

# **Sistema para Gerenciamento da Produção e Avaliação da Qualidade de Pescados**

## **A Production and Quality Assessment System for Fish Managemen**

**Maico Tomasi**

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
Curso de Ciência da Computação - CTTMar  
*mayko@uol.com.br*

**Anita Maria da Rocha Fernandes**

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
Curso de Ciência da Computação - CTTMar

**Marcos Luis Pessatti**

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
Curso de Ciência da Computação - CTTMar

**Rudimar Luis Scaranto Dazzi**

Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI  
Curso de Ciência da Computação - CTTMar

**Resumo:** Este trabalho descreve o desenvolvimento de um *software* chamado PAQPesc. Ele tem como funcionalidade principal gerenciar informações da produção e avaliação da qualidade de pescados. O *software* utiliza técnicas de inteligência artificial e é construído na linguagem de programação PHP. Ele possui uma interface *web*, de forma que possa ser implantado em empresas produtoras ou em mercados pesqueiros, estando disponível aos clientes em estações ou pela Internet. Para o correto funcionamento do sistema, ele deve ser alimentado com os dados dos lotes produzidos e suas respectivas análises de qualidade química, microbiológica e sensorial. O sistema permite ainda que o usuário solicite um diagnóstico geral da qualidade do pescado, apresentando-o na tela e possibilitando sua impressão. As análises químicas e microbiológicas são realizadas em laboratórios. Essas informações, oriundas dos laboratórios, são incluídas

por usuários cadastrados com *login* e senha, permitindo que usuários cadastrados ou não, ao utilizar o sistema, possam ter acesso aos dados. As informações referentes às análises sensoriais podem ser incluídas por qualquer pessoa que deseje usar o sistema. Além do diagnóstico, também é possível utilizar o sistema para gerar estatísticas sobre a qualidade dos pescados disponibilizando-as para consulta e impressão.

**Palavras-chave:** inteligência artificial; sistemas de informação; qualidade do pescado.

**Abstract:** The work describes the development of a software called PAQPesc. Its main function is to manage production information and evaluation of fish quality. The software uses techniques of artificial intelligence and it is built in the PHP programming language. It has a web interface so it can be implanted in producing companies or fish markets and it may be available to the customers at stations or through the Internet. For its correct operation the system must be fed with the data of the produced lots and their respective chemical, microbiological and sensorial quality analyses. The system also allows the user to request a general diagnosis of the fish quality that can be viewed on the monitor screen and printed. The chemical and microbiological analyses are accomplished in laboratories. The data originated from the laboratories are included in the system by registered persons with a login and a password, making possible for both registered and non-registered persons to use the system and to check the data. Information regarding the sensorial analyses may be registered by anyone who wants to use the system. In addition to the diagnosis, the system can also be used to generate fish quality statistics, providing them for consultation and printing.

**Key words:** artificial intelligence; information systems; fish quality.

## 1 Introdução

Os alimentos são a fonte de energia das pessoas e como a população mundial aumenta a cada ano, a indústria alimentícia é um dos ramos que possui um futuro cada vez mais promissor. Simultaneamente a esse crescimento, aumenta também a exigência das pessoas por alimentos que sejam saudáveis e possuam boas condições

de consumo. Segundo Rocha (1995), a produção proveniente da aquicultura em nível mundial já corresponde a mais de vinte milhões de toneladas/ano, o que representa uma receita na ordem de US\$ 36 bilhões de dólares. O Brasil encontra-se como 27º colocado na produção do ramo da aquicultura e de pescados (GELINSKI NETO, 2003).

Os pescados são avaliados pelos consumidores com uma rigorosidade ainda maior do que muitos outros alimentos, pois estes devem estar sempre frescos, com boa aparência e possuir uma qualidade excelente. A avaliação da aparência, do cheiro e até mesmo a avaliação da degustação fazem parte da análise sensorial onde é possível definir a qualidade do pescado através dos órgãos sensoriais humanos. No entanto, não é apenas na análise sensorial que se define a qualidade dos pescados, mas também em uma série de outras variáveis químicas e biológicas que precisam ser analisadas e determinadas para a classificação e identificação do que está apto para consumo ou não.

Com o intuito de auxiliar o gerenciamento da produção e avaliação de pescados, este artigo apresenta o desenvolvimento de um sistema baseado em técnicas de Inteligência Artificial (IA) que caracterize os pescados conforme sua qualidade. Esse sistema tem como base o modelo de sistema de avaliação de pescados proposto por Fernandes (2000), o qual utiliza a técnica de sistema especialista para tratar as informações; porém, sua funcionalidade restringe-se apenas ao mexilhão. Já, o sistema descrito neste trabalho pode ser utilizado para várias espécies, tais como: peixes de água doce e salgada, camarões, siris, caranguejos, moluscos, bivalves, polvo e lula. Inicialmente a avaliação dos pescados seria personalizada para cada espécie. Em conjunto com o especialista da área biológica e através de vários estudos, concluiu-se que a avaliação das variáveis que interferem na qualidade dos pescados deve ser generalizada, pois os limites que determinam a qualidade dos pescados são similares, existindo apenas algumas exceções, onde determinadas espécies possuem variáveis com limites diferentes. Neste caso, o sistema as trata de forma diferente dos outros pescados.

O sistema descrito neste trabalho (PAQPesc) pode ser utilizado por empresas do ramo da pesca, agilizando e tornando mais preciso o processo de verificação da qualidade. Também pode influenciar o consumo de pescados sendo utilizado em

supermercados onde o próprio consumidor terá a oportunidade de solicitar uma análise do produto que está comprando. Esta última abordagem é possível, pois o supermercado ao comprar o produto pesqueiro recebe as informações provenientes das análises químicas e biológicas. Essas informações alimentam o banco de dados do sistema. O usuário informa as características sensoriais do pescado: cor, cheiro, ou sabor, por exemplo. Estes dados são cruzados com as variáveis das análises biológicas e químicas e, como resposta, é gerado um diagnóstico do produto que o cliente está adquirindo.

## **2 Aquicultura e pesca**

Aquicultura e pesca é o conjunto de processos utilizados para criar animais ou plantas aquáticas (LUDORFF e MEYER, 1978). Ela é responsável por uma grande parte da produção anual de alimentos no mundo e representa uma grande fonte de riqueza para as pessoas que a cultivam (MERCADO DA PESCA, [2003?]). A aquicultura como atividade industrial é algo que começou a ganhar importância há poucos anos, principalmente no Brasil onde apresentou um reconhecimento maior desde meados dos anos 90 (MERCADO DA PESCA, 2004). Desde a década de 1970, a aquicultura cresce anualmente em torno de 9,2% no mundo. Este crescimento é muito superior ao da pesca extrativa que é de 1,4%. Por isso, a aquicultura e a pesca estão se tornando atividades interessantes em vários países do mundo (MERCADO DA PESCA, 2004).

Segundo Antonio ([2003?]), no Brasil, a aquicultura registra um crescimento superior à média mundial, passando de 20,5 mil toneladas em 1990, para 210 mil toneladas em 2001, com uma receita de US\$ 830,3 milhões, sendo a principal responsável pelo superávit na balança comercial de pescado brasileira. Entre 1990-2001 o Brasil obteve um crescimento de aproximadamente 925%, enquanto a aquicultura mundial teve um crescimento de 187%. Isso faz com que o Brasil seja o segundo maior produtor de pescados da América do Sul perdendo apenas para o Chile.

Segundo Mercado da Pesca (2004), um dos responsáveis pelo crescimento da aquicultura nacional é a valorização dos alimentos pesqueiros para a melhoria

da qualidade da saúde humana por conter uma excelente qualidade nutricional que auxilia na preservação de nossa saúde.

A aquicultura possui diversos segmentos. Os que mais se desenvolveram até o presente momento a nível nacional são: piscicultura (cultivo de peixes), carcinicultura (cultivo de camarões) e malacocultura (cultivo de moluscos como ostras e mexilhões). Todos estes setores e muitos outros estão em fase de expansão fazendo com que, a cada ano, o Brasil produza mais e mais pescados. Isto possibilita a abertura de novos rumos para a economia brasileira, criando empregos e muitas oportunidades de negócios. Simultaneamente a esse crescimento, surgiu a necessidade de tecnologias que pudessem assegurar a qualidade do pescado produzido. Para suprir essa necessidade é que foi criado o Sistema Para Gerenciamento da Produção e Avaliação da Qualidade de Pescados, o qual poderá ser utilizado tanto na linha de produção para registro das análises biológicas e químicas do pescado como também por consumidores em grandes mercados onde o próprio consumidor poderá informar dados de uma análise criada por ele mesmo e obter um cruzamento dos dados das análises químicas e biológicas gerando um diagnóstico da qualidade do pescado analisado.

## **2.1 Avaliação da qualidade de pescados**

Pescado é todo animal que vive normalmente em água doce ou salgada, e que sirva para a alimentação. A denominação pescado é bastante abrangente e compreende os peixes, os crustáceos, os moluscos, os anfíbios, os quelônios e os mamíferos de água doce ou salgada, que possam ser utilizados como forma de alimentação humana (KAI, 1988).

Cada vez mais os pescados estão fazendo parte do cardápio das pessoas e, conseqüentemente, estão sendo exigidos produtos com qualidade superior. Para que a qualidade dos pescados possa ser avaliada, existem três formas diferentes de análise: sensorial, microbiológica e química (FERNANDES, 2000).

