



INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR
UNIVERSIDADE DO PORTO

**EFEITO DA INCLUSÃO DE ALIMENTO VIVO NO
DESENVOLVIMENTO DO ESTÍMULO PREDATÓRIO E NA
PERFORMANCE DE CRESCIMENTO DE JUVENIS DE
TRUTA COMUM (*Salmo trutta*)**

JOSÉ MIGUEL PEREIRA GOMES

**Dissertação de Mestrado em Ciências do Mar – Recursos
Marinhos**

2009

JOSÉ MIGUEL PEREIRA GOMES

**EFEITO DA INCLUSÃO DE ALIMENTO VIVO NO
DESENVOLVIMENTO DO ESTÍMULO PREDATÓRIO E NA
PERFORMANCE DE CRESCIMENTO DE JUVENIS DE
TRUTA COMUM (*Salmo trutta*)**

Dissertação de Candidatura ao grau de
Mestre em Ciências do Mar – Recursos
Marinhos (especialização em Aquacultura)
submetida ao Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar da Universidade
do Porto.

Orientador – Professor Doutor Paulo Rema

Categoria – Professor Auxiliar

**Afiliação – Universidade de Trás-os-Montes e
Alto Douro.**

**Co-orientador – Professor Doutor José
Fernando**

Categoria – Professor Auxiliar

**Afiliação – Instituto de Ciências Biomédicas
de Abel Salazar da Universidade do Porto.**

AGRADECIMENTOS

Gostava de deixar aqui registados vários agradecimentos a todas as pessoas que me permitiram elaborar este trabalho.

Ao Professor Doutor Paulo Rema agradeço o facto de me ter aceite como mestrando e a imensa dedicação a este projecto.

Ao Professor Doutor José Gonçalves o facto de ter aceite ser meu co-orientador neste trabalho e toda a ajuda na elaboração da Tese.

Ao Professor Doutor Paulo Vaz Pires pelo grande auxilio que me prestou em dúvidas de todos os tipos.

Ao António, da Unidade Experimental de Aquacultura, agradeço toda a disponibilidade que demonstrou em toda a parte prática desta Tese.

Ao Engenheiro Augusto Maia, Engenheiro Martinho e Professor Doutor Amílcar Teixeira por todos os esclarecimentos prestados e pela amabilidade com que sempre me receberam.

Ao Sr. Joaquim e Sr. Jorge do Posto Aquícola do Ave pela colaboração na saída de campo em Bragança.

Gostava também de agradecer a todos os Professores, amigos e companheiros de curso que me acompanharam durante os últimos anos.

Não posso deixar de lembrar aqueles que me estão mais próximos. Ni, Rui, Pai, Mãe, Avô e Avó. Obrigado por todo o apoio.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FECUNDAÇÃO ARTIFICIAL (IMAGENS GENTILMENTE CEDIDAS PELO ENGº AUGUSTO MAIA).....	15
FIGURA 2 – POSTO AQUÍCOLA DO TORNO – MARÃO. (IMAGEM GENTILMENTE CEDIDA PELO ENGº AUGUSTO MAIA).	19
FIGURA 3 – POSTO AQUÍCOLA DA RELVA – BOTICAS.....	20
FIGURA 4 – POSTO AQUÍCOLA DE CASTRELOS – BRAGANÇA. (IMAGEM GENTILMENTE CEDIDA PELO ENGº AUGUSTO MAIA).	21
FIGURA 5 – TRUTA COMUM CAPTURADA POR PESCA ELÉCTRICA NO RIO RABAÇAL. (FOTO: DIANA SOUSA).....	23
FIGURA 6 – RIO RABAÇAL EM VINHAIS. UM CURSO DE ÁGUA COM EXCELENTES CONDIÇÕES PARA PEIXES SALMONÍDEOS. (FOTOS: DIANA SOUSA).....	25
FIGURA 7 – PESCA ELÉCTRICA NO RIO RABAÇAL (FOTO: DIANA SOUSA).....	26
FIGURA 8 – OVOS DE TRUTA FECUNDADOS (FOTO: ENGº AUGUSTO MAIA).	28
FIGURA 9 – AUMENTO DAS RESERVAS NATURAIS COM PEIXES PROVENIENTES DE AQUACULTURA (ADAPTADO DE OLLA <i>ET AL.</i> 1998).	43
FIGURA 10 – CAPACIDADE DOS PEIXES CRIADOS EM AQUACULTURA PARA SE ADAPTAREM A ALIMENTOS NATURAIS, APÓS LIBERTAÇÃO NA NATUREZA. DADOS ADAPTADOS POR OLLA <i>ET AL.</i> 1998.	51
FIGURA 11 – AMOSTRAS DE PESCA UTILIZADAS NO ENSAIO.	60
FIGURA 12 – SISTEMA DE FILMAGEM.....	61
FIGURA 13 – MEDIANA DO NÚMERO DE ATAQUES NAS DIFERENTES ZONAS DE AMOSTRAGEM NOS DOIS GRUPOS (N=30).	67
FIGURA 14 – MEDIANA DO NÚMERO DE ATAQUES ÀS DIFERENTES AMOSTRAS (N=30).	68
FIGURA 15 – NÚMERO TOTAL DE ATAQUES EFECTUADOS PELOS DOIS GRUPOS.	70

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PROBLEMAS COMPORTAMENTAIS EM PEIXES QUE DESCONHECEM PRESAS NATURAIS VIVAS E POSSÍVEIS SOLUÇÕES (ADAPTADO DE OLLA <i>ET AL.</i> 1998).	49
TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA DIETA COMERCIAL (SORGAL*).....	56
TABELA 3 – COMPOSIÇÃO* PROXIMAL (G 100 ⁻¹ G) DAS LARVAS DE MOSQUITO VERMELHO.	56
TABELA 4 – PROTOCOLO ALIMENTAR UTILIZADO PARA O DESMAME DO ALIMENTO COMERCIAL DO GRUPO (AV).	58
TABELA 5 – PROTOCOLO ALIMENTAR UTILIZADO PARA O DESMAME DO ALIMENTO COMERCIAL DO GRUPO (AV2).	59
TABELA 6 – PARÂMETROS DO CRESCIMENTO E EFICIÊNCIA ALIMENTAR DAS TRUTAS (10 SEMANAS).	63

Resumo

Em Portugal, a espécie piscícola mais utilizada em acções de repovoamento é a truta comum (*Salmo trutta*). Trata-se de uma espécie autóctone, extremamente valorizada para a pesca desportiva e utilizada como indicador biológico da qualidade da água dos nossos rios.

Um dos maiores entraves ao sucesso e sobrevivência dos peixes utilizados nas acções de repovoamento relaciona-se com níveis elevados de mortalidade que ocorrem no momento da libertação. Entre outras variáveis, um deficiente comportamento de procura e predação de alimento natural aparenta ser uma das razões que contribuem para o problema. Com efeito, as trutas de cativeiro apresentam um comportamento de procura de alimento medíocre, quando comparado com os seus conspecíficos selvagens. O objectivo deste trabalho foi tentar avaliar a possibilidade de estimulação do comportamento predatório de juvenis de truta comum através de um desmame progressivo do alimento comercial (dieta controlo) que foi substituído por equivalente de larvas de mosquito vermelhas (dieta Av), um item alimentar típico do meio natural. Para o efeito foram utilizados 300 juvenis de truta comum (peso médio inicial de 10,5 g) distribuídos por 6 tanques, em triplicados de 50 peixes. O alimento foi fornecido a 2% do peso vivo durante as 10 semanas de duração do ensaio. A manipulação da dieta consistiu na utilização de uma dieta comercial (dieta controlo Dc) e uma dieta de desmame (dieta Dv) onde o alimento comercial foi sendo progressivamente substituído por alimento natural (larvas de mosquito vermelhas). Após 10 semanas de alimentação, foram avaliados os parâmetros de crescimento e procedeu-se ao estudo do comportamento alimentar. Foram utilizadas vários tipos de amostras artificiais de pesca para avaliar o comportamento predatório com registo de imagens em vídeo para posterior análise.

Após 10 semanas de alimentação verificou-se que as trutas condicionadas ao alimento alternativo atacaram mais vezes e mais cedo as amostras, demonstrando interesse significativamente superior ao observado pelas suas congéneres que foram alimentadas com a dieta comercial. No entanto, associado à melhoria do comportamento predatório dos peixes foi observado um decréscimo significativo nas performances do crescimento com efeito pernicioso nos índices de condição corporal.

No sentido de contornar os efeitos negativos no crescimento e mantendo a estimulação do comportamento alimentar foi realizado um complemento experimental de 10 dias para desmame da dieta comercial. Neste ensaio foram utilizados grupos triplicados de 25 peixes provenientes de um lote distinto e foi seguido o mesmo protocolo alimentar,

todavia, sem restrição alimentar. Após 10 dias de adaptação ao alimento natural verificou-se que os peixes alimentados com larvas de mosquito vermelhas apresentaram comportamento predatório idêntico ao observado nos peixes adaptados durante 10 semanas. Neste caso, apesar dos parâmetros do crescimento terem sido afectados, significativamente, não foram observadas diferenças significativas na condição corporal. Face aos resultados obtidos é lícito prever a existência da possibilidade de manipulação da dieta dos juvenis de truta de modo a conseguir uma adaptação alimentar a itens alternativos e adopção de comportamento predatório num espaço de tempo reduzido sem prejuízos importantes no crescimento e condição corporal dos peixes. Este estudo pode constituir uma ferramenta importante para a definição de novas práticas e estratégias alimentares que visam aumentar a eficiência das acções de repovoamento com esta espécie.

Palavras-chave: *Salmo trutta*, repovoamento, comportamento predatório, alimento natural.

Abstract

In Portugal, the most widely used fish specie in restocking actions is the common trout (*Salmo trutta*). This indigenous specie is highly valued for sport fishing and used as a biological indicator of the water quality of our rivers.

One of the biggest barriers to success and survival of fish used for restocking is related with the high levels of mortality occurring at the time of release. Among other variables, a faulty behaviour of demand and predation of natural food appears to be one of the reasons contributing to the problem. Indeed, the captive trouts have a mediocre food searching behaviour when compared with their wild conspecifics. The aim of this study was to try to assess the possibility of predatory behaviour stimulation of the juvenile common trout through a progressive weaning of the commercial food (control diet) which was replaced by equivalent of red mosquito larvae (diet Av), a typical food item in the natural environment. To this end we used 300 juvenile common trout (mean initial weight of 10.5 g) divided by 6 tanks, 50 fish in triplicate. The food was provided to 2% of body weight during the 10-week duration test. The manipulation of the diet consisted in using a commercial diet (control diet Dc) and a diet of weaning (Dv diet) where the commercial food has been gradually replaced by natural food (red mosquito larvae). After 10 weeks of feeding, growth parameters were evaluated and we started studying the feeding behaviour. We used several types of artificial fishing samples to evaluate the predatory behaviour with video recording of images for later analysis.

After the 10 weeks trial, we found that the trout subjected to alternative food attacked more often and earlier the samples, showing interest, significantly, higher than that observed for their counterparts who were fed a commercial diet. However, associated with the predatory behaviour improvement, it was also observed a significant decrease in growth performance with a negative effect in the body condition index. In order to circumvent the negative effects on growth and keeping the stimulation of feeding behaviour, an additional experiment of 10 days of weaning from commercial diets was conducted. In this test, trebled groups of 25 fish from a separate lot were used and the same protocol was followed, however, without food restriction. After 10 days of adaptation to natural food, we found that the fish fed with red mosquito larvae showed the same kind of predatory behaviour that were observed in fish adapted for 10 weeks. In this case, despite the growth parameters were affected significantly, no significant differences were found in body condition.

Given the results we may predict the possibility of manipulating the diet of juvenile trout in order to achieve an adaptation to alternative food items and adoption of predatory

behaviour in a short period of time without significant losses in growth and body condition of fish. This study may provide an important tool for the development of new practices and food strategies to increase the efficiency of restocking operations with this species.

Key-words: *Salmo trutta*, restocking, predatory behaviour, natural food.

Résumé

L'espèce de poisson la plus utilisée au Portugal dans des actions de repeuplement est la truite brune (*Salmo trutta*). Il s'agit d'une espèce autochtone très appréciée pour la pêche sportive et utilisée comme indicateur biologique de la qualité de l'eau de nos cours fluviaux.

L'un des plus grands obstacles à la réussite et à la survie des poissons utilisés pour le repeuplement est en relation avec les niveaux élevés de mortalité lors de la libération. Parmi d'autres variables, la défaillance de comportement dans la demande et dans la prédation des aliments naturels semble être l'une des raisons qui contribuent au problème.

En effet, les truites en captivité présentent un comportement médiocre en ce qui concerne la recherche alimentaire par comparaison avec leurs conspécifiques sauvages. Le but de cette étude était d'essayer d'évaluer la possibilité d'un comportement prédateur de stimulation des jeunes truites brunes par le moyen d'un sevrage progressif des aliments (alimentation contrôle), qui a été remplacé par un aliment équivalent comme les larves de moustiques rouge (alimentation Av), une nourriture typique dans le milieu naturel.

300 jeunes truites brunes ont été utilisées à cet effet (poids moyen initial de 10,5 g) divisées par 6 réservoirs, de 50 poissons en trois exemplaires. La nourriture a été fournie à 2% du poids corporel au cours des 10 semaines de durée de l'essai. La manipulation du régime était composée à l'aide d'un régime standard (contrôle de l'alimentation Dc) et d'une alimentation de sevrage (régime Dv), où l'alimentation commerciale a été progressivement remplacée par l'alimentation naturelle (larves de moustiques rouge).

Après 10 semaines d'alimentation, les paramètres d'accroissement ont été évalués et nous avons commencé à étudier le comportement alimentaire. Nous avons utilisé plusieurs types d'échantillons artificiels de pêche pour évaluer le comportement prédateur à l'aide des images enregistrées en vidéo pour qu'il soit analysé plus tard.

Après les 10 semaines de procès, nous avons constaté que les truites soumises à l'aliment de remplacement ont attaqué plus souvent et plus vite les échantillons, montrant plus intérêt, de manière significative que celui observé dans leurs homologues qui ont été nourris avec un régime standard. Toutefois, au-delà de l'amélioration de comportement prédateur des poissons, il a également été observé une diminution significative de la croissance avec un effet nuisible dans les indices de la condition corporelle.

Afin de contourner les effets négatifs relatifs à la croissance et de maintenir la stimulation du comportement alimentaire, une expérience supplémentaire de 10 jours de sevrage, de

regime standard a été effectué. Un ensemble de trois groupes de 25 poissons appartenant à un autre lot a été utilisé dans cet essai où le même protocole a été suivi, sans restriction alimentaire néanmoins. Après 10 jours d'adaptation à l'alimentation naturelle, nous avons constaté que les poissons nourris avec les larves de moustiques rouge ont présenté le même type de comportement prédateur observé chez les poissons adaptés pendant 10 semaines. Malgré l'inobservation manifeste des effets selon les paramètres de croissance, aucune différence significative n'a été trouvée dans l'état corporel dans ce cas en particulier.

Au vu des résultats obtenus on peut assumer qu'il soit possible manipuler le régime alimentaire des jeunes truites, afin de parvenir à une adaptation à d'autres produits alimentaires et à l'adoption d'un comportement prédateur en peu de temps, sans pertes importantes dans la croissance et la condition corporelle des poissons. Cette étude peut constituer un outil précieux pour le développement de nouvelles pratiques et de stratégies alimentaires dont le but consiste à améliorer l'efficacité des opérations de repeuplement de cette espèce.

Mots-clés: *Salmo trutta*, le repeuplement, le comportement prédateur, l'alimentation naturelle.

