

Analizador do crescimento e reconstrução da idade do Calamar Argentino

Anita Maria da Rocha Fernandes^{1,2}, Helton Machado Kraus², Alexandro Costa¹

¹Curso de Ciência da Computação – Universidade do Vale do Itajaí – Campus de São José (UNIVALI) – São José – SC – Brasil

²Mestrado em Computação Aplicada – Universidade do Vale do Itajaí – Campus de São José (UNIVALI) – São José – SC – Brasil

{anita,heltonkraus}@univali.br, lecosta12@hotmail.com

Abstract. *The Argentine squid has important economic value and great importance for the fishery in southern Brazil. In order to implement fisheries management measures for stocks of this resource, it is necessary to study the relationships between the biological attributes of their populations, these populations to environmental variability throughout the life cycle, determining the age and reconstruction of the growth of individuals by analyzing the gladius and estatolito, which is made with the aid of several statistical software, with the need for each part of the analysis in different software. Thus, this article presents the development of a system that includes all testing and the necessary reports, based on the analysis of the gladius and estatolito.*

Resumo. *O calamar argentino possui importante valor econômico grande relevância para a pescaria do Sul do Brasil. A fim de se implantar medidas de manejo pesqueiro aos estoques deste recurso, é necessário o estudo das relações entre os atributos biológicos de suas populações, à variabilidade ambiental destas populações ao longo do seu ciclo de vida, e a determinação da idade e reconstrução do crescimento dos indivíduos através da análise do gladius e do estatólito, a qual é feita com auxílio de vários softwares estatísticos, havendo a necessidade de realizar cada parte da análise em um software diferente. Sendo assim, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema que contempla todas as análises, bem como os relatórios necessários, tendo como base a análise do gladius e do estatólito.*

1. Introdução

O Calamar Argentino ou *Ilex argentinus* é uma espécie nerítico-oceânica e tem sua distribuição compreendida ao longo da plataforma continental e talude do Atlântico Sudoeste [Brunetti e Ivanovic 1998]. Seu ciclo de vida é curto (12 a 14 meses), tem crescimento rápido e morre após um período prolongado de desova. Esta característica populacional definida como semelparidade, leva, a cada ano, ao desaparecimento do estoque parental, sendo que a estabilidade populacional depende exclusivamente do sucesso do recrutamento para sua renovação [Boyle 1993]. Em decorrência da elevada variabilidade do recrutamento, altamente influenciado por flutuações ambientais, a abundância dos estoques e suas capturas anuais são altamente variáveis [Coelho 1995].

Acredita-se que essas espécies apresentam estratégias para atenuar os riscos desse tipo de ciclo de vida que envolve a formação de diversas subunidades populacionais geográficas e sazonais. A partir da combinação de longas migrações, desovas prolongadas ao longo do ciclo anual e transporte de descendentes planctônicos por correntes geostróficas superficiais [O'Dor 1998].

Ao menos dois grupos populacionais, um correspondente à migratória SBNP (Estoque Bonaerense-Norte-Patagônico) e outro residente foram descritos através da análise dos seus atributos biológicos. A metodologia do gladius mostrou que podem ser identificados diferentes padrões de crescimento individual em situações espaço-temporais distintas no Atlântico Sudoeste. A aplicação desta metodologia poderia, por exemplo, diferenciar calamares migratórios provenientes da costa argentina que iniciam seu ciclo de vida em áreas mais produtivas e apresentariam taxas de crescimento diferenciadas dos indivíduos que compõem populações residentes expostos às condições mais oligotróficas da costa brasileira. Os exemplares pertencentes a grupos populacionais distintos podem possuir datas de nascimento muito discrepantes.

Sendo assim, é necessário avaliar separadamente a variabilidade espacial e inter-anual dos padrões de crescimento individual dos grupos desovantes previamente definidos (por exemplo, desovantes de primavera e verão – indivíduos menores; de inverno – indivíduos maiores), avaliar a diversidade populacional de *Ilex argentinus* capturado em águas do Sudeste e Sul do Brasil através da contagem de anéis (retrocálculo da idade) de crescimento em uma estrutura calcária interna, o estatólito. Populações distintas podem apresentar idades de nascimento discrepantes.