Segundo Fernandes (2000) e Ludorff e Meyer (1978), a análise sensorial é realizada por pessoas que utilizam os sentidos da visão, olfato, paladar, tato

e audição para determinar a qualidade de um produto. No caso dos pescados, variáveis como o odor, a textura, o gosto e aparência podem ser utilizados com o intuito de classificá-los como bons para consumo ou não. No sistema desenvolvido são consideradas para análise sensorial as propriedades da aparência dos olhos, do odor e do aspecto exterior do pescado.

A análise microbiológica consiste em avaliar os microrganismos existentes no próprio pescado, além dos que são adquiridos na captura, armazenamento, transporte e consumo podendo, muitas vezes, conter bactérias prejudiciais para a saúde humana caso estejam fora dos limites (FERNANDES, 2000).

A tabela 1 apresenta uma relação de microrganismos que são analisados em uma análise microbiológica. As concentrações destes microrganismos representam as variáveis que compõem a Análise Microbiológica.

Variável	Descrição
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	É muito encontrado na água do mar, principalmente próximo da costa. Afeta principalmente a criação do camarão marinho. Se um humano consumir algum tipo de pescado infectado com esta bactéria, apresentará gastroenterite aguda, quadro comum após a ingestão de peixe <i>in natura</i> , mariscos, camarões e ostras contaminadas (AGRIDATA, [200-]).
<i>Salmonella</i>	Encontrada em águas poluídas por esgotos ou excreções animais. O cozimento do alimento destrói o microorganismo, mas se não for completamente destruído poderá causar febre tifoide, febre entérica e a salmonelose (FERNANDES, 2000). Esta bactéria pode ser encontrada facilmente em mariscos, mexilhões e ostras (AGRIDATA, [200-]).
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bactérias de origem humana que contaminam os pescados na manipulação inadequada (AGRIDATA, [200-]). As formas de contaminação são por secreção nasal, saliva ou contato com feridas, ações estas provenientes de uma manipulação inadequada dos pescados com grande falta de higiene. Essas bactérias causam vômitos e diarreias se forem ingeridas por humanos (FERNANDES, 2000).

Continua

Continuação

Variável	Descrição
Listeria	Segundo Fernandes (2000), são bactérias que crescem em condições anaeróbias ou microaerófilas. Infectam principalmente recém-nascidos, crianças e idosos.
Coliformes fecais	São bactérias que crescem no trato gastrointestinal dos animais de sangue quente. Fermentam lactose formando gás (FERNANDES, 2000).
Mesófilos	Podem ser encontrados no próprio local da pesca e variam conforme a temperatura. Em regiões mais frias a quantidade de mesófilos é menor; quanto maior for a temperatura, maior será a quantidade desse microorganismo. Os mesófilos se alojam na carne do pescado, onde encontram uma situação ideal para viverem e se reproduzirem (OETTERER, [2003?]).
Psicrófilos	Segundo Etallcorp (2001), os psicrófilos são microorganismos que crescem em temperaturas baixas. Encontrados em águas frias, oceanos e regiões polares, esses organismos podem morrer quando expostos à temperatura em torno de 25° C.

Conclusão

*Fonte: Autores*

Os valores limitantes podem ser diferenciados para algumas espécies, sendo significativos para umas e para outras não. Por exemplo, é importante que um peixe possua um valor máximo de 6,8 pH, sendo que valores superiores a esse o descartariam acusando má qualidade, no entanto outras espécies não possuem a mesma restrição para esta variável.

A análise química é importante pelo motivo de que para a mesma espécie, a composição química do pescado pode variar devido a características ambientais, ou abundância e tipo de alimento disponível aos organismos (BRUSCHI, 2001).

A tabela 2 apresenta as variáveis pertencentes à Análise Química. Na tabela são apresentadas as propriedades de cada um dos compostos bem como a importância dos mesmos na análise química dos pescados.

*Tabela 2. Variáveis pertencentes à Análise Química*

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>
Carboidratos	Influenciam os resultados da análise sensorial e seu consumo é muito importante para o organismo humano (FERNANDES, 2000).
Proteínas	Segundo Ludorff e Meyer (1978), as proteínas são muito importantes na alimentação humana e são encontradas em altos teores nos pescados. Se forem submetidas a grandes alterações de temperatura alteram a umidade, a textura e o sabor dos pescados.
Lipídios	Alguns pescados possuem grande quantidade de lipídios que também são importantes para o consumo humano. No entanto, no processo de estocagem dos pescados é possível que haja oxidação dos lipídios, alterando suas propriedades e tornando o produto inapto para o consumo podendo causar dano à saúde humana, se consumidos nesta situação (LUDORFF e MEYER 1978).
Umidade	Segundo Kai (1988), a umidade ou quantidade de água encontrada no pescado industrializado pode influenciar o crescimento de bactérias, alterar o volume e o gosto do produto, entre outros aspectos, mascarando os resultados da análise sensorial sendo possível, até mesmo, causar reações químicas.
Resíduo Mineral	Segundo Fernandes (2000), os resíduos minerais são importantes para o organismo humano e facilmente encontrados nos pescados. Exemplos de resíduos minerais são: cálcio, fósforo, iodo, magnésio, sódio e potássio.
Cálcio	Encontrado em quantidade significativa nos pescados, o cálcio é a base da estrutura óssea do corpo humano, sendo necessário um consumo diário em torno de 1 g/dia (FERNANDES, 2000).

Continua



Continuação

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>
Fósforo	Está associado ao cálcio na estrutura óssea e muscular humana. É importante para a formação de uma dieta saudável e pode ser encontrado em abundância nos pescados (KAI, 1988).
Magnésio	Elemento vital aos seres humanos, sua ausência pode ocasionar sérios problemas de saúde. Os pescados são uma boa fonte desse mineral (FERNANDES, 2000).
Ureia	O pescado deve possuir um valor baixo de ureia para ser considerado bom para consumo, pois a ingestão de grande quantidade desse elemento por humanos pode causar intoxicações, apresentando reações como falta de coordenação muscular e convulsões (LUDORFF e MEYER, 1978).
Iodo	Essencial ao organismo do homem, o Iodo está distribuído em várias partes do corpo humano. Segundo Fernandes (2000), os peixes, os crustáceos, as algas e os moluscos marinhos são ricos neste mineral tornando-se uma interessante fonte produtora.
Hipoxantina	Esta substância indica o grau de frescor do pescado (KAI, 1988).
Histamina	Substância produzida no processo de decomposição do pescado que pode causar reações alérgicas nos consumidores (GERMANO, et al., 1998). Quanto menor o índice de histamina, mais fresco o pescado se encontra; a elevação do seu índice determina deterioração e decomposição do produto (FERNANDES, 2000).
Indol	Substância muito importante na caracterização de apodrecimento dos pescados (KAI, 1988).
BVT	As Bases Voláteis Totais são compostas por alterações microbianas do pescado causadas por aminas biogênicas. Se for consumido um valor alto de BVT, pode ocorrer uma intoxicação no indivíduo. As bases voláteis estão relacionadas diretamente com a decomposição do pescado (GERMANO et al., 1998).

Continua

Continuação

Variável	Descrição
PH	O nível de pH deve ser baixo e controlado. Este elemento pode ter sua quantidade alterada se aumentar o índice de fungos e leveduras na superfície exposta ao ar, causando deterioração do pescado e aumento do número de bactérias putrificativas. O índice de pH não deve ultrapassar 6,8 e normalmente se encontra próximo a 6 (OETTERER, [2003?]).

Conclusão

*Fonte: Autores*

A avaliação sensorial determina o grau de frescor do pescado. Este é o método de análise mais econômico, no entanto, esta avaliação pode indicar resultados subjetivos, sendo necessárias outras avaliações (química e microbiológica) para determinar com maior certeza a qualidade e o frescor dos pescados (KAI, 1988).

Segundo Fernandes (2000) e Ludorff e Meyer (1978), para ser executada a análise sensorial é preciso formar um grupo de pessoas que farão os experimentos tanto de tato, olfato, degustação e dos outros métodos aplicados. No entanto, no sistema desenvolvido, a análise sensorial tem um enfoque maior nos métodos de avaliação que não necessitem do toque no pescado ou da própria degustação, mas sim em meios que permitam analisar o produto visualmente. Isso ocorre porque, muitas vezes, o pescado não pode ser tocado ou degustado. Por exemplo, um mercado adquire lotes de pescados com as análises químicas e microbiológicas já realizadas e seus respectivos laudos acompanhando o produto comprado. Passam-se alguns dias e o gerente do mercado decide analisar o produto, o qual já está disposto nos locais visíveis aos clientes. Muitas vezes se torna inviável o gerente ficar tirando amostras dos lotes de pescado e degustá-lo. Este fato também pode ocorrer em uma empresa pesqueira que tenha capturado os peixes, realizado os testes químicos e microbiológicos e, antes de expor o produto a venda, decide avaliar a qualidade sensorialmente. Mesmo assim, serão incluídas no sistema opções de análise sensorial por degustação e pelo tato para que, se forem necessárias, estejam prontas para serem utilizadas.