Índice

AGRADECIMENTOS	III
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE TABELAS.....	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
RÉSUMÉ	X
ÍNDICE	XII
INTRODUÇÃO	14
1 - BREVE HISTORIA DA AQUACULTURA E SUA EVOLUÇÃO	14
2 - AQUACULTURA DE REPOVOAMENTO EM PORTUGAL	18
2.1 - Espécies produzidas em Portugal	18
2.2 - Postos aquícolas Portugueses.....	18
2.3 – Caracterização dos Postos Aquícolas da Zona Norte.....	19
2.4 - Problemas e perspectivas futuras	21
3 - TRUTA COMUM OU TRUTA FÁRIO	23
3.1 - Descrição.....	23
3.2 - Habitat e ecologia	25
3.3 - Reprodução	27
3.4 - Eclosão e primeiros tempos de vida.....	28
3.5 - Gestão das populações	29
4 - ALIMENTAÇÃO E CRESCIMENTO	30
4.1 - Alimentação	30
4.1.1 - Tipos de presas.....	31
4.2 - Crescimento.....	31
5 - A TRUTA NO AMBIENTE NATURAL	33
5.1 - Relações intra-específicas	33
5.1.1 - Aprendizagem com os conspecíficos	34
6 - REPOVOAMENTO.....	38
6.1 - Pesca desportiva e acções de repovoamento	38
6.2 - Introdução de peixes de grande tamanho	39
6.3 - Acções de repovoamento.....	39
6.3.1 - Eficácia do repovoamento	40
6.3.2 - Repovoamento de trutas	43
6.3.3 - Capacidade de sobrevivência	44
6.3.4 - A influência do stress	47
6.4 – Comportamento alimentar	48
6.4.1 - Utilização de alimentos alternativos	52

MATERIAL E MÉTODOS.....	55
1 - DIETAS EXPERIMENTAIS.....	56
2 – PROTOCOLO EXPERIMENTAL DO ENSAIO DE ALIMENTAÇÃO DE 10 SEMANAS	57
3 – PROTOCOLO EXPERIMENTAL DO ENSAIO DE ALIMENTAÇÃO DE 10 DIAS.....	59
4 – AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO ALIMENTAR (ESTÍMULO PREDATÓRIO)	60
5 – MÉTODOS ANALÍTICOS.....	62
6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	62
RESULTADOS	63
1 - ENSAIO DE ALIMENTAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO ESTÍMULO PREDATÓRIO (10 SEMANAS) ..	63
2 - ENSAIO DE ALIMENTAÇÃO PARA AVALIAÇÃO DO ESTÍMULO PREDATÓRIO (10 DIAS)	69
DISCUSSÃO	71
CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

Introdução

1 - Breve historia da aquacultura e sua evolução

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) define a aquacultura como “a cultura de organismos aquáticos, incluindo peixe, moluscos, crustáceos e plantas aquáticas para fins económicos”. Este é o sector em maior crescimento da economia alimentar mundial, aumentando cerca de 10% por ano e contribuindo, actualmente, com mais de 30% do pescado consumido em todo o mundo.

Numa fase ainda primordial da evolução da espécie humana surgiu a pesca como importante fonte de alimento. Durante a Idade Média, a criação de peixes começou a ganhar alguma importância e, em alguns locais, passou a substituir a actividade agrícola convencional. Com o passar dos anos a piscicultura diversificou-se, adaptou-se a várias regiões, moldou-se às necessidades actuais e passou a usufruir da tecnologia (Breton 2007).

Só recentemente a população mundial começou a ver a aquacultura como uma possível solução para o problema da exploração excessiva dos recursos oceânicos. No entanto, esta não é uma actividade recente. Na realidade, o surgimento da aquacultura deverá ter ocorrido há milénios, apesar de a sua origem exacta ser bastante difícil de determinar. Provavelmente, terá aparecido como uma necessidade em locais onde a procura de alimentos e a caça não eram suficientes para fornecer alimento na quantidade exigida para a sobrevivência de algumas comunidades humanas. A aquacultura desenvolveu-se em paralelo com a agricultura, mas de forma muito mais lenta que a cultura em terra, devido à natureza pouco conhecida dos oceanos e dos organismos que os habitam (Beveridge e Little 2002).

A cria de trutas terá tido o seu início em 1843 quando alguns pescadores dos Vosgos franceses (cadeia montanhosa do Nordeste de França) descobriram a fecundação artificial (Figura 1). O primeiro objectivo foi o repovoamento dos rios que, já então, enfrentavam problemas de escassez de peixes. Mais tarde, no final do século XIX, a introdução de novas espécies procedentes do Norte da América proporcionou o início da produção de trutas em regime industrial para consumo humano. Com o desenrolar dos

anos, a produção foi-se desenvolvendo, nomeadamente em França que se tornou no primeiro país produtor em termos mundiais (Breton 2007).



Figura 1 – Fecundação artificial. (a) Extração artificial de óvulos de uma fêmea. (b) Extração artificial de espermatozoides de um macho. (Imagens gentilmente cedidas pelo Engº Augusto Maia).

Após a 2ª Guerra Mundial a aquacultura começou a receber mais atenção e a ser equacionada como uma potencial indústria de escala mundial. Nesta altura, uma mudança nas condições económicas dos países originou uma maior procura de pescado, nomeadamente de espécies como o salmão, camarão, enguia e robalo, que podem ser produzidas de forma lucrativa (ThiaEng 1997).

Um marco importante na actividade aquícola foi a “*revolução nutricional*” que ocorreu nos anos 60. Até essa altura os peixes eram alimentados com outros peixes mortos e/ou com desperdícios da indústria conserveira. Estes alimentos possuíam qualidade extremamente variável. Em 1961 começaram a ser comercializados os primeiros alimentos secos sob forma de “pellets” e o seu êxito foi imediato. A distribuição destes alimentos desenvolveu-se e traduziu-se numa maior eficiência alimentar e em maior rendimento para os produtores (Breton 2007). É nesta altura que a aquacultura se torna uma prática comercial significativa na Ásia, onde, até então não passava de uma realidade de pequena escala para comunidades locais (ThiaEng 1997).

O principal obstáculo à implementação definitiva destes alimentos foi de origem económica, uma vez que estavam sujeitos a uma taxa de IVA normal. Em 1968, na França, esta taxa foi reduzida e este motivo, em complemento com uma grande revolução social que teve importantes repercussões na agricultura e piscicultura, colocaram, definitivamente, o alimento seco como o alimento de excelência para a produção de peixe. Em Espanha, verificou-se também um aumento acentuado da produção anual a partir do final dos anos 60 (Breton 2007).

Nas três décadas que se seguiram continuaram a registar-se importantes avanços na área, devido ao débito regular de trabalhos de investigação relacionados com a nutrição e com a tecnologia de fabrico de alimentos compostos para peixes. Actualmente, as farinhas animais de origem terrestre estão proibidas em aquacultura devido a problemas sanitários e as dietas comerciais piscícolas baseiam-se na utilização de farinhas e óleos de peixe. Uma vez que, esta fonte não é infinita, um dos maiores desafios actuais em aquacultura é a exploração do maior uso de componentes vegetais na elaboração das rações (Breton 2007). Nas últimas décadas, a produção mundial de aquacultura aumentou significativamente. Em 1970 a aquacultura produzia 3.9% do pescado consumido no mundo. Em 2000, esse valor subiu para 27.3%. A produção mundial de pescado proveniente de aquacultura tem vindo a aumentar 9.2% por ano (FAO 2002).

Nos últimos 50 anos assistiu-se a um rápido desenvolvimento da tecnologia aplicada ao sector da aquacultura. As instalações variam, actualmente, entre unidades muito simples e pequenas (lagos familiares para consumo próprio) até sistemas bastante evoluídos tecnologicamente (sistemas fechados de produção intensiva para exportação). A tecnologia utilizada tem o objectivo de aumentar o crescimento e sobrevivência das espécies alvo. Algumas das medidas que se aplicam, incidem na melhoria do alimento, dos níveis de oxigénio e na protecção contra predadores. Cerca de metade do pescado mundial proveniente de aquacultura consiste em espécies herbívoras cultivadas em lagos de água doce (FAO 2009).

Existem inúmeras questões que têm de ser tidas em conta, como as que se relacionam com o cumprimento de normativas legais (tanto a nível nacional como continental), a evolução social, o aparecimento e respectivo controlo das doenças, os novos sistemas de alimentação, as formas de distribuição do pescado, a segurança alimentar, a qualidade das águas, etc. Acima de tudo, a aquacultura passou a ser encarada como um importante negócio gerido por grandes empresas (Breton 2007).

Verifica-se uma maior compreensão das complexas interacções entre nutrientes, bactérias e as espécies de cultura, bem como avanços na hidrodinâmica aplicada ao design de tanques e lagos. Tudo isto permitiu um forte desenvolvimento dos sistemas fechados, que têm a vantagem de isolar a cultura dos sistemas aquáticos naturais, reduzindo assim, o risco de doenças e outros impactos no ambiente. (FAO 2009).

Novos desenvolvimentos na engenharia, alguns adaptados da construção de plataformas petrolíferas, aumentam as possibilidades de uma expansão dos sistemas de cultura “offshore” em jangadas. As acções de repovoamento em água doce existem à bastante tempo, mas começam também a existir este tipo de iniciativas para espécies marinhas e a sua viabilidade está a ser estudada. Começa também a ser considerada a engorda de espécies capturadas no meio selvagem (atum, por exemplo) para posterior libertação, mas a efectividade destas iniciativas ainda está em análise devido à contestação das frotas pesqueiras (FAO 2009).

Uma das vertentes em grande desenvolvimento na aquacultura é aquela que se destina à produção de exemplares para aproveitamento das massas hídricas destinadas a actividades de lazer, como a pesca desportiva. Em muitos países, a pesca desportiva movimenta muito dinheiro e é uma actividade geradora de riqueza. Esta forma de gestão piscícola pode ser uma solução de futuro para promover, ecológica e socialmente, o turismo em zonas pouco desenvolvidas.

2 - Aquacultura de repovoamento em Portugal

2.1 - Espécies produzidas em Portugal

Os postos aquícolas em Portugal produzem, actualmente, duas espécies: a truta comum ou truta fário (*Salmo trutta*) e a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). No posto aquícola do Marão existe também uma população de salmão do Atlântico (*Salmo salar*). A produção de ovos e alevins de truta fário tem como objectivo o repovoamento das massas hídricas nacionais, visto ser uma espécie nativa das nossas águas. No caso da truta arco-íris, o objectivo da sua produção é o abastecimento de unidades privadas para produção de peixe de consumo. Os exemplares de salmão que se encontram no posto aquícola do Torno – Marão – servem apenas propósitos de divulgação biológica e didáctica. Os animais em causa são oriundos da Escócia. Nos postos aquícolas nacionais chegaram a ser produzidas outras espécies como a carpa (*Cyprinus Carpio*), o achigã (*Micropterus salmoides*) e a tenca (*Tinca tinca*), todavia a produção destas espécies foi cancelada quando os postos onde eram produzidas foram desactivados (Maia 2008).

2.2 - Postos aquícolas Portugueses

Em Portugal Continental a gestão dos postos aquícolas está a cargo das três Circunscrições Florestais: Circunscrição Florestal do Norte que possui, actualmente, cinco postos aquícolas; Circunscrição Florestal do Centro que possui dois e, finalmente, a Circunscrição Florestal do Sul que possui apenas um posto aquícola. A Circunscrição Florestal do Norte possui 2 postos aquícolas inactivos: o posto aquícola de Covas em Caminha e o posto aquícola do Prado Novo, na freguesia de França – Bragança. A estação aquícola de Vila do Conde serve apenas como depósito biológico de algumas espécies existentes nas águas interiores. Os únicos postos activos da zona Norte e que produzem truta fário e truta arco-íris são os postos do Torno – Marão, o de Boticas e o de Castrelos que se situa no Concelho de Bragança (Maia 2008).

No que respeita aos postos aquícolas da zona Centro do país, o posto aquícola de Manteigas efectua produção de truta comum e arco-íris, enquanto que o posto aquícola de Mira, que se destinava à produção de carpas e achigã está, presentemente, desactivado (Maia, 2008). Na zona Sul, o posto aquícola de Azambuja, que produzia carpas, achigã e tencas, encontra-se também desactivado (Maia 2008).

Fora do Continente, na Ilha da Madeira, situa-se o posto aquícola do Ribeiro Frio que se encontra sob a orientação do Instituto de Desenvolvimento Regional. Este posto foi alvo de melhorias com vista ao aumento e diversificação das espécies piscícolas de águas interiores e contribui, anualmente, com cerca de 10 mil trutas (sobretudo truta arco-íris) que se destinam ao repovoamento de ribeiras (Instituto de Desenvolvimento Regional).

Nos Açores, a Direcção Regional dos Recursos Florestais é responsável por dois postos: o posto aquícola das Furnas (ilha de S. Miguel), a funcionar desde 1939 e o posto aquícola das Flores (ilha das Flores) que funciona desde 1968. Estes postos fazem reprodução de trutas (actualmente, apenas truta arco-íris) para repovoamento das águas interiores das respectivas ilhas (S. Miguel e Flores), para a pesca desportiva. (Leitão 2009).

2.3 – Caracterização dos Postos Aquícolas da Zona Norte

O posto aquícola do Torno – Marão (Figura 2) foi criado em 1942 em plena Serra do Marão. Além da produção piscícola com vista a repovoamentos e abastecimento de pisciculturas de consumo, este posto tem servido para formar alunos devido aos inúmeros protocolos com escolas e instituições universitárias. Os repovoamentos de truta comum são de grande importância nesta zona devido a ser uma zona bastante povoada, com alguns problemas de pesca excessiva e poluição, o que contribui para diminuir o número de espécimes selvagens. Este posto sofreu, recentemente, melhoramentos que visam recuperar as suas infra-estruturas e equipamentos técnicos (Maia 2008).



Figura 2 – Posto aquícola do Torno – Marão. (Imagem gentilmente cedida pelo Engº Augusto Maia).

O posto aquícola da Relva (Figura 3) foi criado em 1978 e situa-se em Boticas. Este posto foi adquirido como truticultura e posteriormente transformado em posto aquícola. A estratégia elaborada para este posto passa pelas acções de repovoamento de truta comum que, além de ser uma espécie autóctone do Rio Beça, é aquela que apresenta maior interesse devido às suas qualidades, sendo muito apreciada pelos pescadores para a pesca desportiva e pelas populações do interior. Esta será uma das formas de combate à influência humana nos ecossistemas fluviais. São exemplos dessa influência a poluição doméstica e industrial, as obras de alteração do leito dos rios e a pesca em excesso. A colaboração com Universidades é outro dos objectivos deste posto aquícola, o que ficou facilitado com as recentes obras de requalificação de que o posto foi alvo. Além disso foram melhorados os tanques de cultura, a maternidade e foi criado um tanque destinado à pesca paga (Figura 3b; Maia 2008).

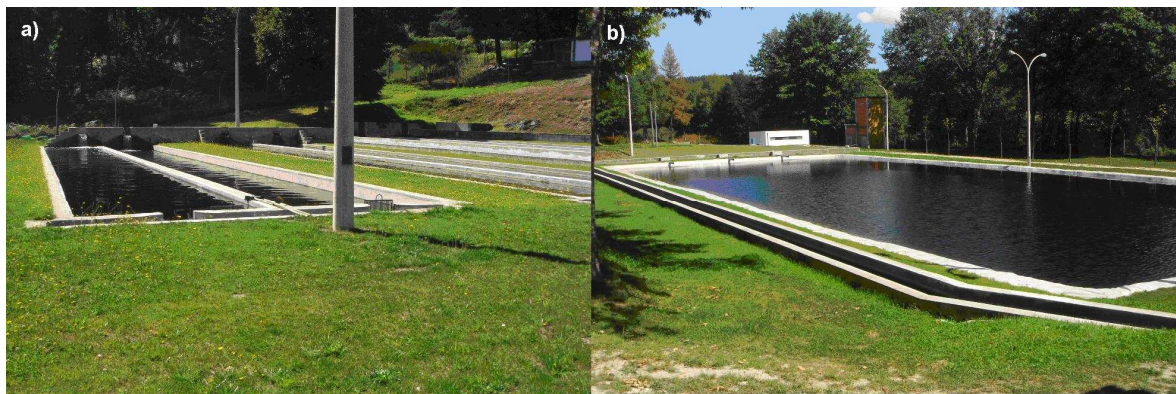


Figura 3 – Posto aquícola da Relva – Boticas. (a) Tanques do tipo “raceway” para crescimento de trutas. (b) Tanque para pesca paga.

Outro posto aquícola pertencente à Circunscrição Florestal do Norte situa-se em Castrelos – Bragança (Figura 4). Este posto foi construído em 1978 como truticultura com o objectivo de abastecer a população local com peixe fresco e, mais recentemente, transformado em posto aquícola. O objectivo actual deste posto, que tem capacidade para 200 mil trutas, é a produção de ovos e alevins de truta comum obtidos através de reprodutores selvagens. Pretende-se desta forma contribuir para a diversidade genética dos stocks destinados a acções de repovoamento. Baseado na colaboração com a Câmara Municipal de Bragança e o Instituto Superior de Bragança estão também programadas acções de educação ambiental, uma vez que este posto irá integrar um laboratório e um Centro de Interpretação Ambiental (Maia 2008).



Figura 4 – Posto aquícola de Castrelos – Bragança. (Imagem gentilmente cedida pelo Engº Augusto Maia).

