of macronutrients in *Rainbow Trout*. **Aquaculture**, v. 60, p.121-131, 1987.

VOLPE, M. G.; MONETTA, M.; STASIO, M.; PAOLUCCI, M.; Rheological behavior of polysaccharide based pellets for crayfish feeding tested on growth in the crayfish *Cherax albidus*. **Aquaculture**, v. 274, p.339-346, 2008.

VOLPE, M.G.; VARRICCHIO, E.; COCCIA, E.; SANTAGATA, C.; STASIO, M.; MALINCONICO, M.; PAOLUCCI, M. Manufacturing pellets with different binders: Effect on water stability and feeding response in juvenile *Cherax albidus*. **Aquaculture**, v. 324-325, p.104-110, 2012.

YEH, S.P.; CHANG, C.A.; CHANG, C.Y.; LIU, C.H.; CHENG, W. Dietary sodium alginate administration affects fingerling growth and resistance to *Streptococcus* sp. and iridovirus, and juvenile non-specific immune responses of the orange-spotted grouper, *Epinephelus coioides*. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 25, p.19-27, 2008.