Por esse motivo, serão apresentados os aspectos relevantes da análise sensorial, mas com um enfoque maior para os aspectos visuais. Segundo Agridata ([200-]), os aspectos que determinam sensorialmente a qualidade dos pescados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Aspectos que determinam sensorialmente a qualidade dos pescados

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>
Textura da Superfície	Musculatura resistente, ventre cilíndrico inalterado e não flácido.
Pele	Apresenta coloração variada e brilhante, de acordo com a espécie considerada. Peixes de tonalidades delicadas podem sofrer descoloração em contato com o gelo, não representando decomposição.
Brilho da Superfície	As escamas devem ser brilhantes e bem aderidas.
Guelras	Devem estar úmidas e intactas.
Umidade da Superfície	Quanto mais úmida a superfície estiver, maior o grau de frescor do pescado.
Brânquias	Devem ser vermelhas, de tonalidade variável, mais ou menos intensa, mas sempre brilhantes.
Sabor	É um item a ser analisado por cada indivíduo. As variações podem ser definidas como Muito Ruim, Ruim, Médio, Bom e Muito Bom.
Formato do Olho	Devem ser brilhantes e vivos, preenchendo a órbita por completo.
Odor	O cheiro do pescado fresco não causa mal estar; se não estiver mais fresco o odor torna-se forte e intenso causando incômodo à pessoa que está analisando o produto.

Fonte: Autores

O sistema desenvolvido neste trabalho pode ser implantado em empresas produtoras e em mercados. Nesses dois estabelecimentos normalmente não é possível degustar os pescados e, muitas vezes, nem tocá-los para evitar a contaminação pelo contato com o corpo humano. Portanto, a análise sensorial não pode ser empregada em todos os seus aspectos neste sistema, mas apenas nos aspectos visuais e olfativos. Um outro detalhe a ser considerado é que o sistema também poderá ser utilizado por usuários leigos que, por não possuírem conhecimento muito aprofundado sobre pescados, não sabendo responder as perguntas do sistema e, conseqüentemente, perderão o interesse por ele.

Sendo assim, baseado na bibliografia referenciada (LUDROFF e MEYER, 1978), (KAI, 1988) e em conjunto com o especialista determinou-se que a análise sensorial analisará os seguintes aspectos: peixes: cor dos olhos, umidade da superfície, brilho da superfície, sabor, textura e o odor; camarões: brilho da superfície, coloração e sabor; siris e caranguejos: sabor; e moluscos e bivalves: sabor e umidade da superfície.

### **3 Sistemas de informação**

Sistemas de Informação podem ser definidos de maneiras diferentes. Para Melo (1999) pode ser considerado SI todo sistema que possui informações de entrada com o objetivo de gerar informações de saída que satisfaçam as necessidades correspondentes. Segundo Laudon e Laudon (2004), um SI é um conjunto de componentes inter-relacionados que coleta, processa, armazena e distribui informações que podem influenciar na tomada de decisões da coordenação e controle de uma organização. Esse tipo de sistema pode ainda auxiliar os usuários a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novas oportunidades.

As organizações e os sistemas de informações precisam um do outro. Os sistemas fornecem informações importantes para as organizações e estas se beneficiam das tecnologias e se adaptam às transformações causadas pelos sistemas. Um SI possui informações estratégicas para uma empresa, como por exemplo, informações sobre um determinado local que a organização deseja incluir na sua área de mercado. Para que uma informação tenha importância relevante nas tomadas de decisão de uma empresa, ela precisa passar por três atividades de um SI:

- Entrada: é a coleta dos dados dentro de uma organização ou do ambiente externo a ela;
- Processamento: é a transformação dos dados coletados em informação significativa; e
- Saída: transfere as informações processadas às pessoas que lhe são necessárias.

No SI, é importante a existência de um *feedback* que retorne certas informações ou resultados para determinados membros específicos da organização.(LAUNDON e LAUDON, 2004).

## 4 Inteligência Artificial

A inteligência artificial possui muitas definições diferentes. Cada autor que escreve sobre o assunto defende sua concepção sobre o verdadeiro sentido dessa ciência. Baseando-se nas bibliografias pesquisadas foram selecionadas algumas definições que merecem destaque:

- Segundo Cairo (2000), a Inteligência Artificial é o estudo que possibilita a criação de máquinas capazes de realizar atividades mentais próprias do ser humano e, além disso, estas máquinas podem ser usadas para realizar tarefas que não são seguras ao homem ou são muito complexas. A IA permite que conhecimentos sejam compartilhados sem a necessidade de consultas a especialistas. IA é o campo de conhecimento onde se estudam sistemas capazes de reproduzir algumas das atividades mentais humanas;
- IA é o resultado da aplicação de técnicas e recursos não numéricos solucionando problemas que exigiriam do ser humano raciocínio e perícia (RABUSKE, 1995); e
- Segundo Laudon e Laudon (2001), IA é o esforço para desenvolver *softwares* que resolvam situações de maneira semelhante aos seres humanos.

### 4.1 Técnicas de IA Utilizadas no Desenvolvimento do Sistema

O sistema desenvolvido trabalha com várias regras e limites de variáveis com determinadas tolerâncias, sendo necessária a construção de árvores de decisão para que o software possa avaliar o pescado corretamente e exibir um diagnóstico válido. Para isso é necessário utilizar as técnicas de Sistema Especialista para tratamento dos dados referentes às análises químicas e biológicas e, também, a utilização da

lógica *fuzzy* para tratamento dos dados provenientes da análise sensorial, pois esta não possui apenas dois valores como certo e errado, mas possui um grau de pertinência para identificar o índice de qualidade.

#### **4.1.1 Sistema Especialista**

Segundo Fernandes (2003), um Sistema Especialista (SE) representa o conhecimento adquirido ao longo de um certo período por um especialista que fornecerá informações auxiliando no desenvolvimento do sistema. Essa técnica deve ser utilizada quando um problema a ser resolvido de maneira computacional é muito complexo e quando existe uma grande quantidade de conhecimento específico do domínio sobre como resolvê-lo. Um SE pode assistir a uma tomada de decisão interagindo com o usuário, fazendo perguntas e explicando as razões que o levaram a realizar uma determinada ação (REZENDE, 2003).

Segundo Fernandes (1996 *apud* FERNANDES, 2003), um sistema especialista é composto por cinco partes: Base de conhecimento: local onde são armazenadas as regras e os fatos utilizados com inferência do especialista humano; Máquina de inferência: mecanismo que busca as respostas na base do conhecimento tem como funções principais a inferência e o controle; Subsistema de aquisição de conhecimento: é o local utilizado para a inserção de novos conhecimentos e adquiridos, edição dos antigos e eliminação dos que não forem mais interessantes para o sistema; Subsistema de explicação: é a parte do sistema especialista encarregada de apresentar ao usuário a linha de raciocínio que o especialista utilizou para chegar à determinada conclusão; e Interface do usuário: é a parte do sistema que faz a iteração entre o usuário e a máquina, solicitando informações e apresentando os resultados.

#### **4.1.2 Lógica Fuzzy**

Segundo Melo (1999), a lógica *fuzzy* é bastante utilizada em sistemas de apoio à decisão, além disso é prática de ser implementada, razões que levam esta técnica de IA a ser uma das mais usadas. Lógica *fuzzy* utiliza variáveis linguísticas na representação do conhecimento possibilitando a imprecisão. Variáveis linguísticas são utilizadas para representar de modo impreciso um determinado conceito do problema, exemplos de variáveis linguísticas são: frio, quente, alto,

pequeno, baixo, grande, médio, etc. A lógica *fuzzy* se baseia em regras e possui tolerâncias, de modo que possa resolver problemas antes sem solução. O modo de funcionamento é bastante aproximado do modo de pensar das pessoas, porque avalia vários aspectos antes de tomar uma decisão.

Um conjunto *fuzzy* é caracterizado por possuir uma função de pertinência que associa a cada elemento do conjunto um número real em um determinado intervalo. A representação dos conjuntos *fuzzy* é baseada na natureza e na dimensão do universo. Um conjunto *fuzzy* é como uma extensão da teoria tradicional dos conjuntos (FERNANDES, 1995).

Os conjuntos *fuzzy* tratam seus elementos de forma que as variáveis recebam termos como alto, baixo, médio, gordo, magro, etc e adiciona a cada um dos elementos um determinado valor chamado grau de pertinência.

Grau de Pertinência é o valor que a lógica *fuzzy* adiciona aos elementos de um conjunto *fuzzy*, quantificando a significância de um elemento no conjunto estabelecido (REZENDE, 2003). Este valor é determinado por uma função de pertinência.

A teoria clássica dos conjuntos determina que, se um elemento não pertence a um conjunto, sua função de pertinência assume valor 0. Se o elemento pertence ao conjunto a função de pertinência assume valor 1. Na lógica *fuzzy*, a função de pertinência é uma generalização da função característica, ela não possui um formato simples e tende a ser triangular ou trapezoidal (FERNANDES, 1995).

Segundo Fernandes (1995), a função de pertinência possui algumas características peculiares: Centro da Função: é a região do universo que possui os elementos com  $\mu(x)=1$ ; Suporte: é a região do universo formada por elementos que possuem  $\mu(x) \neq 0$ ; Fronteiras: são as regiões do universo onde os elementos possuem  $\mu(x)>0$  e  $\mu(x)<1$ ; Normalização: quando um conjunto possui pelo menos um elemento com  $\mu(x)=1$  ele é normalizado, se não possui nenhum elemento com este valor, pode-se forçar uma normalização dividindo o grau de pertinência de cada elemento pelo maior valor de pertinência encontrado no conjunto; e Convexidade: um conjunto convexo é aquele onde os elementos possuem grau de pertinência monotômico crescente ou decrescente.