O posto aquícola de Covas está situado na Serra D'Arga, concelho de Vila Nova de Cerveira. Enfrenta vários problemas, como o fornecimento de água, a degradação dos tanques e a falta de vigilância. Assim, este posto está, actualmente, praticamente desactivado (Maia 2008).

O posto aquícola do Prado Novo situa-se junto ao rio Sabor na Serra de Montesinho, concelho de Bragança. Foi construído no ano de 1945 com vista à valorização das espécies piscícolas dos rios transmontanos e está desactivado (Maia 2008).

2.4 - Problemas e perspectivas futuras

Os postos aquícolas do nosso país sofrem de alguns problemas impeditivos de uma maior e mais diversificada produção. Como foi referido, a produção para reintrodução no meio selvagem limita-se apenas a uma espécie, a truta comum, enquanto que a truta

arco-íris é produzida em alguns locais para abastecer truticulturas comerciais que produzem peixe para consumo (Maia 2008).

Os problemas técnicos são frequentes, como a água no estio ou a sua amplitude térmica com variações muito grandes, por vezes no mesmo dia. A maior parte dos postos aquícolas foram construídos há muitos anos e as suas infra-estruturas encontram-se desajustadas às necessidades actuais. Outro factor que limita o crescimento e desenvolvimento destas unidades é o facto de o mercado de aquacultura português ser relativamente pequeno (Maia 2008).

Não existem perspectivas de alargar o número de espécies actualmente produzidas, todavia existem projectos para melhoria genética das populações existentes, de forma a garantir exemplares mais capazes de sobreviver em liberdade. A continuidade de acções de educação ambiental e a colaboração com municípios e estabelecimentos de ensino são objectivos para manter (Maia 2008).

3 - Truta comum ou truta fário

3.1 - Descrição

A truta comum, como muitos outros salmonídeos, pode ser dividida em três grupos, de acordo com o seu comportamento migratório. As trutas anádromas podem migrar para o mar (*S. trutta* m. *trutta*) ou para os lagos (*S. trutta* m. *lacustris*), até atingirem entre 1 a 6 anos e depois regressarem ao curso de água onde nasceram para desovar. Em contraste, existe uma forma residente, a truta fário (*S. trutta* m. *fario*) que permanece no local onde nasce durante toda a vida (Elliott 1994).

A truta comum ou fário (Figura 5) é um peixe de corpo alongado e ligeiramente aplanado nas zonas laterais. Possui uma cabeça grande e uma boca com grande capacidade de abertura. Nos maxilares, língua e ossos da boca possui dentes voltados para trás. Possui uma característica típica de todos os salmonídeos que é uma pequena aleta dorsal, a adiposa (Breton 2007). O dorso tem uma coloração castanha e amarela e torna-se mais clara nos flancos onde existem vários pontos de coloração escura. O ventre é branco ou amarelo. Todas estas características são variáveis tendo em conta o local onde o peixe vive. (Keith e Allardi 2001; Bruslé e Quignard 2001).



Figura 5 – Truta comum capturada por pesca eléctrica no rio Rabaçal. (Foto: Diana Sousa).

Na Península Ibérica habita, praticamente, todos os rios do Norte de Portugal, Galiza, a Cordilheira Cantábrica e os Pireneus, estando apenas ausente dos cursos de água mais contaminados. A Sul da Cordilheira Cantábrica esta espécie encontra-se apenas nos troços de água mais altos. Está ausente nas bacias hidrográficas do Douro e do Ebro e na maior parte dos rios da parte meridional da Península devido a problemas de falta de

qualidade da água, nomeadamente, no que respeita à quantidade de oxigénio. (Breton 2007)

As trutas dos ribeiros de águas frias de montanha atingem apenas os 18 a 20 cm (80 a 100g), enquanto que as que vivem em ribeiros de zonas de planície ou rios largos e ricos em vegetação, podem passar dos 60 cm e atingir um peso de 5 a 7 kg (Breton 2007).

Muitas vezes, em vários cursos de água verifica-se a existência de duas populações de trutas, diferenciadas, que co-habitam, uma nómada e uma sedentária (Cuinat e Heland 1979).

3.2 - Habitat e ecologia

As trutas de rio, normalmente, encontram-se em águas frias e com corrente, características próprias da parte superior dos rios (Breton 2007).

No rio Rabaçal (Figura 6) que nasce na Galiza e entra em Portugal no concelho de Vinhais pude observar que as trutas que habitam o rio se encontravam, predominantemente, nas zonas com corrente e com grandes pedras que lhes servem de refúgio. Na altura do ano em que lá estive (Setembro de 2008) o rio apresentava-se com uma profundidade baixa (menos de 120 cm na maior parte dos locais). Grande parte da massa de água encontrava-se à sombra, devido à presença de muita vegetação nas margens. No fundo observa-se que existem muitas zonas de cascalho grosso e poucas de areia fina, o que também indica a tendência para correntes rápidas. As pedras que servem de refúgio às trutas estão quase todas cobertas com um biofilme vegetal que contribuiu para as águas bem oxigenadas que as trutas necessitam.



Figura 6 – Rio Rabaçal em Vinhais. Um curso de água com excelentes condições para peixes salmonídeos. (Fotos: Diana Sousa).

A truta de lago tem tendência para procurar alimento em pequenos grupos, relativamente organizados. No entanto, a truta de rio é solitária, tolera mal a proximidade dos seus congéneres e vive, habitualmente, num refúgio, que pode ser um local qualquer onde a corrente abrande um pouco, como por exemplo, um local com elevada densidade de plantas aquáticas ou com rochas altas. O seu espaço vital aumenta à medida que o peixe aumenta de tamanho (Breton 2007). Mesmo as trutas de rio, em determinadas fases do ciclo de vida, podem formar grupos onde podem aprender vários comportamentos essenciais à sobrevivência (Brown e Laland 2001).

As trutas passam grande parte do tempo no seu refúgio e apenas o abandonam para se alimentarem, se reproduzirem ou para ocupar um novo refúgio. Os reprodutores sobem o rio sobretudo de noite e fazem paragens sucessivas para repouso e protecção. A descida do rio é muito mais rápida, podendo a truta fazer vários quilómetros por dia (Breton 2007).

Outros motivos são possíveis para se deslocarem. Um exemplo é o facto de a vegetação ter crescido pouco e o peixe iniciar a procura de um local com mais vegetação. No Verão é frequente a procura por águas mais frias e oxigenadas (Breton 2007). Embora a maior parte dos deslocamentos ocorra de noite, também podem ocorrer durante o dia, em função da luz, busca de alimento e à procura de locais para repouso (Roussel e Bardonnnet 1996).

Existem várias formas de monitorizar as movimentações dos peixes, nomeadamente a pesca eléctrica, a informação fornecida pelos pescadores (Breton 2007) e até o rastreio por rádio (Ovidio 1999). Em Portugal, a captura de trutas para trabalhos científicos ou para fornecimento dos postos aquícolas é feita por pesca eléctrica (Figura 7). Depois as trutas são transferidas para um tanque que leva água do rio e é arejado com oxigénio.



Figura 7 – Pesca eléctrica no rio Rabaçal. (Foto: Diana Sousa).

Davaine e Beall (1997) demonstraram que, introduzindo trutas comuns sedentárias nas águas virgens das ilhas Kerguelen no Verão, surgiam três formas: truta de rio sedentária, truta de mar e truta de lago.

A truta é um peixe carnívoro e alimenta-se de invertebrados (crustáceos, moluscos, larvas de insectos) e também pequenos peixes com que, normalmente, divide o habitat. Engole as presas inteiras (Breton 2007).

3.3 - Reprodução

Na altura da reprodução, os peixes reúnem-se numa zona de desova, que pode ficar longe dos locais de engorda. Nesta altura, o instinto de conservação da espécie domina o indivíduo (Breton 2007).

A maturidade sexual é atingida aos dois anos no caso dos machos e aos três no caso das fêmeas. Uma fêmea madura pode ter até 22% do seu peso nos ovários e esta pode manter os óvulos maduros por um período de 30 dias, até encontrar água com condições favoráveis (a temperatura deve rondar os 6 a 12° C) (Breton 2007).

Na altura da reprodução que, habitualmente, ocorre entre Novembro e Janeiro, os adultos reúnem-se em locais pouco profundos, com cascalho algo grosseiro e de correntes rápidas. Aí, a fêmea começa por escavar um buraco com a ajuda do corpo e movimentos bruscos da barbatana caudal, onde deposita os óvulos (cerca de 2 mil por kg de peso corporal). Tal como na maioria das espécies de peixes, a fecundação é externa e o macho fecunda os óvulos em água livre, imediatamente, após a libertação dos óvulos. Em seguida, a fêmea cobre o buraco com cascalho e, finalmente, os progenitores abandonam o local e retomam os seus hábitos normais (Breton 2007).

O tempo que decorre até à eclosão depende da temperatura da água, mas habitualmente dura cerca de 40 dias. É nesta altura que os ovos (Figura 8), com cerca de 5 mm de diâmetro, dão origem a alevins que abandonam o local da desova pouco a pouco (Breton 2007).



Figura 8 – Ovos de truta fecundados. (Foto: Engº Augusto Maia).

3.4 - Eclosão e primeiros tempos de vida

Enquanto se encontram na zona de desova, entre o cascalho, os ovos e alevins estão mais protegidos dos predadores (Vibert 1981). No momento em que os alevins abandonam essa zona já devem ser capazes de resistir à corrente e de se alimentarem. Esta é uma fase delicada da vida da truta, dado que o jovem peixe abandona um local escuro e protegido para se dirigir para um outro mais iluminado, com muitos perigos, onde se deve alimentar por si próprio. Nesta altura o peixe possui cerca de 3,3 cm (0,33 g; Breton 2007). É importante que o peixe encontre rapidamente um local para se abrigar da corrente (Vignes e Heland 1995). Com efeito, a saída da protecção das zonas de desova é caracterizada por uma enorme mortalidade, quer por predadores, quer por esgotamento físico, podendo alcançar os 99%. Os alevins têm necessidade de estar, permanentemente, bem alimentados e procuram alimento incessantemente; as suas presas são pequenos seres planctónicos ou bentónicos. A distribuição dos alevins é semelhante à dos adultos, sendo que os peixes dominantes ocupam os melhores locais, afastando os mais pequenos, que não têm outra alternativa a não ser procurar outras zonas de refúgio (Breton 2007).

É curioso seguir a descida dos rios por parte dos alevins. Habitualmente, este comportamento está associado a uma subida do nível das águas devido a chuva forte ou

abertura de comportas de uma barragem. Além destas situações, os deslocamentos rio abaixo são comuns de noite e têm um papel importante para a colonização de novos troços de água. Os ribeiros afluentes e as partes superiores dos rios são mais favoráveis à sobrevivência dos alevins, devido a existirem menos predadores nesses locais (Breton 2007).

O crescimento dos alevins será mais ou menos rápido de acordo com a densidade da população, dado estar directamente relacionado com a competição alimentar e disponibilidade de alimento (Breton 2007).

3.5 - Gestão das populações

As populações de trutas enfrentam muitos problemas nos ecossistemas actuais devido à influência humana. Assim, foram realizados vários trabalhos relacionados com a gestão dos cursos de água de salmonídeos.

O repovoamento é uma questão de extrema importância para as associações de pesca, uma vez que é frequente determinadas massas de água sofrerem de subpopulação (Breton 2007). Quando se introduzem peixes no meio natural estes enfrentam questões delicadas (Cuinat 1971) e devem encontrar rapidamente um refúgio, pois se não o fizerem desaparecem de forma irreversível. A tendência actual é a de substituir acções de repovoamento por implementação de melhorias nas massas de água, nomeadamente aumentando as capacidades do meio para receber peixes provenientes de cultura. A criação de refúgios, a limpeza e manutenção dos locais de desova e o acondicionamento dos locais de crescimento dos alevins são alguns exemplos destas acções (Breton 2007).

4 - Alimentação e crescimento

4.1 - Alimentação

A alimentação é uma das principais funções de um organismo, uma vez que está relacionada com o seu crescimento, desenvolvimento e reprodução. Todos estes processos biológicos ocorrem com consumo de energia; energia essa que é proporcionada pelo alimento (Nikolsky 1963).

No primeiro estágio de vida de um jovem peixe a energia necessária é proporcionada pelo saco vitelino que funciona como uma espécie de reserva energética após a eclosão. Esta fonte energética tem uma duração limitada e o seu esgotamento implica a procura de fontes externas de alimento. Em muitas espécies o alevim passa por uma fase de transição na qual procura fontes externas de alimento e em simultâneo continua a recorrer à vesícula vitelina (Nikolsky 1963).

Uma das principais diferenças entre os peixes criados em aquacultura e os peixes selvagens assenta na capacidade dos últimos para procurarem e capturarem, activamente, presas vivas. Na procura por alimento é de grande importância a utilização dos órgãos sensoriais. Nas espécies predadoras, como a truta, os órgãos sensoriais de maior importância são a linha lateral e os olhos. A primeira orientação em direcção à presa é devida à linha lateral, enquanto que os olhos são utilizados para rápidas correcções na trajectória. Os alevins que se alimentam de organismos planctónicos também utilizam estes dois órgãos sensoriais para capturarem a presa. Mas nem todas as espécies procuram o alimento da mesma forma. No *Rutilus rutilus* adulto, por exemplo, os principais órgãos sensoriais responsáveis pelo comportamento de busca de alimento são órgãos tácteis e gustativos (Nikolsky 1963).

A truta consome presas animais ricas em proteína (40 a 45%), o que está de acordo com a sua capacidade de excretar amónia. Esta quantidade de proteína está também adequada aos hábitos diários destes peixes. O seu gasto energético não é muito elevado devido à sua condição de ausência de regulação de temperatura corporal (poiquiloterma; Breton 2007).

Tal como acontece com a maior parte dos animais selvagens, a truta apresenta um comportamento alimentar oportunista, levando-a a alimentar-se, por exemplo, de insectos

em caso de emergência ou a aguardar entre a vegetação aquática a queda de animais terrestres (Breton 2007). A actividade de busca de alimento é mais frequente ao amanhecer e ao anoitecer (Neveu 1991).

4.1.1 - Tipos de presas

O tipo de presas que o peixe consome varia à medida que este se desenvolve. O ruivo (*R. rutilus*), por exemplo, começa por se alimentar de organismos planctónicos enquanto alevim, passando então para uma alimentação à base de algas e rotíferos. Quando se desenvolve um pouco mais alimenta-se de crustáceos planctónicos passando, em seguida, a alimentar-se de insectos bentónicos. Finalmente, no estado adulto, a procura de alimento incide sobretudo em moluscos (Nikolsky 1963). Quando existe grande abundância de alimento, a tendência da população é para se especializar num único tipo de alimento, enquanto que, em situações de alimento escasso, a população alimenta-se de diferentes alimentos. Neste caso, as pequenas diferenças anatómicas, que existem entre indivíduos, levam a que cada um se especialize num determinado tipo de presa mais fácil de capturar, tendo em conta as suas características físicas (Nikolsky 1963).

Na truta, os invertebrados aquáticos constituem uma parte importante da sua alimentação, ainda que não deva ser menosprezada a opção por outros itens alimentares (gafanhotos, grilos, pulgões), ou outros animais (bichos-da-seda, moluscos), que caem na água e são arrastados pela corrente. Pequenos peixes também fazem parte da sua dieta habitual, inclusive indivíduos da mesma espécie (Breton 2007).

4.2 - Crescimento

Todos os seres vivos têm como objectivo crescer para aumentarem as suas probabilidades de sobrevivência e atingirem, rapidamente, a maturidade sexual.

No que se refere ao crescimento de peixes, sabe-se que a taxa metabólica do animal diminui com o aumento do tamanho, sendo proporcional à área de superfície corporal do indivíduo. Em contraste, a idade parece não ter qualquer efeito imediato nessa taxa (Steffens 1989).

O alimento disponível, a sua qualidade e quantidade afectam, de modo vincado, a taxa de crescimento. Em salmão do Atlântico (*S. salar*), a mudança de alimento no momento em que o peixe abandona o rio e passa a viver no mar reflecte-se na taxa de

crescimento. Sabe-se também que o salmão, quando abandona um local de baixa biomassa bentónica e se desloca para zonas com grande quantidade de alimento bentónico, em pouco tempo, ultrapassa em tamanho os seus conspecíficos do local de origem (Nikolsky 1963).

Nas espécies de crescimento indeterminado, como os peixes, existe uma marcada relação entre o tamanho e o sucesso reprodutivo. O mais pequeno incremento no tamanho corporal nos primeiros estádios de vida pode resultar num importante ganho de habilidade competitiva, decisiva no futuro crescimento do peixe (Huntingford e Turner 1987).