Atualmente, a reconstrução da idade e do crescimento do calamar-argentino *Ilex argentinus* usa-se várias planilhas eletrônicas para guardar os dados. Após os cálculos feitos em tais planilhas, os resultados são levados para softwares estatísticos para cálculos estatísticos mais complexos. Depois de todos estes cálculos realizados, são gerados gráficos nestes pacotes estatísticos e/ou em outros, dependendo da necessidade. Uma vez gerados os gráficos e as análises estatísticas, os resultados muitas vezes são copiados e colados em editores de texto para a geração dos relatórios.

Esta transferência de informações de um sistema para outro pode trazer problemas de controle dos próprios dados, além de não ser possível gerar relatórios de maneira eficaz e rápida. Também não é possível fazer cruzamentos mais complexos de maneira eficiente com as informações geradas nos diversos softwares.

Para realizar todas estas tarefas é necessário o uso de um sistema capaz de gerenciar todos os dados brutos coletados pelos pesquisadores, aplicar análises estatísticas, realizar cruzamentos entre as variáveis e gerar relatórios de maneira eficiente e eficaz, sem comprometimento dos dados e/ou informações.

Dentro deste contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema para análise do crescimento e da idade de *Ilex argentinus*, com arquitetura cliente/servidor, utilizando Java e MySQL.

Para compreender o objetivo final do sistema aqui apresentado, a seguir apresenta-se como é feita na análise do gladius e a análise do estatólito.

2. Análise através do Gladius

O *gladius* é a concha interna das lulas. As linhas brancas na Figura 1 delimitam os incrementos de crescimento de *Illex argentinus*.

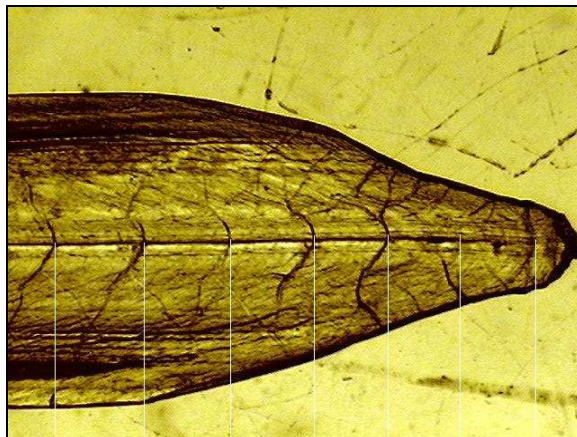


Figura 1. Incrementos de crescimento do *gladius* de *Illex argentinus*.

O método de análise do gladius é análogo à reconstrução do crescimento de anéis em árvores. Primeiramente os incrementos ou séries de incrementos são obtidas através da medição direta das marcas sobre a superfície do gladius (Figura 1). Segundo Schroeder (2006), os incrementos de crescimento são então filtrados para retirar possíveis erros de leitura. Para isto é utilizada a fórmula da Figura 2.

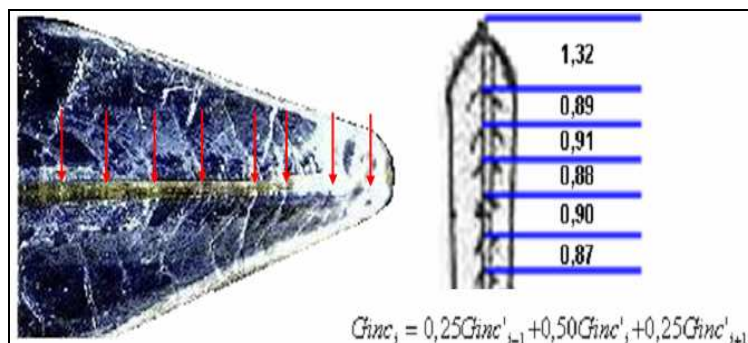


Figura 2. Exemplo da obtenção das séries de incrementos

Depois de filtrados os incrementos de crescimento é calculado o espaçamento médio a cada intervalo de 1 mm. Ao final calcula-se o desvio padrão e a média destes intervalos.