A principal característica da lógica *fuzzy* é tentar resolver problemas de forma imprecisa como muitas soluções humanas, portanto, a maneira de representar o conhecimento *fuzzy* é parecido com a maneira humana, onde é estruturado um conhecimento de conceitos gerais e suas relações, em seguida cria-se uma classificação em categorias ou conjuntos de soluções possíveis. Esse procedimento implica na criação de conjuntos classificados com termos imprecisos, conhecidos como variáveis linguísticas (REZENDE, 2003).

As variáveis linguísticas representam a imprecisão de um problema. Elas exprimem valores como alto, baixo, médio, rápido, lento, etc. Segundo Rezende (2003), um termo primário de uma variável linguística pode ser representado por um conjunto *fuzzy* no universo em que a variável está definida. Cada um destes conjuntos é associado a um conceito linguístico que determina valores imprecisos para a variável analisada. Um elemento do universo possui um grau de pertinência em um conjunto *fuzzy* determinado por  $\mu(x)$ . Os termos primários formam a partição *fuzzy* de uma variável. O comportamento do sistema *fuzzy* é definido pela utilização das variáveis linguísticas que dependem da definição das propriedades sintáticas e semânticas, e estas determinam o formato em que as informações serão armazenadas. A base de conhecimento que será criada depende das informações armazenadas.

## 5 Software Desenvolvido

O *software* desenvolvido utiliza os dados gerados pelo cruzamento das três análises e indica se o pescado possui um nível de qualidade que permite o seu consumo ou não. Para desenvolver este sistema as seguintes etapas foram realizadas:

- Criação de duas tabelas de parâmetros para avaliação da qualidade dos pescados com determinação dos limites máximos e mínimos. Uma tabela com as variáveis químicas e a outra com as variáveis microbiológicas;
- Levantamento e estudo dos aspectos sensoriais que possuem importância no sistema, auxiliando a avaliação da qualidade dos produtos pesqueiros;



- Definição das técnicas de inteligência artificial utilizadas no desenvolvimento do sistema. Também foi elaborado o módulo inteligente do sistema com as árvores de decisão e as funções de pertinência;
- Modelagem do sistema, com o desenvolvimento do diagrama de classes, diagrama use-case, dos diagramas de sequências, diagramas de atividades e projeção das telas do sistema. Além disso, foi elaborado um dicionário de dados que, baseado no diagrama de classes, apresenta as tabelas necessárias para o desenvolvimento e funcionamento do sistema, além de informações como tipo e tamanho de cada atributo;
- A construção do banco de dados do sistema foi realizada com a utilização da ferramenta MySQL seguindo o modelo apresentado no diagrama de classes; e
- A implementação do sistema realizou-se utilizando a linguagem de programação PHP.

O banco de dados permite que as informações inseridas no sistema fiquem armazenadas para eventuais consultas e participação no conteúdo de diagnósticos fornecidos aos usuários. Segundo Anselmo (2000), o MySQL é um servidor de banco de dados simples para ser utilizado, por deixar as tarefas de controle de relacionamento entre as tabelas para a aplicação desenvolvida. Isto também proporciona uma maior velocidade, tornando o MySQL um dos bancos de dados mais rápidos, sendo excelente para ser usado em aplicações web. Este foi um dos principais motivos da escolha do MySQL como ferramenta de banco de dados. Além disso, o MySQL é um servidor de banco de dados multitarefa e multiusuário que oferece recursos não existentes em outros servidores, possuindo boa integração com o PHP (*Personal Home Page*).

Para o desenvolvimento do sistema foi utilizada a linguagem de programação PHP. Esta é uma linguagem em forma de *script* que permite a criação de páginas *web* dinâmicas e, como toda linguagem de programação, o PHP permite a declaração de variáveis, utilização de funções, execução de loops e utilização dos mais variados recursos de programação. Ela é executada em um servidor *web* que analisa as requisições recebidas e, quando descobre que é uma página PHP, transforma-a

em uma página HTML (*HiperText Markup Language*) possibilitando que o PHP seja compatível com qualquer ambiente de cliente (ANSELMO, 2000). Um dos maiores motivos que levou à escolha do PHP como linguagem de desenvolvimento é que ele pode ser obtido gratuitamente no *site* www.php.net, sendo compatível com muitos tipos de banco de dados.

## 6 Modelagem

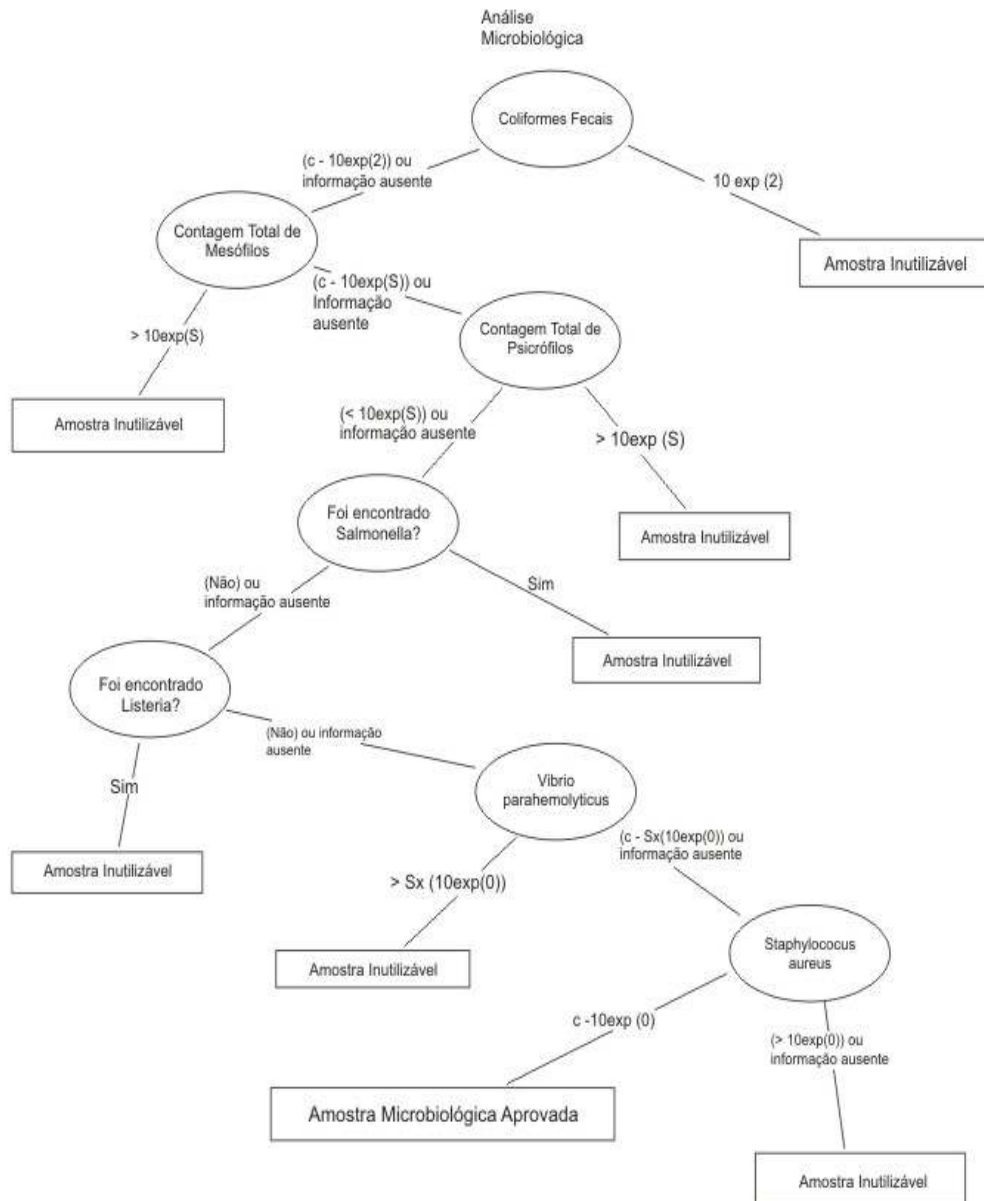
A modelagem do sistema foi feita com a utilização da ferramenta Enterprise Architect versão 4.0 que permite modelar todo o sistema seguindo as orientações da UML (*Unified Modelling Language*). A modelagem se divide em duas partes: modelagem do módulo inteligente do sistema que apresenta as informações necessárias sobre a parte que faz uso das técnicas de IA; a outra parte é constituída pela modelagem do sistema desenvolvido, que o compreende como um todo, apresentando o banco de dados e os diagramas de *use-case*, classes, sequência e atividades. Além dos diagramas, também é exibido o dicionário de dados do sistema.

### 6.1 Modelagem do Módulo Inteligente do Sistema

Esta seção do trabalho trata das técnicas de IA utilizadas no sistema. Para uma correta interpretação dos resultados das análises realizadas nos lotes cadastrados, o sistema utiliza duas técnicas de inteligência artificial: sistema especialista e lógica *fuzzy*. A primeira é utilizada nas análises química e microbiológica; a segunda é utilizada para interpretar a análise sensorial.

A figura 1 apresenta a árvore de decisão da análise microbiológica dos pescados. Esta árvore indica o caminho seguido pelo sistema. Se alguma variável possuir valor fora dos limites permitidos, a análise é interrompida e é apresentado o diagnóstico gerado, com a mensagem Amostra Inutilizável. Se a análise de uma determinada amostra não possuir alguma das informações solicitadas, a árvore se torna flexível, fazendo com que o caminho seja percorrido normalmente e a avaliação microbiológica prossiga. Isso é possível porque o sistema interpreta as informações que não são inseridas como ausente.