O crescimento da truta varia em função das características do curso de água, nomeadamente, a corrente, a temperatura e a disponibilidade de alimento. A temperatura é um factor de extrema importância em toda a actividade das trutas. As trutas de montanha, por exemplo, apenas se alimentam se a temperatura estiver entre os 4 e os 5º C, o que faz com que durante a estação fria haja uma interrupção, relativamente prolongada, do crescimento. Este facto permite inferir acerca da idade do peixe através da leitura das escamas (escalimetria; Breton 2007).

Habitualmente, as trutas de montanha são mais pequenas que as que habitam rios de zonas mais planas e estas são por sua vez mais pequenas que as que vivem no mar ou em lagos, onde podem atingir tamanhos consideráveis (Breton 2007).

5 - A truta no ambiente natural

5.1 - Relações intra-específicas

A competição dentro da mesma espécie é, relativamente, baixa e os grupos de peixes de diferentes idades distribuem-se segundo a zona do habitat que preferem. Até atingirem a idade adulta, os peixes optam por se distribuírem por zonas pouco profundas nos percursos mais superiores dos cursos de água, normalmente em pequenos afluentes (Breton 2007).

Uma das ocasiões em que ocorre competição entre indivíduos da mesma espécie é na procura por locais de desova. Nestas alturas os peixes de reprodução mais tardia utilizam locais que já foram utilizados por outros mais precoces (Breton 2007).

Numa população de trutas é normal o estabelecimento de uma hierarquia para a ingestão de alimento. Algumas trutas podem ter uma tendência para maior ingestão alimentar devido a terem evoluído, geneticamente, nesse sentido. No entanto, quando estas trutas são colocadas com outras que não foram favorecidas pela selecção no que diz respeito ao seu comprimento corporal, e tendo em conta a hierarquia própria destes animais, não se verifica uma partilha desigual do alimento. Assim, o aumento da competição pelo alimento não é consequência obrigatória da selecção natural em favor do comprimento corporal (Boujard *et al.* 2006).

Courtenay e seus colaboradores (2001) demonstraram que o salmão do Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*) é capaz de reconhecer os odores dos seus congêneres quando atinge 38 dias de idade, sendo que o salmão do Atlântico utiliza para o efeito o reconhecimento visual (Clarke e Sutterlin 1985), além de perceber os odores dos predadores (Jones *et al.* 2003) logo após a fase da eclosão.

Em salmonídeos parece existir uma relação positiva entre a agressividade e o crescimento individual. A criação de peixes em aquacultura alimentados com dietas comerciais, por exemplo, leva a que os indivíduos dominantes monopolizem o alimento. Assim, os indivíduos que, de forma inata, são agressivos conseguem adquirir mais alimento e acelerar o seu crescimento em detrimento dos peixes subordinados (Huntingford *et al.* 1990). Lahti e seus colaboradores (2001) demonstraram existir essa relação ao nível de toda a população e não apenas individualmente, dado que a

agressividade é hereditária nos peixes salmonídeos (Taylor 1990). Como os indivíduos maiores apresentam maior taxa de sobrevivência e possibilidade de se reproduzirem, a agressividade aumenta ao longo das gerações. Além disso, Lahti e seus colaboradores (2001) referem que as populações que migram para o mar são mais agressivas que as suas homólogas que migram para lagos ou que residem nos rios.

A presença de outros indivíduos pode diminuir o risco de predação associado à actividade de procura de alimento. Este efeito é particularmente notório nos peixes de cardume que beneficiam do efeito de diluição (Jedrzejewski *et al.* 1992; Cresswell 1994; Parker e Milinski 1997; Alcock 1998). Em alternativa, a presença de conspecíficos pode ter o efeito de aumentar a procura de alimento devido a um aumento da competição (Huntingford *et al.* 1993; Grand e Dill 1999). Em ambas as situações o animal pode optar pela procura de alimento em situações que, normalmente, evita quando se encontra sozinho. Isto deve-se ao comportamento dos conspecíficos que lhe fornecem informação sobre a possibilidade de procurar alimento sozinho e qual o risco associado (Sundström e Johnsson 2001). O tempo dispendido na procura por alimento diminui quando os outros peixes dão pistas sobre os locais onde o alimento se encontra (Ryer e Olla 1992). Assim, a presença de outros animais vai ter uma importante influencia na alimentação, na procura de alimento e na percepção do risco dessa mesma procura. Todos estes comportamentos estão, directamente, relacionados com a experiência do animal (Huntingford 1993). Essa experiência irá ter uma importância crítica na capacidade de um animal, criado em cativeiro, sobreviver em regime natural (Clemmons e Buchholz 1997). Indivíduos criados em aquacultura podem ser mais agressivos que os indivíduos selvagens (Swain and Riddell 1990), particularmente em elevadas densidades populacionais (Fenderson *et al.* 1968), o que pode ter implicações negativas para os stocks de cultura e selvagens (Olla *et al.* 1998).

5.1.1 - Aprendizagem com os conspecíficos

Segundo Heyes (1994) a aprendizagem social é a aprendizagem que é influenciada pela observação de, ou a interacção com outro animal ou os seus produtos.

Lefebvre e Palameta (1988) descreveram mais de 70 observações de campo de aprendizagem social, nomeadamente, no que diz respeito à procura de alimento. No entanto, estes autores fizeram notar que muitos destes relatos eram especulativos e forneciam poucas evidências de aprendizagem com os conspecíficos. Os mesmos autores defendem que para que a aprendizagem social seja aceite com relevância

ecológica devem ser apresentados indícios convincentes de que os animais o podem fazer na natureza.

Os peixes são capazes de aprender, não só por tentativa e erro e processos associativos, mas também através de aprendizagem social, observando e interagindo com outros peixes (Suboski e Templeton 1989; Ryer e Olla 1991; Laland e Williams 1997).

Várias evidências apontam a capacidade de aprendizagem com os membros da mesma espécie como um factor preponderante na aquisição de comportamento de procura de alimento e anti-predador (Brown e Laland 2001). Cada indivíduo pode aprender a localização de determinados locais de alimentação a partir de outros indivíduos que tenham o hábito de utilizar esses locais, num processo de aquisição de conhecimento local (Giraldeau 1997). O comportamento em grupo apresenta vantagens a nível da alimentação, reprodução, descanso e existem indícios de que a informação acerca da presença de novos predadores é aprendida e socialmente transmitida em várias espécies, como *Phoxinus phoxinus*, *Gasterosteus aculeatus*, *Danio rerio* e salmão do Atlântico (Magurran e Higham 1988; Suboski *et al.* 1990; Ryer e Olla 1991; Krause 1993; Pitcher e Parrish 1993).

Segundo Endler (1995) a resposta dos peixes às pressões da selecção natural varia de acordo com a intensidade da predação. O guppy (*Poecilia reticulata*) nada em grupos maiores quando vive em locais com maior risco de predação. A mesma espécie, quando habita um local com menor pressão predatória, desloca-se em grupos menores e menos coesos. Este fenómeno foi documentado em laboratório e no campo, em juvenis e em machos e fêmeas adultos (Seghers 1974; Magurran e Seghers 1990, 1991; Seghers e Magurran 1995). Noutros casos, se existirem predadores que façam com que a natação em grupo seja mais perigosa (como por exemplo, camarões de água doce), o peixe opta por se deslocar individualmente (Magurran e Nowak 1991; Magurran *et al.* 1995).

A aprendizagem local e social pode fazer com que os indivíduos alterem a sua distribuição sobre os recursos (Lima e Zollner 1996; Beauchamp *et al.* 1997). Segundo Barnard e Sibly (1981) a cópia da área de alimentação é um bom exemplo de aprendizagem social. O comportamento dos indivíduos que procuram alimento com sucesso é reconhecido pelos conspecíficos que assim se dirigem a esses locais onde encontram melhores condições de alimentação. Ao fazerem isto, os peixes que aprenderam este comportamento vão, por sua vez, transmitir esta valiosa informação a outros peixes que vão ter tendência para se dirigirem a esse local.

Algumas experiências de laboratório demonstraram que um peixe colocado num ambiente novo como “observador” pode aprender uma rota de fuga através do acompanhamento e réplica do comportamento dos peixes que são utilizados como “demonstradores” da rota a seguir (Laland e Williams 1997; Lachlan *et al.* 1998; Swaney *et al.* 2001; Brown e Laland 2002). Como consequência do comportamento em cardume dos “demonstradores” que, preferencialmente, utilizam uma determinada rota, os “observadores” tornam-se mais familiarizados com a utilização desta rota de fuga (Reader *et al.* 2003). Os “demonstradores” podem ser peixes cativos que já foram preparados para essa função ou peixes selvagens, embora neste caso os peixes possam precisar de algum tempo de habituação ao cativeiro (Brown e Laland 2001).

Quando surge uma rota alternativa ou um novo hábito por parte dos conspecíficos, muitos dos comportamentos aprendidos socialmente são rápidos e efêmeros, nomeadamente quando o grupo é instável e os membros com mais experiência abandonam, frequentemente, o grupo. No entanto, quando as alternativas são difíceis de atingir ou localizar, os comportamentos adquiridos socialmente têm tendência para ser mantidos por longos períodos de tempo (Reader *et al.* 2003).

A dinâmica social de um grupo pode variar, largamente, entre populações da mesma espécie e entre diferentes espécies e este facto está, provavelmente, relacionado com diferenças na aprendizagem social (Cambefort 1981; Coussi-Korbel e Fragazy 1995; Carlier e Lefebvre 1997).

As espécies que são, maioritariamente, solitárias, agressivas e territoriais (como é o caso da truta comum adulta, quando vive no rio) podem parecer maus candidatos à aprendizagem com conspecíficos. No entanto, as investigações neste sentido não demonstraram que estas espécies sejam menos capazes de aprender desta forma (Brown e Laland 2001).

Uma questão pertinente que se deve colocar é “O que ganham os peixes com a aprendizagem social?”. A demonstração de interesse nos comportamentos dos conspecíficos leva a uma aquisição de conhecimento acerca do ambiente muito rápida e eficiente, sem incorrer em potenciais perigos ou custos energéticos demasiado elevados. A exploração de um meio desconhecido seria muito mais perigosa para um indivíduo do que o acto de, simplesmente, copiar o comportamento dos outros. Assim, podemos concluir que o peixe poupa energia e aumenta a probabilidade de sobrevivência, em simultâneo, ao demonstrar este tipo de comportamento (Brown e Laland 2001).

A forma de aprendizagem social é, inicialmente, um processo individual que cada indivíduo adquire como se fosse uma dica para o comportamento mais favorável e que depois se transfere a outros indivíduos e se passa a verificar em toda a população (Galef 1988).

As três principais áreas onde a aprendizagem com os conspecíficos é, particularmente, importante são a procura de alimento, o evitar de predadores e a migração. Ao nível das aquaculturas, ainda não se verificam tentativas para treinar os peixes de cultura com os correctos comportamentos migratórios, de fuga a predadores e de procura de determinados tipos de alimento, em determinadas localizações (revisto por Brown e Laland 2001).

6 - Repovoamento

6.1 - Pesca desportiva e acções de repovoamento

A salmonicultura teve o seu início em França e surgiu com o objectivo do repovoamento de cursos de água (Breton 2007).

As acções de repovoamento destinam-se a completar ou substituir a reprodução natural e são feitas, sobretudo, com ovos e alevins e só em raras ocasiões com adultos. As introduções de peixes de grande tamanho, por sua vez, consistem na utilização de peixes “listados para serem pescados”, com tamanho permitido e correspondem a introduções cujo objectivo é superar a densidade habitual da população natural, proporcionando assim, peixes de tamanho regulamentar para os pescadores (Breton 2007).

É, habitualmente, defendido que se devem limitar as introduções em troços de água, mas esta questão levanta alguns problemas sociais, uma vez que não é consensual o facto de se poder proibir ou autorizar os pescadores a pescarem no rio (Breton 2007). Outro alvo de discussão é a introdução de peixes de aquacultura para a pesca desportiva, uma vez que estes peixes desconfiam pouco do isco e vão parar á rede do pescador muito facilmente, quando comparados com os exemplares selvagens que são muito mais desconfiados (Richard 1997).

A finalidade principal da cultura com vista ao repovoamento é a de proporcionar ovos e alevins destinados à introdução nas massas de água. Algumas explorações estão, totalmente, especializadas na produção de ovos e peixes muito jovens a partir de exemplares criados no meio natural (de origem selvagem) e também de peixes que, apesar de serem de cultura, têm predecessores selvagens recentes. Estas unidades piscícolas são locais que podem distribuir na região produtos de origem conhecida, pois as características genéticas são, sem dúvida, uma condicionante importante da qualidade dos peixes de repovoamento (Breton 2007).

A gestão piscícola e pesqueira enfrentam problemas diferentes mas estão relacionadas e em muitas situações podem cooperar de forma a ser encontrado um equilíbrio entre a manutenção das populações selvagens e a exploração da espécie para pesca desportiva.

6.2 - Introdução de peixes de grande tamanho

A introdução de peixes de grande tamanho é realizada sobretudo com truta comum em Portugal. No entanto, outros países da Europa fazem ainda introdução de truta arco-íris e de *Salvelinus fontinalis*, conhecido em Portugal como truta das fontes ou truta da nascente. O objectivo é introduzir peixes para a rápida satisfação dos pescadores. Estas acções, muitas vezes sujeitas a fortes financiamentos, apenas exercem um impacto pontual sobre as populações residentes de trutas selvagens (Breton 2007).

Os exemplares de grande tamanho começam a ser alvo de um tipo de pesca em forte ascensão em todo o mundo. Trata-se da pesca sem morte (“catch and release” ou “no kill”). Com este tipo de actividade, as trutas não mordem o anzol mais de 3 ou 4 vezes por estação (Breton 2007). É habitual os praticantes deste tipo de pesca tirarem uma fotografia com o peixe e depois libertarem-no. No entanto, é muito importante perceber que o período em que o peixe fica fora de água deve ser muito breve. Um longo período de maneo do peixe leva a um aumento da produção de cortisol e da concentração de lactato (Meka e McCormick 2005) e pode provocar alterações ao nível comportamental e fisiológico, que por sua vez podem provocar mortalidade (Cooke e Sneddon 2007).

Num curso de água, o sucesso da introdução depende da capacidade de acolhimento do meio. O resultado e o interesse deste tipo de actividades variam muito. Os resultados parecem ser melhores quando as fêmeas procedem de um meio por repovoar e a estirpe se mantém, regularmente, por introdução de fêmeas capturadas num meio com essas características (Breton 2007).

6.3 - Acções de repovoamento

O repovoamento foi pela primeira vez considerado para o bacalhau (*Gadus morhua*) na América do Norte no séc. XIX devido a uma queda dramática da sua população selvagem (Kurlansky 1999). Actualmente, muitas populações selvagens de peixes são alvo de reforço na sua quantidade devido à libertação de indivíduos criados em aquacultura, numa tentativa de restaurar ou manter os seus números (Brown e Laland 2001).

Welcomme e Bartley (1998) estimaram que a maior parte dos países do mundo participam em acções de repovoamento, existindo mais de 250 espécies envolvidas.

Por toda a Europa e América do Norte o número de salmonídeos (provenientes de cultura) libertados, para fins de repovoamento, atinge níveis iguais ou superiores à produção natural (Petersson *et al.* 1996; Hilborn e Eggers 2000).

O repovoamento tem sido muito utilizado em todo o mundo como uma ferramenta de gestão do número de peixes. Além disso, também é importante em conservação e gestão de espécies ameaçadas (Flagg *et al.* 1995). Devido ao relevante papel que o repovoamento tem representado na gestão das pescas e na biologia de conservação, existe o consenso geral de que os programas baseados no cultivo em cativeiro, desde que bem planeados, irão continuar a ter um papel decisivo no futuro da gestão das reservas naturais de peixe (Unwin e Glova 1997).

6.3.1 - Eficácia do repovoamento

Os peixes criados em cativeiro encontram-se, habitualmente, num ambiente pobre do ponto de vista da estimulação psicossensorial estando, por isso, menos aptos a desempenharem as estratégias básicas de sobrevivência (Olla *et al.* 1995). Um dos maiores problemas ligados às acções de repovoamento é o nível dramático de mortalidade dos indivíduos libertados (Suboski e Templeton 1989; Olla *et al.* 1998).