Após este cálculo, faz-se a análise do crescimento recente utilizando os 15 incrementos mais recentes depositados no gladius de cada indivíduo. Inicialmente o comprimento inicial do gladius é retro-calculado diminuindo o valor inicial do primeiro valor da série de incrementos, e assim sucessivamente. Então é aplicada uma análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças entre os comprimentos médios dos gladius dos indivíduos capturados em diferentes lances. A seguir, o padrão de crescimento recente será comparado entre lances considerados como diferentes situações geográficas. Para isto utiliza-se uma análise de covariância (ANCOVA). Devido ao fato dos incrementos medidos sobre o gladius (e filtrados posteriormente) não poderem ser

considerados como observações totalmente independentes entre si, utiliza-se um procedimento denominado “medidas repetidas”, sendo mais indicado nesses casos [Zar 1984, p 97 - 121]. Neste procedimento a ANCOVA é aplicada em duas etapas: (i) entre objetos onde o intervalo total do crescimento durante os últimos 15 dias é comparado entre os fatores de agrupamento (lances); (ii) dentro dos objetos onde são comparadas as trajetórias individuais de crescimento durante os últimos 15 dias, sendo que os dias são também considerados fatores de agrupamento.

3. Análise através do estatólito

Segundo Schwarz (2006), outro método a ser utilizado seria o cálculo da taxa de crescimento de cada população para identificar as datas de nascimento de cada grupo pressuposto, uma vez que cada espécie apresenta uma característica biológica especial, a “semelparidade”.

Para o cálculo das datas de nascimento existe a técnica de leitura de anéis de crescimento em uma estrutura calcária interna, o estatólito (Figura 3). Através da contagem de anéis pode-se chegar a idade do animal em dias, e a partir desta informação pode-se calcular as datas de nascimento dos indivíduos separando assim desovantes predominantes de inverno (SBNP – Estoque Bonaerense-Norte-Patagônico) de residentes (outras épocas do ano). A Figura 3 ilustra os anéis de crescimento do estatólito de *Ilex argentinus* sob a magnificação de 600 X. L, o que representa uma banda lunar, ou seja, aproximadamente 28 dias.

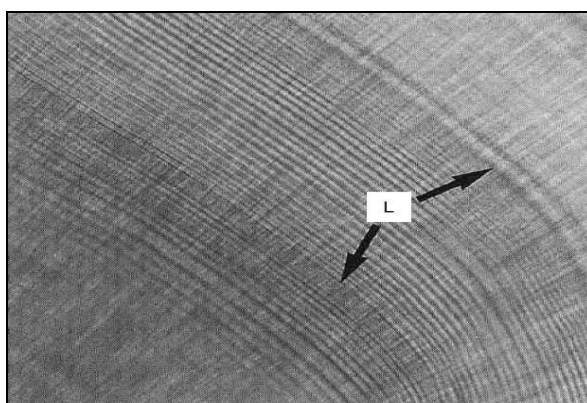


Figura 3. Exemplo da obtenção das séries de incrementos

4. O sistema desenvolvido

Para o desenvolvimento do sistema aqui apresentado, foram necessárias sete etapas bem distintas:

1. Análise do fluxo dos dados e das informações entre os diversos softwares utilizados ao longo do processo de análise do gladius e do estatólito.
2. Análise junto aos especialistas de quais dados eram comuns às duas metodologias.
3. Estabelecimento de quais análises estatísticas seriam utilizadas por ambas as metodologias e quais seriam específicas. Para isto foi necessário compreender o conceito de ANOVA e de ANCOVA.