Figura 1. Árvore de decisão da análise microbiológica dos pescados  
 ud Análise Microbiológica



Fonte: Autores

A árvore de decisão da análise química indica o caminho seguido pelo sistema no tratamento dos dados químicos. Assim como na análise microbiológica, se alguma variável possuir valor fora dos limites permitidos, a análise é interrompida e é apresentado o diagnóstico gerado, com a mensagem Amostra Inutilizável. No entanto, existem exceções. Se as variáveis cálcio, fósforo ou magnésio receberem valores superiores aos limites padronizados, a análise continua normalmente. Isto ocorre pelo fato de que estes três elementos, mesmo com índices altos, não implicam prejuízos à saúde humana.

Se a análise de uma determinada amostra não possuir alguma das informações solicitadas, a árvore se torna flexível, fazendo com que o caminho seja percorrido normalmente e a avaliação química prossiga. Isso é possível porque o sistema interpreta as informações que não são inseridas como ausente. Esta flexibilidade pode ser verificada na representação gráfica da árvore química e nas regras de produção.

No sistema desenvolvido neste trabalho, a lógica *fuzzy* é utilizada para interpretar os dados das análises sensoriais realizadas. Algumas espécies possuem aspectos diferentes a serem avaliados sensorialmente. A seguir estão descritos os aspectos avaliados e as variáveis linguísticas associadas aos tipos de espécies que o sistema avalia, bem como suas funções de pertinência. A representação dos conjuntos *fuzzy* que são considerados no sistema é triangular, portanto a fórmula para calcular as funções de pertinência é  $f(x)=ax+b$ . (Tabela 4).

Tabela 4. Tabela das informações que serão utilizadas na análise sensorial dos peixes

<b>Aspecto Avaliado</b>	<b>Variáveis Linguísticas</b>	<b>Funções de Pertinência</b>
Umidade da Superfície	Seca	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Umidade da Superfície	Média	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Umidade da Superfície	Úmida	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = 1$ se $x > 3$

Continua

Continuação

<b>Aspecto Avaliado</b>	<b>Variáveis Linguísticas</b>	<b>Funções de Pertinência</b>
Textura	Fofa	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Textura	Levemente Fofa	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Textura	Tensa	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = 1$ se $x > 3$
Cor dos Olhos	Amarelo	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Cor dos Olhos	Dourado	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Cor dos Olhos	Prateado	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = -x + 4$ se $x > 3$
Cor dos Olhos	Branco	$f(x) = x - 3$ se $x < 4$ ; $f(x) = 1$ se $x = 4$ ; $f(x) = 1$ se $x > 4$
Brilho da Superfície	Sem Brilho	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Brilho da Superfície	Médio	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Brilho da Superfície	Brilhante	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = 1$ se $x > 3$
Sabor	Muito Ruim	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Sabor	Ruim	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Sabor	Médio	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = -x + 4$ se $x > 3$
Sabor	Bom	$f(x) = x - 3$ se $x < 4$ ; $f(x) = 1$ se $x = 4$ ; $f(x) = -x + 5$ se $x > 4$
Sabor	Muito Bom	$f(x) = x - 4$ se $x < 4$ ; $f(x) = 1$ se $x = 5$ ; $f(x) = 1$ se $x > 5$

Continua

Continuação

<b>Aspecto Avaliado</b>	<b>Variáveis Linguísticas</b>	<b>Funções de Pertinência</b>
Odor	Provoca Enjôos	$f(x) = x$ se $x < 1$ ; $f(x) = 1$ se $x = 1$ ; $f(x) = -x + 2$ se $x > 1$
Odor	Médio	$f(x) = x - 1$ se $x < 2$ ; $f(x) = 1$ se $x = 2$ ; $f(x) = -x + 3$ se $x > 2$
Odor	Fresco	$f(x) = x - 2$ se $x < 3$ ; $f(x) = 1$ se $x = 3$ ; $f(x) = 1$ se $x > 3$

Conclusão

Fonte: Autores

No cadastro de análise sensorial, é utilizada lógica *fuzzy*. Essa lógica fica transparente para o usuário, ou seja, ele não percebe que existe uma técnica de inteligência artificial agindo. Para que isso seja possível, cada variável possuirá um valor de limite. Este limite é informado ao usuário e este deve digitar um número que esteja entre os valores limitantes. O número informado ao sistema será transformado através das funções de pertinência em grau de certeza, que é um número entre 0 e 1. Após o usuário informar os valores, e o sistema tratá-los, será determinado o grau de pertinência de qualidade da espécie avaliada. O sistema analisa todas as variáveis e calcula o valor mínimo dos graus de pertinência de cada uma delas. O valor resultante será o grau de certeza da qualidade da espécie determinada. A seguir pode ser acompanhado um exemplo de como o sistema trata as informações que o usuário inclui:

- O usuário informa um lote de peixes para ser analisado sensorialmente;
- O sistema solicita que o usuário informe um valor entre 0 e 3 para a variável umidade da superfície, indicando que 0 significa seca e 3 úmida;
- O usuário informa o número;
- O sistema valida o número e caso não esteja entre 0 e 3, fará nova solicitação;
- Se o número é válido, é verificado qual a função de pertinência que se aplica a este caso. Por exemplo, se o número digitado for 2,8, o sistema analisará todas as funções, e utilizará o resultado da função que gerar o maior grau

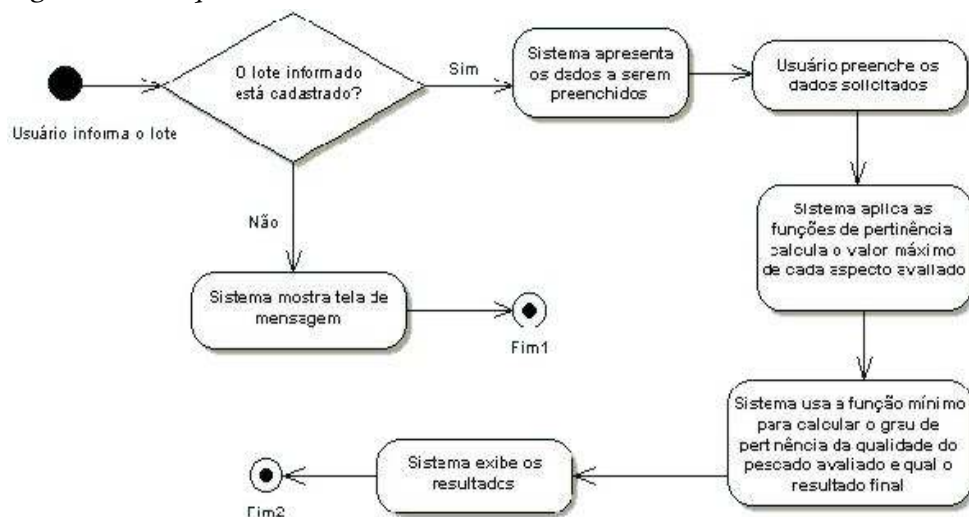
de pertinência. Neste exemplo, o número se adaptaria às funções  $f(x) = -x+2$  se  $x > 1$ ,  $f(x) = -x+3$  se  $x > 2$  e  $f(x) = x-2$  se  $x < 3$ . A primeira função informará como resultado o valor  $-0,8$ . A segunda função irá gerar o valor  $0,2$ . E através da terceira função é possível obter o valor de  $0,8$ . Com isto, conclui-se que a função a ser considerada é a terceira, pois informou como resultado o maior valor. Sendo assim, o sistema indicará que, em relação a umidade da superfície, a qualidade do pescado analisado é Úmida, com grau de pertinência  $0,8$  ou o pescado está  $80\%$  úmido;

- Continuando a avaliação, será analisada a textura. Para esta variável será solicitado um número entre  $0$  e  $3$ , indicando  $0$  para textura fofa e  $3$  para textura tensa;
- O usuário informa o número. Por exemplo  $1,7$ . Novamente o sistema analisará as funções de pertinência verificando a qual função se adapta melhor e escolherá a que informar um resultado com maior grau de pertinência. Em nosso exemplo a função que melhor se adapta é  $f(x) = x-1$  se  $x < 2$  com resultado  $0,7$ . Isso indica que o pescado possui uma textura classificada como  $70\%$  Levemente Fofa;
- Em seguida, o sistema solicita ao usuário que informe um número entre  $0$  e  $4$  para cor dos olhos. Por exemplo,  $3,6$ . O sistema analisará novamente qual a função de pertinência que melhor se adapta ao número informado. Neste caso a função é  $f(x) = -x+4$  se  $x > 4$  com resultado  $0,6$ . Isto significa que o pescado possui a cor dos olhos  $60\%$  Branco;
- Após disso, o sistema solicita ao usuário que informe um número entre  $0$  e  $3$  para Brilho da Superfície. Por exemplo,  $2,7$ . O sistema analisará novamente qual a função de pertinência que melhor se adapta ao número informado. Neste caso a função é  $f(x) = x-2$  se  $x < 3$  com resultado  $0,7$ . Isto significa que o pescado possui Brilho da Superfície  $70\%$  Brilhante;
- Em continuação à avaliação, o sistema solicita ao usuário que informe um número entre  $0$  e  $5$  para sabor. O usuário informa por exemplo, o número  $4,2$ . O sistema analisará novamente qual a função de pertinência que melhor se adapta ao número informado. Neste caso a função é  $f(x) = x-3$  se  $x < 4$  com resultado  $0,8$ . Isto significa que o pescado possui sabor  $80\%$  Bom;