Em todo o mundo são libertados, anualmente, cerca de 5×10^9 salmões criados em regime de cativeiro, todavia, menos de 5% sobrevivem até atingirem a fase adulta (McNeil 1991). Alguns estudos mostraram que os peixes criados em aquacultura têm menor taxa de sobrevivência e proporcionam menos retorno aos pescadores que os peixes selvagens (Wales 1954; Heggberget *et al.* 1992).

A diferença nos níveis de mortalidade entre os peixes de cultura e os selvagens é grande, principalmente se considerarmos o tamanho ou a idade com que os peixes de cultura são libertados (Maynard *et al.* 1995). A falta de sucesso das acções de repovoamento e várias questões ambientais são motivos de controvérsia acerca da validade dos programas de suplementação através de peixes de cultura (Winton e Hilborn 1994).

As práticas de aquacultura, em termos de produção total, aumentaram dramaticamente, quer em espécies marinhas, quer em espécies de águas continentais durante a segunda metade do séc. XX. No entanto, os métodos que visam a redução das taxas de mortalidade após libertação não têm evoluído ao mesmo ritmo. Enquanto que o número de indivíduos de cultura libertados continua a aumentar, a proporção de indivíduos que

sobrevive até atingir a idade adulta está, na verdade, a diminuir (Pearcy 1992). As diferenças comportamentais que se verificam entre um peixe de cultura e um selvagem podem dar algumas indicações relativas à grande mortalidade que os peixes de cultura sofrem quando libertados, mas a base destas diferenças não é muito clara (Suboski e Templeton 1989).

Muitas espécies comerciais não estão preparadas para a transição da vida em cativeiro para a vida selvagem. Quando estes indivíduos são libertados, passam a habitar um local novo e variável, estando expostos ao risco de predação (Brown e Laland 2001). Além dos mecanismos de osmorregulação, o animal de cativeiro deve ter, ou adquirir rapidamente, comportamentos migratórios, anti-predador e de procura de alimento quando colocado em ambiente natural (Heggberget *et al.* 1992).

Os juvenis destinados a acções de repovoamento devem ser criados em condições que lhes permitam adquirir experiência necessária (ao nível do comportamento de procura de alimento, de fuga, anti-predador e migratório) para ficarem aptos a viver em liberdade. Idealmente, as aquaculturas deveriam produzir juvenis com características comportamentais e fisiológicas idênticas aos seus homólogos selvagens (Brown e Laland 2001).

No entanto, parece que a produção de alevins viáveis para sobreviver na natureza não é uma questão que guie as práticas de produção. As unidades de aquacultura que fazem repovoamento dedicam os seus esforços à produção em grandes quantidades e não às questões biológicas e ecológicas (Johnsson 1993). Também existem evidências de que a reprodução artificial resultou em divergências genéticas das estirpes de cultura, comparativamente, às selvagens (Petersson *et al.* 1996). O motivo dessa divergência pode estar relacionado com a pressão da selecção natural e sexual que foi alterada ou diminuída durante o processo de reprodução artificial (Brown e Laland 2001).

Pode ser possível contornar as modificações comportamentais através do enriquecimento do ambiente em que os peixes de cultura são criados, incluindo treino de procura de alimento e treinos anti-predador antes da libertação na natureza (Wiley *et al.* 1993). Outra opção interessante para diminuir as diferenças genéticas entre os peixes de cultura e os selvagens é a alteração dos stocks de cultura, através da introdução de genes de indivíduos selvagens (Carvalho e Cross 1998).

Para aumentar o sucesso das acções de repovoamento é necessário compreender bem a dinâmica da interacção entre a espécie e o ambiente em que vai ser libertada. Sem essa compreensão, as tentativas de repovoamento, em muitos casos, não passam de tentativas que mais se aproximam de um jogo de sorte ou azar do que, propriamente, de práticas de boa ciência (Olla *et al.* 1998).

Para que uma estratégia de repovoamento seja efectiva, esta deve ser baseada numa total compreensão de toda a sequência natural de recrutamento e associações com o habitat que caracterizam o ciclo de vida natural da espécie (Figura 9). Em muitas espécies verifica-se uma sucessão de recrutamentos à medida que os peixes desenvolvem e alteram a sua relação com o ambiente. Uma correcta intervenção apenas deverá ocorrer quando os factores que causaram o declínio do número de indivíduos são identificados. A escolha dos peixes a ser libertados reveste-se de particular importância, uma vez que estes deverão estar à altura dos desafios que vão enfrentar no ambiente selvagem, sem perturbar as populações selvagens. Neste sentido, as características genéticas e comportamentais dos indivíduos são factores decisivos (Olla *et al.* 1998).

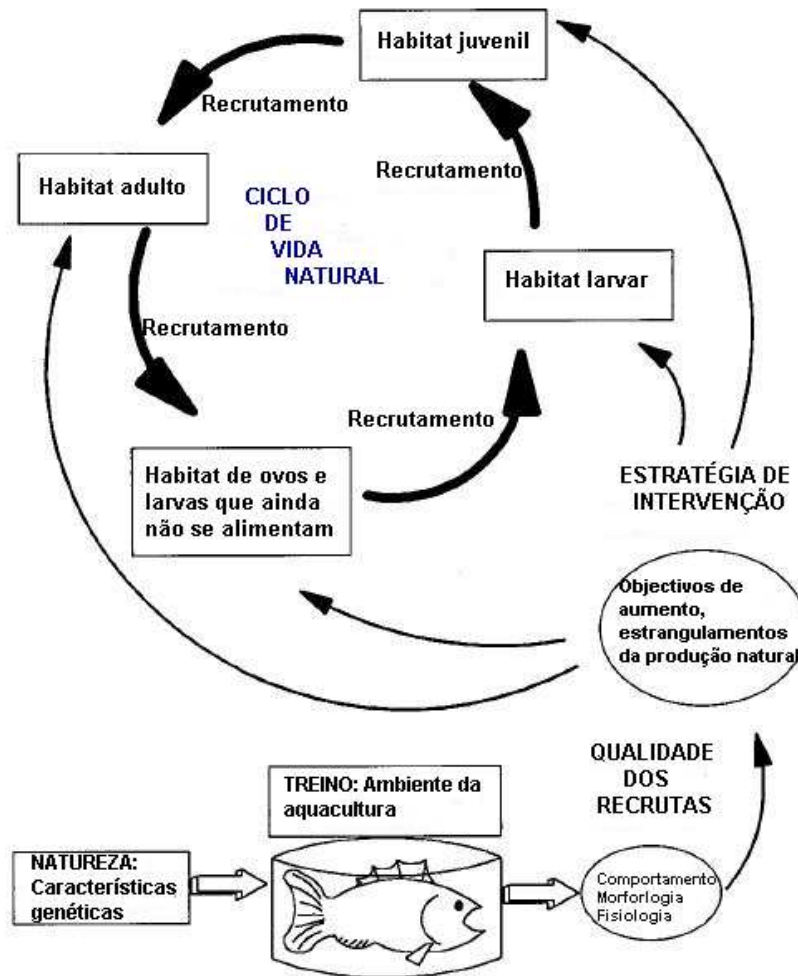


Figura 9 – Aumento das reservas naturais com peixes provenientes de aquacultura. Os peixes criados em cultura possuem as suas características genéticas e sofrem aí as influências de tudo aquilo com que têm contacto. A qualidade dos peixes resultantes reflecte-se a nível do comportamento, morfologia e fisiologia. Os peixes são então introduzidos na natureza respeitando uma cuidadosa estratégia de intervenção que considera os objectivos de aumento da população natural e os problemas de reprodução dos “stocks” naturais. Estes “stocks” sofrem, então, uma série de recrutamentos que podem influenciar habitats com indivíduos em vários estádios do seu desenvolvimento (adaptado de Olla *et al.* 1998).

6.3.2 - Repovoamento de trutas

A qualidade de vários rios truteiros tem diminuído devido à contaminação, à ausência de manutenção e suas consequências, bem como aos trabalhos intempestivos (limpezas, modificações, dragagens, etc.) que ocorreram, sobretudo nos últimos 50 anos. As acções de repovoamento são uma preocupação actual que parte do princípio de que a produção natural é insuficiente ou inexistente, servindo estas introduções para combater as carências ou instaurar a reprodução (Breton 2007).

A truta comum é um dos vários salmonídeos que são utilizados em acções de repovoamento. Existem várias estratégias de repovoamento que diferem de local para local, de exploração para exploração e ainda tendo em conta a época do ano. Uma das estratégias utilizadas passa pela libertação de grandes quantidades de alevins logo que estes acabam de absorver a vesícula vitelina, directamente, sobre o cascalho do fundo dos rios. Outra forma de acção consiste na utilização de peixes jovens (3-4 meses) que se introduzem nos rios, sobretudo em Maio. Esta estratégia origina resultados interessantes, particularmente em zonas de planície e locais onde existem poucos predadores. Pelo contrário, a introdução de peixes jovens em França, no Outono, dá resultados, normalmente, decepcionantes (Breton 2007).

Os peixes de cultura são, habitualmente, mais agressivos que os selvagens (Swain e Riddell 1990). No entanto, Delacoste (1995) defende que os peixes de cultura se mostram, na verdade, menos agressivos que os peixes selvagens, pelo menos durante a sua fase de adaptação ao novo ambiente. Convém referir que os peixes provenientes de cultura efectuem, assim que são libertados, deslocamentos que podem implicar que 80% dos indivíduos introduzidos deixem o local onde foram libertados (Teixeira *et al.* 2006).

Em observações subaquáticas efectuadas no rio Baceiro e no rio Sabor (Parque Natural de Montesinho – Nordeste de Portugal), Teixeira e seus colaboradores (2006) verificaram que existem diferenças na exploração do microhabitat entre os peixes provenientes de cultura e os indivíduos selvagens. Os peixes provenientes de cultura apresentaram maior tendência para se dirigirem a poços fundos, se deslocarem mais próximo da superfície e em locais com corrente menos forte que as trutas selvagens. Em adição, as trutas selvagens demonstraram uma clara preferência por locais com cascalho grosseiro e com cobertura (vegetação ou pedras).

6.3.3 - Capacidade de sobrevivência

Mirza e Chivers (2000) verificaram que os peixes criados em cultura sofrem uma redução do seu comportamento natural. Um peixe criado nas condições típicas de cativeiro é sujeito a um condicionamento muito diferente do de um indivíduo selvagem. A densidade de peixes é centenas de vezes mais elevada que na natureza, o fluxo e a temperatura da água são praticamente constantes, a alimentação é regular, há falta de esconderijos e ausência de predadores (Wiley *et al.* 1993).

O desenvolvimento em cultura priva o animal de adquirir determinadas “experiências de vida”, como a procura de alimento ou o evitar de predadores. Sem esta aquisição de conhecimento, o comportamento do animal desenvolve-se, consideravelmente, menos (Curio 1993).

Um maior tamanho corporal beneficia, especialmente, as espécies migradoras porque os custos de movimento e as necessidades metabólicas diminuem com o aumento do tamanho. Além disso, o risco de predação também diminui (Arendt 1997).

No processo de crescimento, parece ser crucial o animal ter a capacidade de reconhecer, capturar e ingerir presas desde muito cedo com vista à sua sobrevivência (Sundström e Johnsson 2001). Segundo os mesmos autores, os peixes criados em aquacultura são alvo destes prejuízos, principalmente, nos primeiros dias após a libertação, o que se deve à sua tendência para deslocamento em grupo, típica nos tanques de aquacultura. Assim, a velocidade, agilidade, capacidade de vigilância e resistência são atributos que o peixe deve desenvolver o mais cedo possível. (Brodie 1989; Lima e Dill 1990). Muitos programas de repovoamento falham devido a problemas relacionados com a predação (Griffin *et al.* 2000). Os programas de criação que incluem alguma forma de experiência predatória, para os animais de cultura, podem reduzir o risco de predação após a libertação na natureza (Suboski e Templeton 1989).

Além disso, segundo Thompson e Tufts (1967) as elevadas taxas de mortalidade verificadas após libertação de peixes de cultura também estão relacionadas com uma adaptação dos predadores, que passam a preferir estas presas fáceis em detrimento dos peixes selvagens, mais desconfiados e mais difíceis de capturar.

O comportamento anti-predador é, frequentemente, um exercício com custo energético porque é feito com prejuízo de outras actividades. Numa situação de criação em cultura, onde a pressão predatória é muito baixa, o tempo e a energia gastos a evitar predadores podem ser gastos em busca de alimento ou na reprodução (Ryer e Olla 1998). Por esta razão, o comportamento anti-predador começa a degradar-se assim que a presa deixa de estar sujeita à pressão predatória (Brown e Laland 2001).

Os peixes provenientes de cultura sem qualquer tipo de experiência prévia, quando libertados, demonstram uma tendência para se aproximarem dos predadores, atraídos pelos seus movimentos. Este comportamento pode ser copiado por outros peixes pouco

experientes que se encontrem por perto e este tipo de resposta pode ser fatal (Brown e Warburton 1999).

Uma técnica que pode ser utilizada para reduzir o risco de predação consiste em efectuar um condicionamento clássico (Pavlov 1927), mas adicionando-lhe um estímulo novo (neste caso a visão de um predador) e associa-la com um estímulo negativo, o que leva a que o indivíduo aprenda a ter aversão à presença do predador. Com este método, os animais sem medo inato podem ser condicionados a responder à presença de predadores e os animais com baixa resposta a predadores podem adquirir uma resposta mais efectiva (Griffin *et al.* 2001).

Em salmonídeos e em muitas espécies de peixes ocorre um fenómeno muito curioso quando um indivíduo é atacado. Quando esse ataque ocorre, se o predador infligir dano na pele, o peixe atacado liberta uma substância de alarme (conhecida como químico “Schreckstoff”) por umas células especializadas da epiderme. Essa substância vai accionar uma resposta inata de medo e este facto poderá ser explorado em cultura para preparar os indivíduos para evitarem os predadores, mesmo sem nunca terem contacto directo com eles (Mirza e Chivers 2001). Em adição, Chivers e Smith (1995) demonstraram que os peixes utilizam mensagens químicas para avisarem os conspecíficos da presença de predadores.

Uma das formas de condicionamento para aumentar o sucesso do repovoamento é através do contacto com o odor de um predador. Os salmões do Atlântico juvenis aumentam a taxa de ventilação opercular como resposta à presença de um predador e a sua magnitude é influenciada pelo tipo de predador (Hawkins *et al.* 2004) e pelo nível da ameaça (Hawkins *et al.* 2007).

Uma exposição a um extracto de pele de um conspecífico e ao odor de um predador permite ao peixe reconhecer esse predador por períodos de tempo variável, dependendo da espécie (na truta arco-íris por exemplo, o reconhecimento do predador mantém-se por 21 dias após a exposição) e a força da resposta vai diminuindo com o decorrer do tempo (Brown e Smith 1998). Várias formas de condicionamento para fuga a predadores foram tentadas. Uma abordagem possível consiste em associar um acontecimento negativo (ex: correntes eléctricas) com a aparição de um modelo de predador (Thompson 1966). Outra alternativa consiste em colocar peixes juvenis em contacto com um predador vivo (Kanid'hev *et al.* 1970; Jarvi e Uglem 1993). Um terceiro método pode ser a colocação de

um predador num local, a partir do qual, possa ser visto pelos juvenis (Jarvi e Uglem 1993; Berejikian 1995).

Outras medidas que podem contribuir para uma melhor taxa de sobrevivência dos peixes sujeitos a repovoamento passam pela manipulação da densidade, pela distribuição espacial e temporal do alimento, a disponibilidade de refúgios, bem como a diminuição do stress de manejo e transporte (Olla *et al.* 1998).

6.3.4 - A influência do stress

O treino dos peixes para apresentarem comportamentos mais próximos do natural não é, por si só, suficiente para garantir o sucesso das acções de repovoamento. Um factor a ter em conta é o stress que o processo de manejo, transporte e libertação causam no peixe, deixando-o mais vulnerável ao ataque dos predadores (Olla *et al.* 1998). Assim, os indivíduos sujeitos a stress são alvo de mortalidade mais elevada e o tempo até recuperarem (apresentação de capacidade de fuga idêntica às dos indivíduos não sujeitos a stress) depende da intensidade do stress e do stock em causa (Olla *et al.* 1995). Os mesmos autores referem que em smolts de Salmão do Pacífico, o aumento da vulnerabilidade a predadores ocorre devido a elevadas concentrações de cortisol, 4 horas após o stress ter sido imposto. Após 24 horas, a vulnerabilidade a predadores, induzida pelo stress, volta a níveis mais baixos.