- a. ANOVA: técnica estatística cujo objetivo é testar a igualdade entre três ou mais médias. Ela permite testar se a variabilidade dentro dos grupos é maior que a existente entre os grupos. A técnica supõe independência e normalidade das observações, e igualdade entre as variâncias dos grupos. No caso deste sistema, foi utilizada a ANOVA com níveis fatoriais de mensurações. Esta análise só pode ser utilizada quando há dados de pré e de pós teste (teste aqui se refere a medidas) pareados. Antes de se realizar esse tipo de procedimento de análise é preciso se certificar do grau de fidedignidade dos valores do pré e pós testes.
 - b. ANCOVA: Técnica utilizada para testar o efeito principal e os de interação das variáveis categóricas sobre a variável dependente, controlando os efeitos da variável selecionada sobre outros variáveis que co-variam com a dependente. Para a realização da ANCOVA, considerou-se os mesmos pressupostos da ANOVA e mais outros dois: a independência entre o tratamento e o covariante (homogeneidade das linhas de regressão) e a mensuração do covariante sem erro.
4. Análise de requisitos do sistema.
 5. Modelagem do sistema: a modelagem do sistema seguiu os artefatos da UML.
 6. Implementação do sistema propriamente dito.
 7. Validação do sistema.

As figuras 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam a interface do sistema.

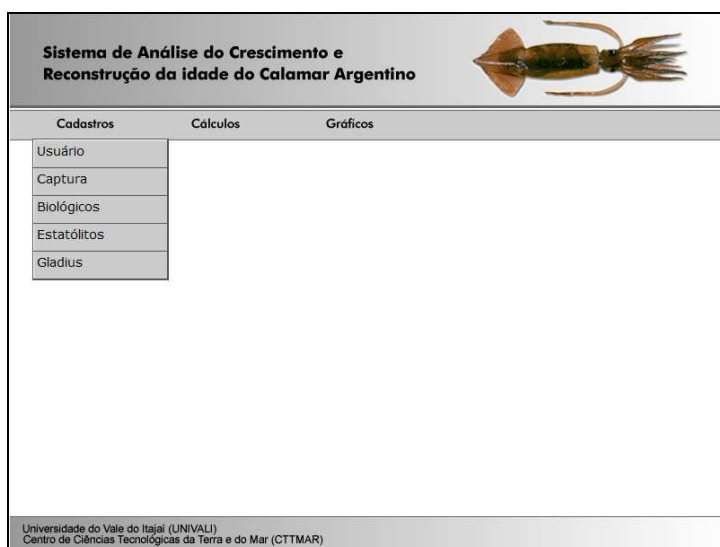


Figura 4. Menu do sistema.

**Sistema de Análise do Crescimento e
Reconstrução da idade do Calamar Argentino**



Cadastros Cálculos Gráficos

Cadastro de Captura

Cadastro de Captura

Dia: Mês: Ano:

Barco: Lance: Área:

Dados da Localização da Captura

Latitude Inicial: Latitude Final:


Longitude Inicial: Longitude Final:

Profundidade Inicial: Profundidade Final:

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMAR)

Figura 5. Tela de cadastro da captura.

**Sistema de Análise do Crescimento e
Reconstrução da idade do Calamar Argentino**



Cadastros Cálculos Gráficos

Retro Cálculo da Idade do Indivíduo

Dados do Cálculo

Dia: Mês: Ano:

Barco: Lance: Nº do Indivíduo:

Latitude Média: CM(mm):

Longitude Média: Peso(g):

Profundidade Média: Maturidade Sexual:

 Idade Calculada:

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMAR)

Figura 6. Tela referente ao retro cálculo da idade do indivíduo.

Sistema de Análise do Crescimento e Reconstrução da idade do Calamar Argentino

Cadastros Cálculos Gráficos

Análise do Estatólito

Dados da Análise

Dia: Mês: Seleccione ▼ Ano:

Barco: Lance: Nº do Indivíduo:

Latitude Média: CM(mm):

Longitude Média: Peso(g):

Profundidade Média: Maturidade Sexual:

Número de anéis:

 Taxa de Crescimento Calculada: ??

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMAR)

Figura 7. Tela referente a análise do estatólito.

Sistema de Análise do Crescimento e Reconstrução da idade do Calamar Argentino

Cadastros Cálculos Gráficos

Medição e Filtragem dos Incrementos de Crescimento

Dados da Medição e Filtragem

Incrementos: Incrementos Filtrados:

CG: Estágio: Sexo: Sexo ▼ Mês: Seleccione ▼

 CG Retrocalculado (mm): ??

Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI)
Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar (CTTMAR)

Figura 8. Tela referente a medição e filtragem dos incrementos de crescimento.

5. Conclusões

Ilex argentinus é uma espécie considerada um importantíssimo recurso pesqueiro, já que sozinha sustenta a maior pescaria de cefalópodes em escala global, com capturas anuais oscilando na casa de 300 a 500 mil toneladas. O seu estudo é de grande relevância para a avaliação da pescaria emergente no Sul do Brasil.

Sendo assim, o sistema aqui proposto é uma grande contribuição para auxiliar os estudos na área, diminuindo o tempo de processamento dos dados e aumentando a confiabilidade das informações geradas.

Além disto, vale ressaltar o caráter multidisciplinar do projeto, envolvendo a Ciência da Computação e a Oceanografia.

O sistema foi validado (em termos de confiabilidade das respostas e alcance dos objetivos estabelecidos pelas metodologias implementadas) junto aos pesquisadores que acompanharam o desenvolvimento do sistema.

O resultado alcançado foi satisfatório, uma vez que os pesquisadores puderam verificar que o sistema alcançava, em 87,5% das vezes, os mesmos resultados que eram encontrados pela metodologia utilizada por eles anteriormente, em um tempo menor.

Em seguida, o sistema foi utilizado por um grupo maior de usuários, os quais avaliaram o sistema em termos de sua ergonomia, confiabilidade e eficiência.

Nesta avaliação pode-se verificar que os usuários preferiam uma interface mais limpa e amigável e isto fez com que a interface do sistema fosse remodelada. Quanto a confiabilidade e eficiência, os mesmos problemas detectados pela equipe de testes anterior, foram detectados aqui também.

Todos os problemas detectados nesta etapa foram analisados e a equipe de desenvolvimento realizou a manutenção corretiva.

A próxima etapa a ser cumprida no desenvolvimento deste sistema será a utilização do mesmo no dia a dia do Grupo de Estudos Pesqueiros que auxiliou no desenvolvimento do sistema, afim de avaliar o desempenho global do sistema. Também será feita a validação do sistema por usuários externos a equipe que colaborou com o desenvolvimento do sistema com o objetivo de avaliar o desempenho do sistema, bem como verificar a necessidade de outras funcionalidades além das que já foram implementadas.

Referências

- Boyle, P.R. (ed) (1983). "Cephalopod life cycle". Volume I. Special accounts. Academic Press, London Ltd., 475 p.
- Brunetti, N.E., Ivanovic, M.L., Elena, B. (1998) "Calamares ommastrephídeos (CEPHALOPODA: OMMASTREPHIDAE)". In: El mar argentino y sus recursos pesqueros. Tomo 2. Los moluscos de interés pesquero. Cultivos y estrategias reproductivas de bivalvos y equinoideos. E.E. Boschi (Ed.), p. 37-68.
- Coelho, M.L. (1985) "Review of influence of zoographic factors on cephalopod distribution and life cycles". NAFO Scientific Council Studies, v. 9, p. 47-57.
- O'Dor, R. K. (1998) "Can understanding squid life-history strategies and recruitment improve management?" In: PAYNE, A. I. L., LIPINSKI, M. R., CLARKE, M. R., ROELEVELD, M. A. C. (Eds.), Cephalopod Biodiversity, Ecology and Evolution. South African Journal of Marine Science, v. 20, p. 193-206.
- Schroeder, R. (2006) "O estudo do crescimento do calamar-argentino, *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), no Sudeste e Sul do Brasil a partir da estrutura da concha interna, o gladius". Itajaí, 2006. 67 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Setor de Ciências Exatas. Universidade do Vale do Itajaí.
- Schwarz, R. (2006) "Utilização da microestrutura do estatólito para determinação de idade e estudos de crescimento de *Illex argentinus* no Sudeste-Sul do Brasil". Itajaí,

2006. 47 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Setor de Ciências Exatas. Universidade do Vale do Itajaí.

Zar, J.H. (1984). “Bioestatistical analysis”. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 718p.