- E, por último, terminando a avaliação, é solicitado ao usuário um número entre 0 e 3 para odor. Por exemplo, 2,0. O sistema analisará novamente qual a função de pertinência que melhor se adapta ao número informado. Neste caso a função é  $f(x) = 1$  se  $x=2$  com resultado 1. Isto significa que o pescado possui o odor 100% Médio; e
- Para chegar a um resultado final da qualidade do pescado avaliado, o PAQPesc procura o valor mínimo entre os resultados de cada aspecto. No nosso exemplo o sistema realizará o cálculo do valor mínimo entre: úmida (0,8), levemente fofa (0,7), branco (0,6), brilhante (0,7), bom (0,8) e médio (1). Com estes resultados, o sistema calcula o mínimo de todos os graus de pertinência obtidos e gera um grau de pertinência para a qualidade do pescado. Também é calculado o nome da variável linguística que indica o resultado final da qualidade do pescado. Este cálculo na verdade é uma sequência de testes condicionais com os graus de pertinência informados anteriormente. Seguindo os exemplos citados, o grau de pertinência da qualidade do pescado avaliado será 0,6 Médio ou pescado com 60% de qualidade Média.

Nas figuras 2 e 3, podem ser observadas as fases que o sistema executa na tela de consulta de lotes, para interpretar os dados e apresentar os resultados da qualidade do pescado utilizando para isso lógica *fuzzy*.

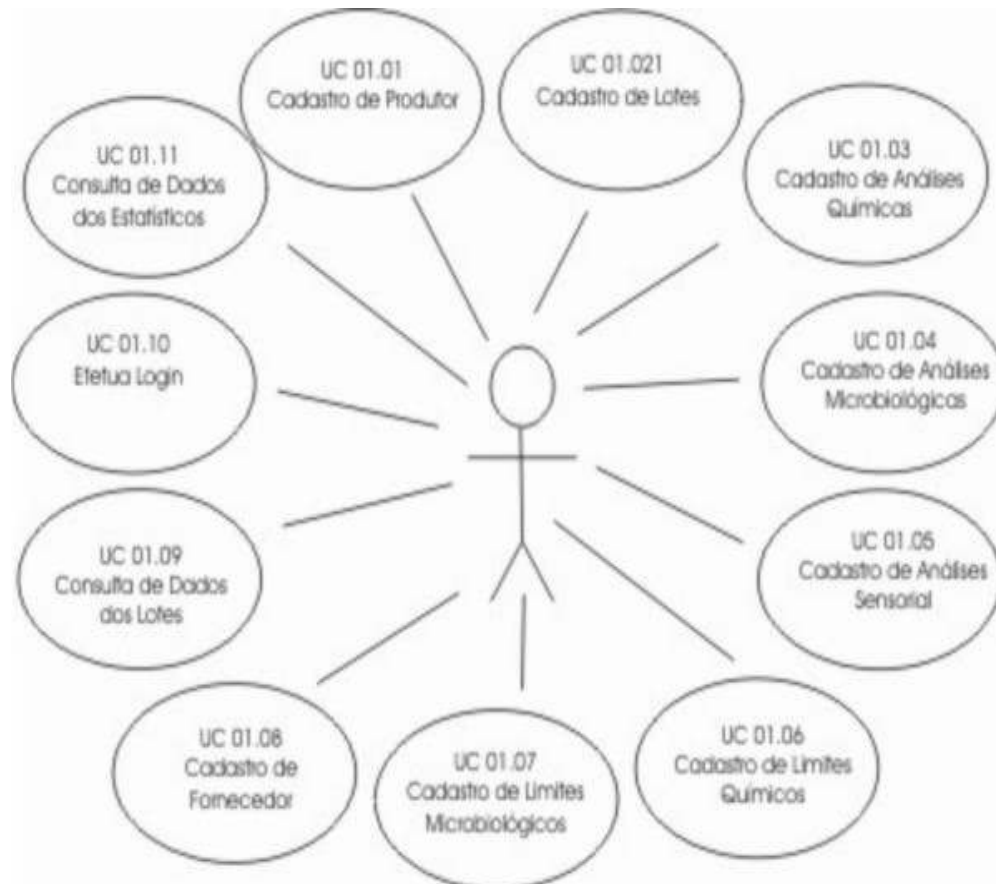
Figura 2. Fases que o sistema executa na tela de consulta de lotes



Fonte: Autores



Figura 3. Fases que o sistema executa na tela de consulta de lotes

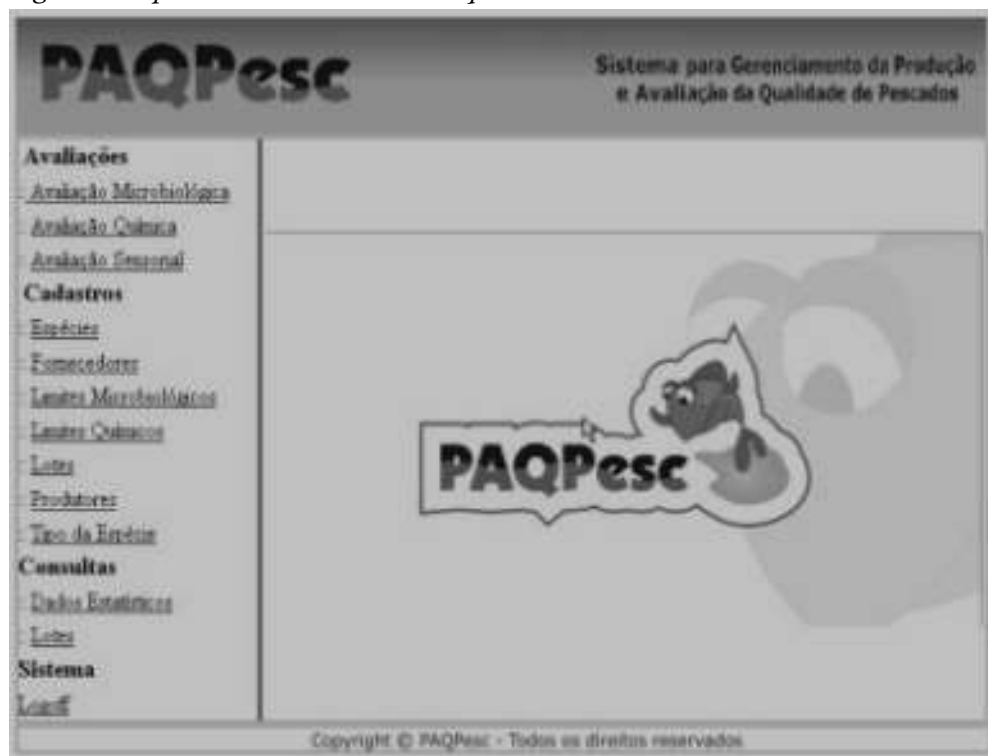


Fonte: Autores

## 6.2 Funcionamento do sistema

Para um completo entendimento do PAQPesc, esta seção apresenta como o usuário pode utilizar o sistema corretamente e apresenta as telas existentes. Quando o sistema é aberto, o software apresenta a tela representada na figura 4. Nela, o usuário tem acesso a todas as outras telas do sistema, e pode navegar de maneira aleatória, ou seja, não existe uma sequência a ser seguida pelo usuário.

Figura 4. Aspectos da tela do software quando o sistema é aberto



Fonte: Autores

A seguir são apresentadas as ações necessárias para que um usuário cadastre um tipo de espécie. O usuário deve possuir *login* e senha já determinada na instalação do sistema, de forma que ele possa efetuar a autenticação e iniciar a utilização cadastrando os tipos das espécies que serão avaliadas. Para isso, basta que seja ativado o item Tipo da Espécie no menu lateral. Em seguida será exibida a tela representada na figura 5. A seguir, é necessário que seja digitado o tipo da espécie e que seja pressionado o botão Gravar Dados, caso queira armazenar este registro no banco de dados do sistema. Caso queira apagar o que digitou, o botão Limpar deve ser pressionado. O botão Excluir permite que o usuário apague os dados armazenados no banco de dados quando ele achar que não é mais necessário mantê-los. Esta tela também permite fazer consultas de tipos de espécie, para isso, é necessário que se digite a primeira ou as primeiras letras do tipo desejado e que se ative o botão Buscar. O sistema irá apresentar o registro mais semelhante com as letras inseridas na busca.

Figura 5. Tela referente ao tipo de espécie

**PAQPesc** Sistema para Gerenciamento da Produção e Avaliação da Qualidade de Pescados

**Avaliações**  
 - Avaliação Microbiológica  
 - Avaliação Química  
 - Avaliação Sensorial

**Cadastros**  
 - Espécies  
 - Fornecedores  
 - Limites Microbiológicos  
 - Limites Químicos  
 - Lotes  
 - Produtores  
 - Tipo da Espécie

**Consultas**  
 - Dados Estatísticos  
 - Lotes

**Sistema**  
 - Logout

**Cadastro do Tipo de Espécies**

Os tipos de espécies já cadastrados podem ser visualizados na caixa ao lado. Para alterá-los, basta selecionar o tipo desejado e clicar no botão **Buscar**.