A transferência de aquacultura para laboratório causa bastante stress nos peixes. Em smolts de salmão do Pacífico, este tipo de transferência pode fazer com que 31% dos peixes pare de comer, um problema que se mantém durante alguns dias (Paszkowski e Olla 1985). Miller (1954) verificou que a transplantação de *Salmo clarki* de cultura e selvagem para cursos de água, não familiares, causa diminuições na alimentação e perda de peso durante várias semanas. Mesmo que os stocks selvagens possam, eventualmente recuperar, os stocks provenientes de aquacultura têm muito mais dificuldade em recuperar os seus hábitos alimentares (Olla *et al.* 1998). No entanto, a resistência ao manejo é muito diferente nas várias espécies e os efeitos do stress na alimentação devem ser estudados tendo em conta essas diferenças entre as espécies (Olla *et al.* 1998).

As interacções sociais, quer no meio selvagem, quer em aquacultura, podem induzir stress e, potencialmente, afectar a aquisição de alimento muito tempo depois de o motivo

causador de stress ter cessado. Em espécies que exibem uma clara hierarquia, a subordinação prolongada pode causar deficiências comportamentais que persistem mesmo depois dessa subordinação terminar (Olla *et al.* 1998).

6.4 – Comportamento alimentar

Segundo Olla e seus colaboradores (1998) os peixes criados em cativeiro, normalmente, consomem menos alimento e menos tipos de presas face aos seus homólogos selvagens quando são libertados na natureza. Estes autores também referem que os peixes provenientes de aquacultura demoram mais tempo a mudar para novas presas e a sua menor experiência também se reflecte em menor crescimento e capacidade de sobrevivência. Num ambiente de cultivo industrial, a experiência de alimentação dos alevins é restringida a granulados comerciais de tamanho adequado que não apresentam mobilidade. Outra falha grave na aquisição de experiência destes peixes incide no facto de não terem de fugir de predadores, nem de definir territórios (Olla *et al.* 1998). Por isso, um peixe criado em cativeiro, quando libertado na natureza, demonstra deficiências no comportamento de procura de alimento, dado o ambiente a que foi submetido (Sosiak *et al.* 1979; Johnsen e Ugedal 1989).

Vários estudos revelam que os salmonídeos, como a truta arco-íris e a truta comum, são capazes de melhorar o seu comportamento de alimentação através da aprendizagem. A aprendizagem em cultura provoca melhorias ao nível do reconhecimento da presa, na sua selecção e na forma como o peixe lida com esta (Brown e Laland 2001). Assim, a aprendizagem é, especialmente, importante no ambiente selvagem, já que transmite conhecimentos que aumentam a eficiência do comportamento de procura de alimento, adaptando-o a circunstâncias variáveis (Hughes *et al.* 1992). Na natureza, a abundância das presas e o seu valor trófico podem-se alterar, consideravelmente, e a aprendizagem é o processo através do qual os indivíduos podem ajustar o seu comportamento de acordo com os custos e benefícios associados com determinadas tipos de presas (Brown e Laland 2001).

Após a introdução num novo ambiente, muitas vezes, os peixes param de comer e podem demorar vários dias até voltarem a procurar alimento (Paszkowski e Olla 1985). Na tabela 1 estão apresentados alguns problemas que os peixes sujeitos a um condicionamento convencional em aquacultura podem sofrer quando libertados na natureza e algumas medidas possíveis para combater esses problemas.

Problemas	Possíveis soluções
-Reconhecimento, captura e maneoio da presa	-Exposição a presas vivas e estímulos predatórios
-Uso apropriado do habitat	-Simulação do habitat apropriado para a espécie
-Decréscimo alimentar induzido por stress	-Mitigação do stress devido à criação e ao transporte
-Hiper-agressividade (longa subordinação afectando a competição pelos recursos)	-Alteração da densidade dos peixes; distribuição do alimento e simulação do habitat natural
-Diminuição ou ausência de instrução em grupo (interacções sociais cooperativas)	-Alteração da distribuição espacial e temporal do alimento

Tabela 1 – Problemas comportamentais em peixes que desconhecem presas naturais vivas e possíveis soluções (adaptado de Olla *et al.* 1998).

Para espécies cujo comportamento em grupo é facultativo, embora esse comportamento possa ser inato, o ambiente de cultura pode ter um papel importante no que diz respeito à manifestação desse comportamento, após libertação na natureza (Olla *et al.* 1998). A manipulação espacial e temporal da distribuição de alimento pode alterar a forma como os indivíduos se deslocam, quer actuando em cardume, quer realizando actividades individuais. Quando condicionados a alimentarem-se de alimento distribuído de forma dispersa, os peixes não demonstram qualquer interesse pelo comportamento dos conspecíficos. No entanto, se o alimento for fornecido em porções mais densas e apresentado com intervalos de tempo aleatórios, os peixes adquirem um comportamento de alimentação em grupo, observando e reagindo aos comportamentos dos conspecíficos. Este comportamento mantém-se por 7 dias após a alteração do regime de alimentação (Ryer e Olla 1992; 1995a).

Em juvenis de salmão *Oncorhynchus keta* criados com alimento que era libertado numa única localização do tanque (um ou dois grânulos de cada vez; alimentação localizada), estes demonstraram maior variabilidade individual no crescimento face aos grupos alimentados com alimento distribuído por toda a superfície da água (alimentação dispersa; Ryer e Olla 1995b). A alimentação dispersa não permite um favorecimento tão evidente dos indivíduos dominantes, pois assim, não conseguem monopolizar a maior

parte do alimento, sendo obrigados a ingerir uma quantidade de alimento semelhante à dos indivíduos subordinados (Olla *et al.* 1998).

Peixes de cultura, depois de libertados, tendem a dirigir-se para locais inapropriados em busca de alimento. Muitas vezes, colocam-se em posições a meio da corrente para terem acesso a determinadas presas e ficam, conseqüentemente, expostos a águas com grande velocidade. Os peixes selvagens, pelo contrário são especialistas em utilizar a corrente a seu favor, muitas vezes deslizando, propositadamente, em direcção às presas. Os peixes de cultura também são, frequentemente, encontrados numa posição elevada da coluna da água, ficando assim expostos a predadores aéreos e diminuindo o seu contacto com presas bentónicas. Além disso, cansam-se mais, pois muitas vezes, a corrente é mais forte na superfície (Brown e Laland 2001).

Os peixes enfraquecidos pela falta de alimentação têm maior probabilidade de serem vítimas de predadores. Como tal, um comportamento de procura de alimento inapropriado pode contribuir, indirectamente, para uma maior mortalidade causada por predação nos peixes de cultura (Brown e Laland 2001).

Quando são libertados indivíduos selvagens em simultâneo com indivíduos criados em aquacultura, várias diferenças comportamentais, relativas à alimentação, podem ocorrer. Na figura 10 podem ser consultados alguns dados que demonstram essas diferenças.

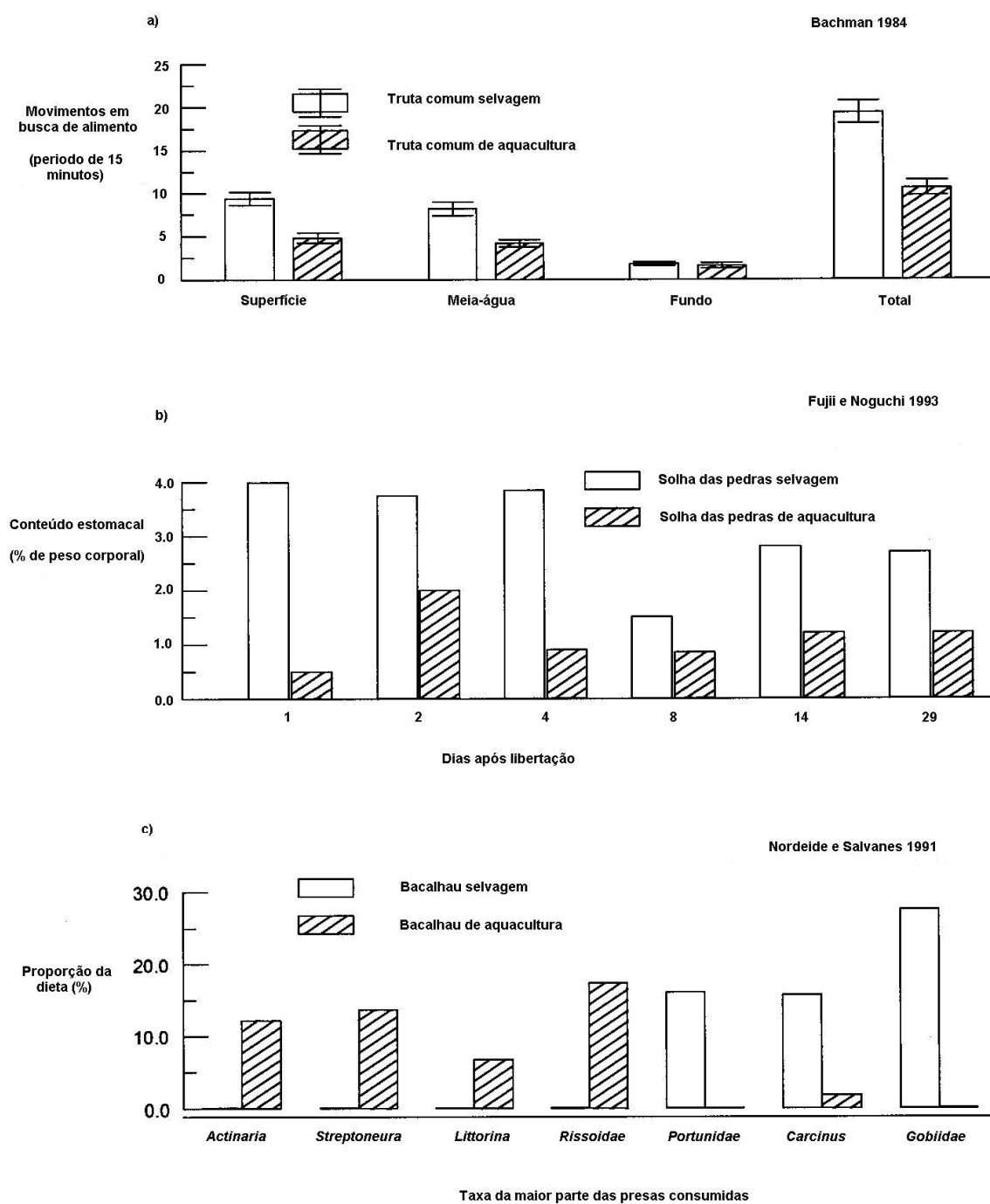


Figura 10 – Capacidade dos peixes criados em aquacultura para se adaptarem a alimentos naturais, após libertação na natureza. (a) Número de movimentos em busca de alimento num período de 15 minutos (média $\pm$ desvio padrão) para trutas comuns selvagens e de cultura à superfície, meia-água e fundo da coluna de água. (b) Conteúdo estomacal (percentagem de peso corporal) para solhas de origem selvagem e de cultura nos primeiros dias após libertação. (c) Taxa das presas consumidas (percentagem da dieta) para bacalhaus selvagens e de aquacultura. Dados adaptados por Olla *et al.* 1998.

A truta comum de cativeiro, pouco tempo após a libertação na natureza, consome menos presas que os peixes selvagens (Bachman 1984). Fujii e Noguchi (1993) utilizando solha Japonesa (*Paralichthys olivaceus*), verificaram que, quando a principal presa dos peixes selvagens (mysids) existe em pequena quantidade, os peixes provenientes de cultura e recentemente libertados, consomem presas diferentes dos indivíduos selvagens. As taxas de alimentação e crescimento das solhas selvagens foram melhores que as solhas provenientes de aquacultura, independentemente, da abundância de mysids. De modo algo semelhante, os bacalhaus criados em cultura, quando libertados, parecem preferir presas que se locomovem de forma lenta como caracóis ou bivalves, enquanto que os peixes selvagens se alimentam de pequenos peixes e crustáceos. Tal diferença deixa de ser evidente, nesta espécie, passado um mês da libertação (Nordeide e Salvanes 1991).

Teixeira e Cortes (2006) mostraram que as trutas comuns provenientes de aquacultura, quando em liberdade optam, preferencialmente, por presas que podem capturar próximo da superfície, nomeadamente, insectos terrestres adultos. Já as trutas selvagens têm uma alimentação muito mais variada e aproveitam mais tipos de presas, quer invertebrados aquáticos bentónicos, quer pequenos organismos terrestres. As observações destes investigadores em rios portugueses demonstraram ainda que esta diferença no tipo de presas consumidas contribui para que não haja competição evidente por alimento entre os stocks selvagens e de cultura.

Fornecendo aos peixes a oportunidade de adquirirem experiência, relativamente, a novas presas, vários factores relacionados com a captura de presas podem ser melhorados. Assim, alguns aspectos como o tempo de reacção, a velocidade do ataque, o tempo de captura e o sucesso de apreensão da presa podem ser alterados (Croy e Hughes 1991).

6.4.1 - Utilização de alimentos alternativos

Em aquacultura (quer de consumo, quer de repovoamento) é habitual a utilização de alimentos comerciais baseados em dietas secas inertes. A utilização de fontes alimentares não convencionais (alimentos vivos) no desenvolvimento de larvas e juvenis pode ser um factor importante no crescimento, podendo ainda, actuar no sentido de promover alguma apetência para captura de presas vivas, aquando da posterior libertação do peixe em ambiente natural.

Apesar da complexidade da questão, relativa ao deficiente comportamento de procura de alimento nos peixes de cultura, existem poucas dúvidas de que a exposição a presas vivas aumenta a eficiência desse comportamento. A atracção para novas presas pode ser complementada com aquisição de conhecimento fornecido pelos conspecíficos (Ryer e Olla 1991, 1992; Sundström e Johnsson 2001).

Stradmeyer e Thorpe (1987) mostraram que salmões do Atlântico criados em aquacultura aceitaram uma alteração na alimentação, de “grânulos secos” para presas vivas, em apenas uma hora e meia e 16 tomas de alimento. Esta espécie é capaz de alterar a escolha do seu alimento para um modelo que se aproxime mais das suas presas naturais (Reiriz *et al.* 1998). Paszkowski e Olla (1985) verificaram que os smolts de salmão do Pacífico criados com alimento comercial, dada a possibilidade de escolha entre este tipo de alimento e presas vivas (camarão do género *Crangon*), estes optaram preferencialmente pelas presas vivas. A rápida transição de um alimento para o outro indica que a atracção inata para o estímulo que representa um animal em movimento persiste num animal de cultura (Olla *et al.* 1998).

Embora os resultados de experiências em várias espécies sugiram que os peixes de cultura possam mudar de alimento artificial para alimento vivo, existem algumas indicações de que alguns indivíduos de uma dada população não o consigam fazer. É também importante perceber que uma boa capacidade de adaptação a um novo regime alimentar não é garantia de sucesso após a libertação na natureza (Olla *et al.* 1998).

Kestmont e Stalmans (1992) verificaram que as larvas da espécie *Phoxinus phoxinus* alimentadas com uma dieta à base de alimento congelado (nauplios de *Artemia*) ou com uma dieta misturada de nauplios de *Artemia* com comida seca se desenvolveram melhor que as larvas alimentadas apenas com alimento seco. Kamler *et al.* (2008) concluíram que no cultivo de peixes ciprinídeos a inclusão de alimento congelado, à base de presas naturais, provocou um crescimento mais rápido e uma menor incidência de deformações físicas. Assim, a utilização de alimento congelado durante o desenvolvimento de peixes pode ser determinante para a sua posterior libertação no estado selvagem, pois além de preparar o animal para a captura activa das suas presas, também permite que este seja libertado em melhores condições físicas.

Persson (1985) utilizou percas (*Perca fluviatilis*) e uma mistura de dois tipos de presas, uma bentónica e uma pelágica (larvas de *Chaoborus* e *Daphnia*, respectivamente) tendo verificado que a eficiência no consumo de novas presas era inferior, porque os peixes

tentavam utilizar a mesma técnica de captura para os dois tipos de presa. No entanto, parece existir uma diferença considerável quanto ao tipo de predador, já que alguns predadores têm maior eficiência quando se especializam em apenas um tipo de presa, enquanto que outros predadores são mais generalistas e flexíveis a diferentes estratégias de procura de alimento (Marschall *et al.* 1989).

A observação de conspecíficos consumindo um novo alimento pode influenciar as preferências alimentares individuais. Templeton (1987) observou que os juvenis de *Ambloplites rupestris* quando tinham acesso visual a um conspecífico, consumindo uma presa alternativa, demonstravam maior apetência para utilizarem esse alimento face aos peixes que nunca tiveram esse tipo de contacto visual.

Embora existam grandes indícios da possibilidade de ensinar aos peixes novos comportamentos de procura de alimento, o potencial para treinar peixes de cultura em grandes quantidades através de protocolos de aprendizagem social permanece pouco explorado (Brown e Laland 2001).

Material e Métodos

O estudo que a seguir se apresenta foi realizado na Unidade Experimental de Piscicultura (UEP) do Departamento de Zootecnia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) e teve como principal objectivo avaliar o efeito da inclusão de alimento vivo no desenvolvimento do estímulo predatório e na performance do crescimento de juvenis de truta (*S. trutta*).

A recolha, preparação e determinação analítica de todas as amostras foi efectuada no laboratório de preparação de alimentos compostos da UEP da UTAD e nos Laboratórios de Fisiologia Animal e Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UTAD.

O estudo compreendeu 1 ensaio de alimentação clássico com duração de 10 semanas e um ensaio complementar de 10 dias.

1 - Dietas experimentais

Foi utilizada uma dieta comercial extrudida para truta (2.5 mm) adquirida à empresa Sorgal S.A. (Ovar, Portugal) que serviu de alimento de base para os 2 ensaios de alimentação. O alimento vivo consistiu em larvas de mosquito vermelhas Quironomo (*Culex* sp.) congeladas, adquiridas a uma empresa da especialidade (Orniex S.A.; Vila Nova da Gaia, Portugal). Nas tabelas 2 e 3 são apresentados os perfis em ingredientes e a composição química das dietas utilizadas.

	Valores médios
Humidade	10% (max)
Proteína Bruta	44% (min)
Gordura Bruta	22% (min)
Cinzas	9% (max)
Fibra Bruta	2.5% (max)
Fósforo Total	1.5% (max)
Vitamina A (UI kg ⁻¹)	5000
Vitamina D3 (UI kg ⁻¹)	1600
Vitamina E (mg kg ⁻¹)	250
Vitamina C (mg kg ⁻¹)	100
Energia Bruta (kJ g ⁻¹)	22.1
Energia Digestível (kJ g ⁻¹)	19.5
DP/DE (MJ kg ⁻¹)	20.5

Tabela 2 – Composição química da dieta comercial (Sorgal*).

* Dados declarados pelo fabricante

Parâmetro	
Humidade (%)	80,9 ± 0.03
Proteína Bruta (%MS)	48,7 ± 0.35
Gordura Bruta (%MS)	13,5 ± 0.1
Cinzas (%MS)	11,8 ± 0.11
NFE (%MS)	18,9 ± 0.04

Tabela 3 – Composição* proximal (g 100⁻¹ g) das larvas de mosquito vermelho.

*Valores (média ± desvio-padrão) de 6 amostras

2 – Protocolo experimental do ensaio de alimentação de 10 semanas

Para a realização dos ensaios foi utilizado um lote de 600 juvenis de truta comum (*S. trutta*), gentilmente cedidos pelo Posto Aquícola do Torno (Amarante). Os peixes foram mantidos e alimentados na UEP da UTAD até atingirem um peso médio de $10,5 \pm 0,1$ g.

Foram constituídos 6 grupos homogêneos de 50 peixes e distribuídos, aleatoriamente, em 6 tanques de fibra de vidro (300 L de capacidade) num sistema aberto de circulação de água. Os triplicados de cada um dos tratamentos – dieta controlo (C) e Alimento vivo (Av) - foram alimentados manualmente, a cerca de 2% do peso vivo, duas vezes por dia (09.30 e 18.00 h) durante 10 semanas.

O pH, amónia, nitritos, nitratos e fosfatos da água foram monitorizados durante a experiência e mantidos em níveis adequados a esta espécie. A temperatura média da água foi de 12 ± 1 °C e os animais foram submetidos a fotoperíodo natural.

Às 3 e 6 semanas os peixes foram sujeitos a uma pesagem de grupo para avaliação do crescimento, contabilização do alimento ingerido e respectivo ajuste alimentar. No início e final da experiência, os peixes foram medidos e pesados individualmente para determinação dos parâmetros de crescimento e condição corporal.

Antes das amostragens, os peixes foram deixados em jejum durante 24 h e seguidamente anestesiados (etileno-glicol-mono-fenil-éter; MERCK) tendo todos, posteriormente, recuperado completamente da anestesia.

Os peixes do tratamento (C) foram alimentados durante as 10 semanas do ensaio apenas com a dieta comercial enquanto os triplicados do tratamento (Av) foram gradualmente habituados ao alimento vivo. Assim, este grupo (Av) foi alimentado durante a primeira semana do ensaio com 90% de dieta comercial e 10% de larvas de mosquito vermelhas congeladas, sendo que a quantidade de alimento comercial foi, progressivamente, substituída pelo equivalente em peso fresco de larvas vermelhas, até perfazer 100% do alimento distribuído na décima semana do ensaio (Tabela 4). As quantidades diárias de larvas de mosquito foram previamente descongeladas antes de serem fornecidas aos peixes. Neste ensaio, a quantidade de alimento fornecido a ambos os grupos foram ajustadas com uma frequência semanal e os peixes não foram alimentados *ad libitum* ou até a saciedade visual aparente.

Grupo Av		
Semana	Alimento comercial (%)	Larvas vermelhas (%)
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50
6	40	60
7	30	70
8	20	80
9	10	90
10	0	100

Tabela 4 – Protocolo alimentar utilizado para o desmame do alimento comercial do grupo (Av).

No final do ensaio, após a determinação dos parâmetros do crescimento, os peixes foram mantidos nos mesmos tanques para serem submetidos a avaliação das diferenças de comportamento alimentar. Para o efeito, foram feitos grupos duplicados para cada um dos tratamentos. Os grupos foram reduzidos a 25 peixes em cada um dos tanques para facilitar a avaliação do comportamento e respectivas filmagens. Uma vez que os peixes do grupo (Av) se apresentavam com menor índice de condição corporal e para eliminar possíveis interferências no estudo do instinto predatório, o manejo alimentar foi ligeiramente alterado: todos os grupos, independentemente do regime alimentar a que estavam submetidos (Dieta C ou Av), passaram a ser alimentados, durante os 15 dias seguintes, até à saciedade visual aparente.

3 – Protocolo experimental do ensaio de alimentação de 10 dias

Este ensaio complementar de 10 dias foi estruturalmente semelhante ao ensaio de 10 semanas, sendo que o processo de desmame (Tabela 5) foi encurtado para 10 dias. Neste caso, foram efectuadas correcções diárias da percentagem de larvas vermelhas fornecida e foram utilizados grupos triplicados homogéneos de 20 peixes (tratamentos C2 e Av2). Neste complemento experimental foram utilizados peixes provenientes do lote inicial e, por isso, sem terem sido submetidos a qualquer tipo de alimento alternativo com excepção do alimento comercial. Neste ensaio, a quantidade de alimento fornecido a ambos os grupos foi corrigida diariamente.

Grupo Av2		
Dia	Alimento comercial (%)	Larvas vermelhas (%)
1	90	10
2	80	20
3	70	30
4	60	40
5	50	50
6	40	60
7	30	70
8	20	80
9	10	90
10	0	100

Tabela 5 – Protocolo alimentar utilizado para o desmame do alimento comercial do grupo (Av2).

4 – Avaliação do comportamento alimentar (estímulo predatório)

Para avaliar as diferenças de comportamento alimentar, foram utilizadas amostras de pesca desportiva (às quais foi removido o anzol) com o objectivo de simularem diferentes presas. Na figura 11 apresentam-se as várias amostras utilizadas: mosca preta, abelha, amostra metálica, fio vermelho – simulando a larva de mosquito – e peixe pequeno. Para uma óptima caracterização do comportamento predatório, as amostras foram apresentadas (passagens) em 3 locais diferentes: acima da água, na superfície da água e na zona média/baixa da coluna de água. As amostras foram apresentadas aos peixes, aleatoriamente e em duplicado, por períodos de 180 segundos utilizando para o efeito uma cana de pesca telescópica que assegurou um distanciamento mínimo de 3.5 m saindo do alcance visual dos peixes.



Figura 11 – Amostras de pesca utilizadas no ensaio: mosca preta, abelha, amostra metálica, fio vermelho, peixe (da esquerda para a direita).

Nos tanques foi montado um sistema de filmagem (Figura 12) para registar o comportamento das trutas durante a apresentação das amostras. Este sistema utilizou duas câmaras de vídeo (Quanan Vídeo System): uma a cores e outra de infra-vermelhos. As câmaras foram ligadas a uma placa-TV (Pinnacle PCTV Analog Pró USB) através de cabos (2+2 RCA Macho 2.5 MT) e alimentadas por um Alimentador 12 VDC a 500 mA. Este sistema foi montado dentro de uma proveta de 2000 mL com aplicadores em material esponjoso que fixaram a altura pretendida para as câmaras. A câmara de infra-vermelhos ficou posicionada de forma a captar as amostragens acima e à superfície da água, enquanto que a câmara a cores ficou posicionada para gravar as amostragens na zona média/baixa da coluna de água. Para posicionar, correctamente, a proveta dentro dos tanques foi utilizada uma “garra” em arame que permitiu fixar este sistema à parede

lateral do tanque. A placa-TV, por sua vez, ficou ligada a um computador portátil (Toshiba Satellite L40) que fez a gravação dos clips de vídeo através do software Pinnacle Media Center. Um holofote de halogéneo de 500 W foi utilizado para uma correcta visualização das imagens subaquáticas, tendo as trutas sido habituadas à sua presença (ligado entre as 09.30 e 18.00 h) durante um período mínimo de 7 dias.

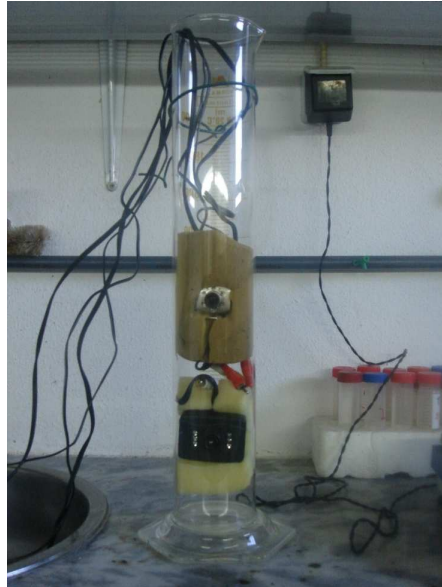


Figura 12 – Sistema de filmagem. Na parte superior da proveta de vidro foi colocada uma câmara de infra-vermelhos enquanto na parte inferior foi colocada uma câmara a cores (ambas fixadas através dos aplicadores).

Em ambos os ensaios, na avaliação do comportamento predatório, os peixes foram testados com as mesmas amostras (mosca preta, abelha, amostra metálica, fio vermelho e peixe).

5 – Métodos analíticos

A humidade foi determinada por secagem em estufa com ventilação forçada de ar a 65 °C até obtenção de peso constante. O teor em proteína bruta (Nx6.25) foi determinado pelo método de Kjeldahl após digestão ácida em amostras de 1 g, de acordo com as normas ISO [ISO 5983-1979 (E)]. As cinzas foram determinadas após incineração em mufla a 600°C, durante duas horas. O teor em matéria orgânica (MO) foi calculado por diferença entre a matéria seca (MS) e as cinzas. Após hidrólise prévia, a gordura bruta foi determinada por extracção contínua com éter de petróleo durante 45 minutos num aparelho Tecator HT6.

6 – Análise estatística

Os resultados relativos aos parâmetros do crescimento foram apresentados sob a forma média $\pm$ desvio-padrão e processados através do software XLSTAT package (Versão 2008.7.01; Copyright Addinsoft 1995-2008). Os valores foram sujeitos a análise de variância (ANOVA) e, quando apropriado, as médias foram comparadas com o teste Newman-Keuls.

Os dados relativos ao comportamento alimentar foram submetidos ao teste de U de Mann-Whitney e/ou analisados com o teste Qui-quadrado através do software SPSS, versão 13.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois). Os valores relativos aos tempos do primeiro e último ataque são apresentados da seguinte forma: Mediana (valor mínimo – valor máximo).

A significância estatística foi testada a um valor de probabilidade de 0.05.

Resultados

1 - Ensaio de alimentação para avaliação do estímulo predatório (10 semanas)

Na tabela 6 apresentam-se os dados relativos ao crescimento e eficiência alimentar dos peixes após 10 semanas de alimentação.

	Dieta				
	Controlo (C)		Alimento vivo (Av)		F
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
Peso médio inicial	10.5	0.1	10.6	0.1	0.5
Peso médio final	27.1 ^a	0.7	18.9 ^b	0.4	283.8
Coeficiente de variação do peso final (%)	26.1 ^a	2.0	19.7 ^b	3.2	8.68
Ganho peso individual	16.6 ^a	0.8	8.4 ^b	0.4	285.0
Ganho de peso mg/peixe/dia	236.4 ^a	10.8	119.7 ^b	5.2	285.0
Ingestão Bruta	902.3 ^a	14.6	489.3 ^b	8.3	1816.7
Ingestão (%MS)	812.1 ^a	13.1	535.9 ^b	7.5	1003.1
Índice de Conversão	0.98 ^a	0.1	1.27 ^b	0.0	50.0
Taxa de Crescimento Especifico	1.3 ^a	0.04	0.8 ^b	0.02	331.9
Taxa de Crescimento Diário	1.15 ^a	0.04	0.67 ^b	0.02	317.6
Índice de Condição Corporal	1.4 ^a	0.04	1.2 ^b	0.03	35.7

Tabela 6 – Parâmetros do crescimento e eficiência alimentar das trutas (10 semanas).

Valores (média ± desvio-padrão) de triplicados. Valores da mesma linha com expoentes diferentes correspondem a diferenças significativas (P<0.05).

Ganho de peso individual = Peso médio final – Peso médio inicial;

Ganho de peso mg/peixe/dia = ((Peso médio final – Peso médio inicial) / Nº de dias do ensaio) * 1000;

Ingestão matéria seca (MS) = Ingestão Bruta * Matéria seca;

Índice de Conversão (%Peso seco) = Ingestão matéria seca / Ganho de peso;

Taxa de Crescimento Específico = ((ln (Peso médio final) – ln (Peso médio inicial)) * 100) / Nº de dias do ensaio;

Taxa de Crescimento Diário = ((Peso médio final ^{0.333} – (Peso médio inicial ^{0.333})) / Nº de dias do ensaio * 100;

Índice de condição corporal = (Peso/ Comprimento³)*100

Após 10 semanas de alimentação, o peso médio final foi significativamente superior (P<0.05) no grupo alimentado com a dieta comercial (tratamento C; 27.1 ± 0.7 g) face aos peixes que foram desmamados e alimentados com alimento vivo (Av; 18.9 ± 0.4 g). Os valores do coeficiente de variação do peso médio final também foram afectados significativamente (p<0.05) pelo regime alimentar. Uma situação idêntica foi observada para o ganho de peso individual e o ganho de peso diário (mg/peixe/dia) em que se observaram valores significativamente superiores (P<0.05) no grupo Controlo. Com efeito, o ganho de peso médio dos peixes do grupo controlo (C) foi de 16.6 ± 0.8 g

enquanto os peixes do grupo (Av) apresentaram ganhos médios de 8.4 ± 0.4 g. A ingestão bruta de alimento, ou corrigida para o peso seco, foi significativamente superior ($P < 0.05$) no grupo (C), quando comparada com a verificada no grupo (Av). Outros parâmetros (Índice de Conversão Alimentar, Taxa de Crescimento Específico e Taxa de Crescimento Diária) avaliados nos peixes alimentados com a dieta comercial apresentaram sempre valores mais favoráveis e significativamente diferentes ($P < 0.05$) daqueles que foram registados nos grupos de peixes sujeitos a desmame (Av). Finalmente, em relação ao Índice de Condição Corporal, o grupo (Av) registou valores significativamente inferiores ($P < 0.05$) aos do grupo (C).

Durante o período experimental os peixes apresentaram uma taxa de sobrevivência elevada e próxima de 100%.

Nas tabelas 6 e 7 apresentam-se os dados relativos ao número de ataques, número de tentativas de ingestão e tempos do primeiro e último ataque obtidos nos dois grupos experimentais (C e Av).

Foi considerado “ataque” qualquer tipo de movimento em que o peixe tocou com a boca na amostra. Uma ingestão efectiva caracterizou-se por um ataque em que o peixe tentou arrastar a amostra, dentro da boca, noutra direcção (para o fundo do tanque, por exemplo). Os dados referem-se a todas as amostragens efectuadas em três zonas da coluna de água (superfície, média/baixa, acima da superfície) e com os cinco tipos de alimentos artificiais (mosca preta, abelha, amostra metálica, fio vermelho e peixe pequeno). O tempo foi contabilizado a partir do momento em que o alimento artificial foi colocado na zona de amostragem pretendida.