Camarão

**Buscar**

Tipo da Espécie:

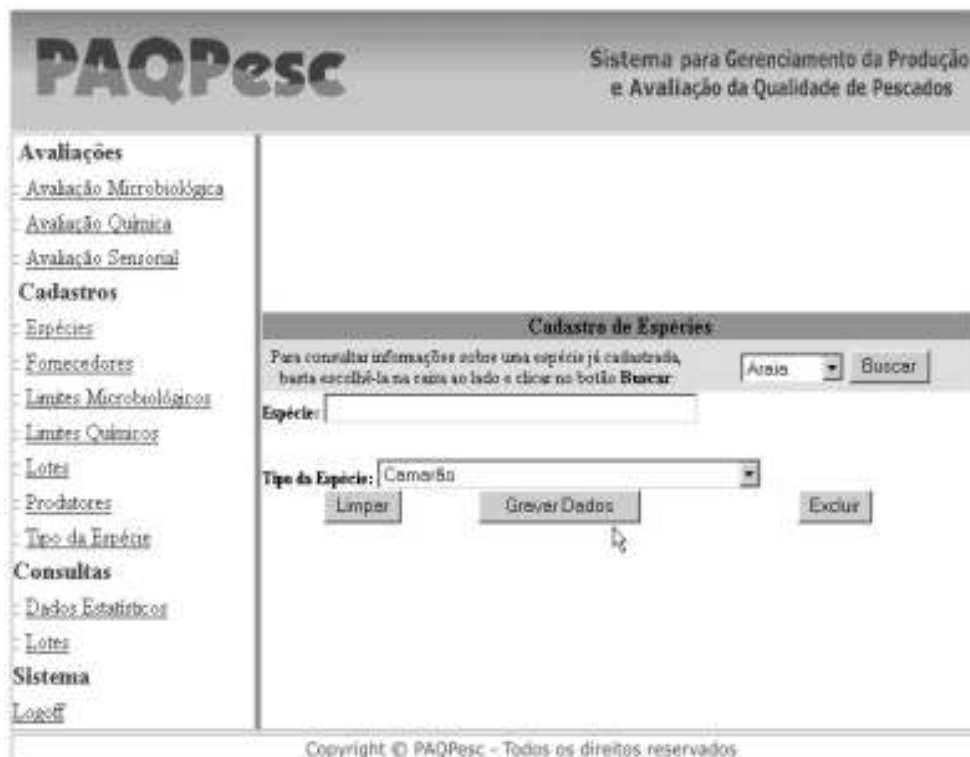
**Limpar** **Gravar Dados** **Excluir**

Copyright © PAQPesc - Todos os direitos reservados

Fonte: Autores

Um usuário que possua *login* e senha, pode cadastrar espécies. Para isso, basta que seja ativado o item *Espécies* no menu lateral. Em seguida será exibida a tela apresentada na figura 6. Após, é necessário que seja digitado o nome da espécie, e indicado o tipo da espécie. Apesar de os limites químicos e microbiológicos das espécies serem armazenados na própria tabela espécie, eles são cadastrados em telas diferentes, que são apresentadas nas telas seguintes.

Figura 6. Tela do software para o cadastro de espécie



Fonte: Autores

Um fornecedor é uma empresa que vende os pescados para a empresa que está utilizando o PAQPesc. Um usuário que possua *login* e senha, pode cadastrar fornecedores. O procedimento correto para o cadastro de fornecedores é clicar no item Fornecedores no menu lateral. A seguir, é necessário que o usuário insira os dados do fornecedor e utilize os botões existentes na tela para realizar a ação desejada.

Um produtor é uma empresa que produz e muitas vezes também vende os pescados para a empresa que está utilizando o PAQPesc. Um usuário que possua *login* e senha, pode cadastrar produtores. O procedimento para o cadastro de produtores é clicar no item Produtores no menu lateral. A seguir, é necessário que o usuário insira os dados do produtor e utilize os botões existentes na tela para realizar a ação desejada.

Quando a empresa utilizadora do PAQPesc compra os produtos pesqueiros para vender, ela os adquire em lotes. Os lotes contêm informações

como data de pesca e local, além de indicarem quem são os produtores e fornecedores, para eventuais consultas. O cadastro do lote é importante, pois sem ele não é possível cadastrar o resultado das análises de qualidade. Para realizá-lo, é necessário um usuário com identificação no sistema. Este precisa clicar no item Lotes no menu lateral.

Os limites químicos de uma espécie são cadastrados na tela própria e, para acessá-la, o usuário precisa estar habilitado no sistema e deve clicar sobre o item Limites Químicos no menu lateral. Os dados inseridos nesta tela, serão armazenados na tabela espécie. Portanto, quando o usuário desejar cadastrar um limite químico, é necessário que a espécie à qual os limites se referem já esteja cadastrada.

Os limites microbiológicos de uma espécie são cadastrados na tela própria e, para acessá-la, o usuário precisa estar habilitado no sistema e deve clicar sobre o item Limites Microbiológicos no menu lateral. Os dados inseridos nesta tela, serão armazenados na tabela espécie. Portanto, quando o usuário desejar cadastrar um limite químico, é necessário que a espécie à qual os limites se referem já esteja cadastrada.

As análises químicas de uma espécie devem ser cadastradas após o registro desta espécie no sistema e também após o registro do lote a ser avaliado. Ao escolher no menu lateral a opção Avaliação Química, uma tela é exibida. O usuário deve estar identificado no sistema para poder fazer a inclusão dos dados. Esses dados são inseridos no banco de dados e, quando é executada uma consulta de lotes, o sistema os utiliza para analisar a qualidade do pescado e formar um diagnóstico químico do lote avaliado.

As análises microbiológicas de uma espécie devem ser cadastradas após o registro desta espécie no sistema e também após o registro do lote a ser avaliado. Ao escolher, no menu lateral, a opção Avaliação Microbiológica uma tela é apresentada. O usuário deve estar identificado no sistema para poder fazer a inclusão dos dados. Estes dados são armazenados no banco de dados do sistema e, quando é solicitada uma consulta de lotes, o sistema os utiliza para analisar a qualidade do pescado e formar um diagnóstico microbiológico do lote avaliado.

As análises sensoriais de uma espécie devem ser cadastradas após o registro dessa espécie no sistema e também após o registro do lote a ser avaliado. Ao escolher no menu lateral a opção Avaliação Sensorial uma tela é exibida. O usuário não precisa estar logado no sistema para poder fazer a inclusão dos dados sensoriais. Estes dados são gravados no banco de dados e, quando é solicitada uma consulta de lotes, o sistema os utiliza para analisar a qualidade do pescado e formar um diagnóstico químico do lote avaliado.

Na tela de consulta de dados estatísticos é possível informar o lote que se deseja avaliar e que já está armazenado no sistema e solicitar uma consulta onde o sistema apresenta o fornecedor do referido lote e informa o percentual de vezes que houve problemas com os lotes adquiridos desse fornecedor. Para utilizar esta tela, o usuário não precisa estar identificado no sistema.

Na tela da consulta de lotes, é possível informar o lote que se deseja avaliar e que já está armazenado no sistema e solicitar uma consulta. Nesta tela, o usuário pode escolher qual das três análises deseja incluir no diagnóstico final ou, se desejar, pode ainda escolher as três opções ou qualquer combinação entre elas. O PAQPesc se encarrega de analisar as avaliações armazenadas no banco de dados que possuam o mesmo número de lote e retornará um diagnóstico que será exibido na tela.

## **7 Testes e Validação**

Foi realizado um teste para avaliar a ergonomia do software, com base nos critérios de Bastien e Scarpin (1993 apud ARANHA, 2004). Além desse teste, o sistema foi validado por um especialista biotecnológico. A seguir, tem-se o detalhamento do teste ergonômico e a validação do sistema.

### **7.1 Teste Ergonômico**

O sistema foi testado ergonomicamente através de um questionário entregue a diversos usuários. Entre as pessoas que avaliaram o sistema, estavam usuários totalmente leigos e usuários que possuíam conhecimento sobre a funcionalidade

e o objetivo do sistema. O teste foi aplicado entre os dias 27 de outubro de 2004 e 01 de novembro de 2004. Nesse período, 45 pessoas utilizaram e testaram a ergonomia e a usabilidade do *software*. Ao responder o questionário as pessoas se identificaram e indicaram também o grau de instrução, porque foi aplicado a diversas faixas etárias e de escolaridade. A importância da escolaridade e da faixa etária é relacionada ao conhecimento que os usuários possuem sobre pescado. A grande maioria eram adolescentes e do sexo feminino. A seguir são apresentados os dados coletados do teste:

- Dos 45 usuários, 21 eram do sexo masculino e 24 do sexo feminino; 27 usuários tinham idade inferior a vinte anos; os outros dezoito possuíam vinte anos ou mais; quanto à escolaridade cinco estavam entre a 5ª e a 8ª séries, dez possuíam o 2º grau em andamento, cinco possuíam o 2º grau completo, vinte estavam cursando o superior e apenas cinco usuários possuíam curso superior completo;
- Na primeira pergunta, que verificava a existência de títulos bem destacados na parte superior de cada página do sistema, 41 usuários responderam que estavam bem destacados, outros quatro indicaram que não;
- Quanto à existência de informação indicando como digitar um dado no sistema, como por exemplo, \_\_/\_\_/20\_\_, o resultado foi sim por todos os usuários;
- A pergunta que avaliou a existência de algum elemento específico para entrada de dados como o sinal gráfico “:” obteve sim como resposta por todos os usuários;
- A pergunta a navegação do sistema é fácil? trouxe como resposta sim por todos os usuários; o mesmo aconteceu ao responderem não à pergunta: você encontrou dificuldades para utilizar o PAQPesc?; a avaliação do menu de opções, obteve resposta unânime como sim, indicando que está bem organizado;
- Os usuários foram questionados quanto ao conjunto de cores utilizado, onde 39 responderam que foi escolhido adequadamente, e outros seis indicaram que não. Dos seis que responderam não, quatro indicaram

que a cor predominante deveria ser azul, por se tratar de um software que analisa produtos pesqueiros; e a última pergunta, que analisou os destaques de títulos e subtítulos, obteve resposta de 42 pessoas como sim, indicando que o destaque era suficiente e outras três como não.

## 7.2 Validação do Sistema

A validação do sistema foi realizada pelo especialista que auxiliou o desenvolvimento do sistema e por pessoas ligadas ao ramo biotecnológico. Eles utilizaram o sistema e responderam as questões solicitadas com um grau de satisfação onde 1 é o mínimo e 5 o valor máximo. As questões e as respostas dos usuários que validaram o sistema são apresentadas a seguir:

- As variáveis químicas que o sistema aborda são suficientes para a análise da qualidade? Que outras variáveis você poderia indicar? Para estas perguntas, os usuários concordaram e apontaram estas variáveis como suficientes;
- As variáveis microbiológicas que o sistema aborda são suficientes para a análise da qualidade? Que outras variáveis você poderia indicar? Foi sugerida a inclusão da variável coliformes totais;
- Os aspectos sensoriais que o sistema aborda são bastante relevantes e de fácil análise? Para esta pergunta, foram sugeridas modificações na avaliação dos peixes, alterando o aspecto cor dos olhos para o formato dos mesmos. Também sugeriram alterações nas abordagens das variáveis de forma que o sistema possua um objetivo melhor definido, oportunizando ao usuário mais facilidade em responder as perguntas;
- O sistema interpreta os dados e mostra os resultados rapidamente? Os usuários responderam esta pergunta afirmando que o sistema é rápido. Vale considerar para esta questão que não foram avaliados os aspectos relativos a web. Tal análise ficará para um próximo momento.
- As informações apresentadas na consulta de lotes, onde é possível selecionar o tipo de análise a ser incluída no diagnóstico que o sistema



gera, são suficientes? A resposta das pessoas que validaram o sistema foi sim;

- O sistema atende suas expectativas? As expectativas foram atendidas, mas muitas melhorias ainda podem ser implementadas no sistema visando melhorias na interface e na integração com o usuário comum. Vale ressaltar que, para os usuários em geral, o sistema atendeu as expectativas sem problemas, porém por parte dos especialistas alguns ajustes de interface e de performance tiveram que ser feitos para atender as necessidades da maioria; e
- O software realiza o que foi proposto a fazer? O sistema construído realmente trata as informações corretamente e possibilita que os objetivos traçados no início do projeto sejam alcançados.

## 8 Conclusões

Uma das características mais importantes do software desenvolvido é a capacidade de permitir que os limites microbiológicos e químicos sejam alterados, ou seja, aceitem valores fora do limite inicialmente estabelecido. Isso permite que uma empresa trabalhe com um nível de qualidade maior do que o exigido pelas regras.

Como foi possível observar na seção de testes os objetivos previstos para este trabalho foram prontamente alcançados e a correta funcionalidade do sistema foi comprovada, assim como sua confiabilidade. Para que estes requisitos pudessem ser alcançados, foi necessária muita atenção no desenvolvimento do módulo inteligente do sistema, o qual avalia a qualidade do produto pesqueiro indicado. Sendo assim, comprova-se a grande utilidade das técnicas de inteligência artificial na implementação de soluções de software que, neste caso, possibilitaram o tratamento da imprecisão das respostas da análise sensorial de pescados e o tratamento das informações das avaliações químicas e microbiológicas nas árvores de decisão e regras de produção deste software. Na seção de validação do sistema, pode ser observada a utilidade do sistema, pois nela comprova-se também que o

PAQPesc realmente é um software que executa os objetivos projetados na fase inicial do trabalho.

Como considerações futuras, é interessante destacar que, na análise sensorial, a avaliação do aspecto cor dos olhos deve se alterada para formato do olho. Dessa forma se fazem necessários novos estudos para definição das funções de pertinência e dos parâmetros utilizados pelo PAQPesc. Também na análise sensorial, é importante ressaltar a possibilidade de implantação de um mecanismo que faça a avaliação de alguns aspectos sensoriais dos pescados, automaticamente, através da técnica de reconhecimento de padrões. Com esse mecanismo, a capacidade e a confiabilidade do sistema terão um aumento bastante considerável.

Este sistema pode ainda ser aperfeiçoado, com adaptação para o gerenciamento da produção e avaliação de outros produtos do ramo alimentício. Basta para isso, que novas variáveis limitantes sejam pesquisadas e incorporadas no sistema.

## Referências

AGRIDATA. *Pesquisa Agropecuária: pecuária-piscicultura*. [S.l.]:AGRIDATA, [200-]. Disponível em <<http://www.agridata.mg.gov.br/pescado.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2004.

ANSELMO, F. *PHP e MySQL para Windows*. Florianópolis: Visual Books, 2000. 144 p.

ANTONIO, C. *Ações da SEAP para o desenvolvimento da aquíicultura no Brasil*. [S.l.]: Mercado da Pesca, [2003?]. Disponível em: <<http://www.mercadodapesca.com.br/aquicultura03.php>>. Acesso em: 17 mar. 2004.

ARANHA, E. Critérios ergonômicos e a concepção de sistemas de gerenciamento de aprendizagem virtual. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 24. Florianópolis, 2004. *Anais ...* Florianópolis, [s. n.], 2004.

BRUSCHI, F. L. F. *Rendimento, composição química e perfil de ácidos graxos de pescados e seus resíduos: uma comparação*. 2001. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia)–Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2001.

CAIRO, L. N.; TAKASHI, Y. *Inteligência Artificial em controle e automação*. São Paulo: E. Blücher, 2000. 218 p.

ESTEVEES, E.; ANIBAL, J. Quality Index Method (QIM): utilização da análise sensorial para determinação do pescado. CONGRESSO DO ALGARVE, 13. *Actas ...*, Racaal Clube, Lagos, Portugal, 2007.

ETALLCORP. *Intensidade do crescimento de E. coli, Klebsiella sp e Staphylococcus aureus em função de temperaturas, pH, pressão osmótica e concentração de oxigênio*. [S.l]: ETALLCORP, 2001. Disponível em: <<http://www.etall.hpg.ig.com.br/Docs/cresbac.doc>>. Acesso em: 23 abr. 2004.

FERNANDES, A. M. R. *Sistema especialista difuso aplicado ao processo de análise química qualitativa de amostras de minerais*. 1995, 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

\_\_\_\_\_. *Inteligência Artificial: noções gerais*. Florianópolis: Visual Books, 2003.

FERNANDES, E. S. *QUALIPESC – Sistema inteligente para auxílio na avaliação da qualidade de pescados*. 2000. 81f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GELINSKI NETO, F. Surge mais um adiculuster em Santa Catarina: a carcinicultura. *Revista Atualidades Econômicas*, julho a dezembro de 2003, Ano 15, nº 45, Florianópolis, 2003.

GERMANO, M. I. S.; GERMANO, P. L.; OLIVEIRA, C. A. F. *Aspectos da qualidade do pescado de relevância em saúde pública*. São Paulo: Bicho on Line, 1998. Disponível em: <<http://www.bichoonline.com.br/artigos/ha0016.htm>>. Acesso em: 12 mai. 2004.

KAI, M.; *Controle de qualidade de pescado*. São Paulo: Loyola, 1988. 303 p.

LAUDON, J. P.; LAUDON, K. C. *Gerenciamento de sistemas de informação*. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 433 p.

\_\_\_\_\_. *Sistemas de informação gerenciais: administrando a empresa digital*. São Paulo: Prentice Hall, 2004. 561 p.

LUDORFE, W.; MEYER V. *El pescado y los productos de la pesca*. Zaragoza: Acribia, 1978.

MELO, I. S. *Administração de sistemas de informação*. São Paulo: Pioneira, 1999. 178 p.

MERCADO DA PESCA. *Aqüicultura no Brasil*. [S.l.]: Mercado da Pesca, [2003?]. Disponível em: <<http://www.mercadodapesca.com.br/aquicultura01.php>>. Acesso em: 16 mar. 2004.

OETTERER, M. *O processo de fermentação do pescado*. São Paulo: USP, [2003?]. Disponível em: <[http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/Download\\_arquivos.html](http://www.esalq.usp.br/departamentos/lan/Download_arquivos.html)>. Acesso em: 29 abr. 2004.

RABUSKE, R. A. *Inteligência Artificial*. Florianópolis: UFSC, 1995. 240 p.

REZENDE, S. O. *Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações*. Barueri: Manole, 2003. 525p.

ROCHA, I. P. *Aqüicultura: uma alternativa para o desenvolvimento do nordeste*. João Pessoa: Pesca-Brasil, 1995. Disponível em: <<http://www.pescabrasil.com.br/comercial/artigo6.asp>>. Acesso em: 15 mar. 2004.