	Controlo (C)	Grupo alimento vivo (Av)	(P)
	(n=30)	(n=30)	
Nº ataques	26 ^a	389 ^b	0.000
Ingestão efectiva	2 ^a	83 ^b	0.000

Tabela 6 – Número total de ataques e ingestão efectiva entre os duplicados dos grupos experimentais para a totalidade das amostragens.

Valores na mesma linha com expoentes diferentes são significativamente diferentes ($P < 0.05$).

	Grupo Controlo (C)	Grupo alimento vivo (Av)	(P)
	(n=30)	(n=30)	
Tempo (s) até 1º ataque	52 ^a (1 - 163)	2.5 ^b (1 - 154)	0.002
Tempo (s) do último ataque	137 ^a (1 - 180)	170 ^b (16 - 180)	0.028

Tabela 7 – Tempo (s) do primeiro e do último ataque nos dois grupos experimentais*.

*Valores são Medianas (valor mínimo – valor máximo). Valores na mesma linha com expoentes diferentes são significativamente diferentes ($P < 0.05$).

A análise da tabela 6 demonstra uma diferença vincada entre os dois grupos experimentais relativamente ao número/tipo de ataques. Com efeito, o grupo controlo (C) registou um total de 26 ataques sendo que o grupo (Av) registou um valor de 389, significativamente superior ($P < 0.05$). Relativamente ao número de tentativas de ingestão efectiva, os valores oscilaram entre 2 (grupo C) e 83 (grupo Av) para a totalidade das amostragens, o que revelou diferenças estatísticas ($P < 0.05$) entre os tratamentos.

Em relação aos tempos do primeiro e último ataque (Tabela 7), deve ser referido que no grupo de peixes alimentados com a dieta comercial (dieta C) foram observados ataques em apenas 13 das 30 passagens efectuadas, enquanto que no grupo (Av) se verificaram ataques na totalidade das passagens (n=30) o que se traduziu em diferenças significativas. O tempo mediano do primeiro ataque no grupo (C) foi de 52 (1-163) segundos, sendo este valor significativamente diferente ($P < 0.05$) face ao observado no grupo (Av): 2.5 (1-154) segundos. Também foi possível verificar diferenças significativas ($P < 0.05$) no que diz respeito ao tempo em que ocorreu o último ataque. No grupo (C) o tempo registado foi de 137 segundos enquanto que no grupo Av se verificou um valor mediano de 170 segundos.

Na tabela 8 são apresentados os níveis de interesse demonstrado pelos peixes em todas as passagens de alimento artificial. Um nível de interesse Reduzido verificou-se quando os peixes, durante uma determinada passagem, efectuaram até 4 aproximações à amostra e nenhum ataque. Estas aproximações caracterizaram-se por uma natação rápida em direcção à amostra mas sem qualquer ataque. Na classificação de interesse Moderado, os peixes apresentaram um mínimo de 5 aproximações ou, pelo menos, 1 ataque às amostras. Um interesse Elevado foi registado sempre que ocorreram 5 ou mais ataques aos alimentos fornecidos.

			Interesse			Total
			Reduzido	Moderado	Elevado	
Grupo	Controlo (C)	Passagens	10	19	1	30
		%	33.3	63.3	3.3	100
	Alimento Vivo (Av)	Passagens	0	7	23	30
		%	0	23.3	76.7	100

Tabela 8 – Interesse demonstrado pelos grupos experimentais tendo em conta a totalidade das passagens efectuadas.

Reduzido: menos de 5 aproximações à amostra e nenhum ataque; Moderado: mínimo de 5 aproximações à amostra ou 1 ataque; Elevado: mínimo de 5 ataques.

Os registos em vídeo permitiram tirar resultados relativamente ao interesse demonstrado pelos grupos experimentais. Verificou-se que os peixes do grupo controlo (C) apresentaram níveis de interesse, significativamente, inferiores face aos seus homólogos. Com efeito, neste grupo apenas foi registada uma passagem com interesse Elevado. Já em relação ao grupo alimentado com alimento vivo, esta situação foi observada 23 vezes o que revelou existirem diferenças significativas entre os dois grupos ($P < 0.05$), relativamente, ao grau de interesse demonstrado.

Na figura 13 é apresentada graficamente a mediana de ataques que ocorreram em cada uma das diferentes zonas da coluna de água.

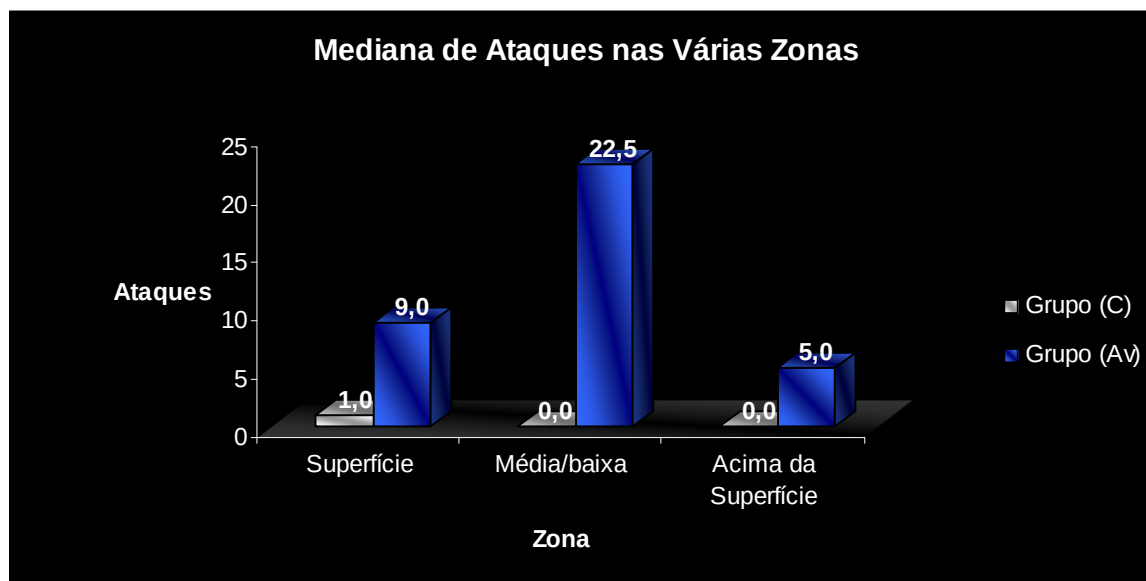


Figura 13 – Mediana do número de ataques nas diferentes zonas de amostragem nos dois grupos (n=30).

O gráfico apresentado na figura 13 revelou que o grupo controlo (C) apresentou, na totalidade das passagens, uma mediana de 1.0 (0–6) nos ataques à superfície, 0.0 (0–2) na zona média/baixa e 0.0 (0–2) acima da superfície. O grupo (Av), que apresentou ataques em todas as 30 passagens, demonstrou uma mediana de 9.0 (1–16) para os ataques na superfície, 22.5 (9–39) nos ataques na zona média/baixa e 5.0 (1 – 22) acima da superfície.

Na figura 14 podemos ver a mediana de ataques efectuados a cada uma das diferentes amostras.

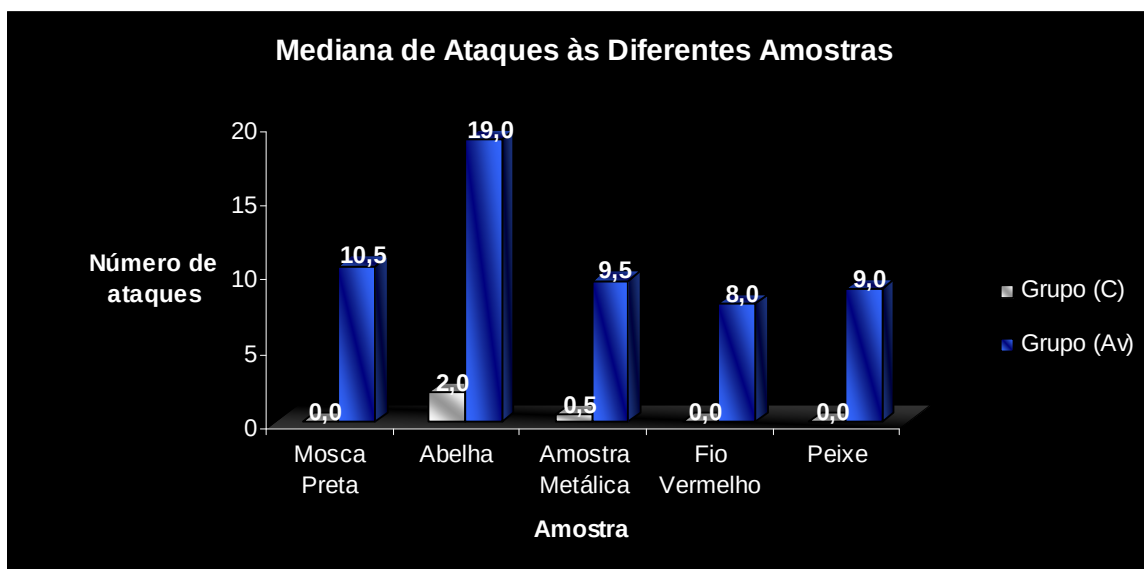


Figura 14 – Mediana do número de ataques às diferentes amostras (n=30).

Analisando o gráfico da figura 14 podemos ver as diferenças entre a incidência de ataques nas várias amostras. A mosca preta teve uma mediana de ataques de 0.0 (0 – 2) no grupo (C) e de 10.5 (1 – 25) no grupo (Av). Em relação à abelha, esta apresentou uma mediana de 2.0 (0 – 6) no grupo (C) e de 19.0 (5 – 29) no grupo (Av). A amostra metálica foi alvo de 0.5 (0 – 2) ataques pelo grupo (C) e de 9.5 (1 – 34) pelo grupo (Av). O fio vermelho teve uma mediana de 0.0 (0 – 2) no grupo (C) e de 8.0 (1 – 39) no grupo (Av). Finalmente, o grupo (C) atacou o peixe com uma mediana de 0.0 (0 – 2), enquanto que o grupo (Av) o fez com uma mediana de 9.0 (5 – 15).

2 - Ensaio de alimentação para avaliação do estímulo predatório (10 dias)

Na tabela 9 podemos consultar dados relativos ao ensaio de crescimento em 10 dias dos grupos experimentais.

	Dieta				F
	Controlo (C2)		Vivo (Av2)		
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão	
Peso médio inicial	29.8	0.9	29.5	1.1	0.764
Peso médio final	34.7 ^a	0.8	29.8 ^b	0.6	0.001
Comprimento médio inicial	13.1	0.1	13.0	0.1	0.288
Comprimento médio final	14.1 ^a	0.7	13.5 ^b	0.2	54.226
CV. Peso Final (%)	14.3 ^a	0.1	20.5 ^b	0.85	154.9
CV. Comp. final (%)	5.2 ^a	0.2	7.5 ^b	0.25	147.8
Índice de condição inicial	1.31	0.01	1.3	0.01	3.00
Índice de condição final	1.23	0.03	1.21	0.01	1.75

Tabela 9 – Parâmetros do crescimento e índices de condição corporal.

Valores (média $\pm$ desvio-padrão) de triplicados. Valores da mesma linha com expoentes diferentes correspondem a diferenças significativas ($P < 0.05$).

Após o ensaio de desmame em 10 dias verificou-se que o peso médio final variou entre 34.7 g no grupo (C2) e 29.8 g no grupo (Av2), tendo-se registado diferenças significativas ($P < 0.05$) para este parâmetro. O mesmo ocorreu com os valores do comprimento médio final ($P < 0.05$) que oscilaram entre os 14.1 no grupo controlo (C2) e 13.5 g no grupo (Av2). O Índice de Condição Corporal inicial foi semelhante nos grupos experimentais e o mesmo se verificou com o Índice de Condição Corporal final, onde não foram observadas diferenças significativas ($P > 0.05$).

Na tabela 10 são apresentados todos os resultados obtidos neste ensaio complementar relativamente ao número de ataques às diferentes amostras e nas diferentes zonas da coluna de água.

	Superfície		Média/baixa		Acima da superfície	
	Grupo (C2)	Grupo (Av2)	Grupo (C2)	Grupo (Av2)	Grupo (C2)	Grupo (Av2)
Mosca Preta	1	5	4	8	0	2
Abelha	0	6	1	7	1	2
Amostra Metálica	0	0	4	2	0	0
Fio Vermelho	2	4	0	0	1	3
Peixe	2	4	5	6	0	0
Total	5	19	14	23	2	7
Nº ataques	Grupo Controlo (C2)		Grupo (Av2)		Valor de prova (p)	
	21		49		0.030	

Tabela 10 – Número de ataques nas várias zonas e com as diferentes amostras

A tabela 10 apresenta o número total de ataques efectuados pelos dois grupos experimentais utilizados nesta experiência. Considerando todas as amostras e todas as zonas da água, o grupo (C2) efectuou um total de 21 ataques, enquanto que o grupo (Av2) registou 49 ataques, revelando diferenças significativas ($P < 0.05$) entre os tratamentos.

Na figura 15 pode ser analisada a distribuição do número de ataques por amostra efectuado pelos grupos experimentais (C2 e Av2).

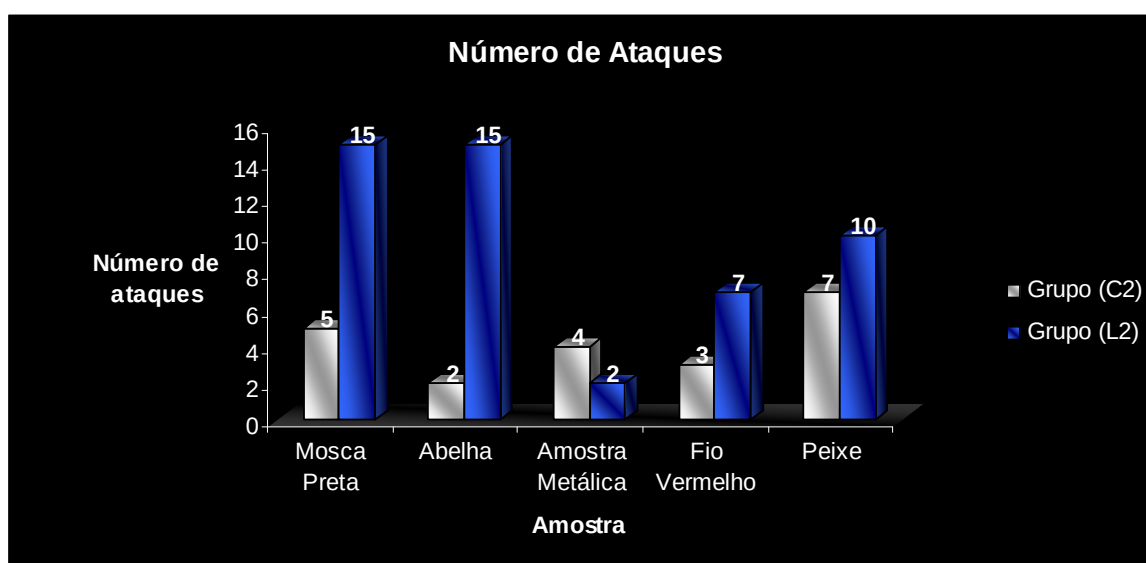


Figura 15 – Número total de ataques efectuados pelos dois grupos.

Discussão

A truta comum é um peixe endémico das águas interiores nacionais, sendo ainda pouco utilizada como espécie de produção industrial destinada ao consumo humano, onde a truta arco-íris domina. No entanto, esta é uma espécie importante para muitas comunidades rurais e, sobretudo, como elemento particular de um ecossistema representativo das massas hídricas nacionais.

Os postos aquícolas portugueses têm como principal objectivo a produção de ovos e alevins para reforço e melhoria da diversidade genética das populações selvagens de trutas. O cultivo em regime de aquacultura da truta comum apresenta desafios diferentes daqueles que são observados na produção industrial da truta arco-íris para consumo humano.

Não existem muitos estudos que comparem o comportamento predatório de peixes selvagens com o de peixes de aquacultura. Todavia, Sundström e Johnsson (2001) realizaram um ensaio que permitiu perceber que as trutas comuns selvagens apresentavam um comportamento diferente das suas homólogas de cativeiro. Com efeito, os exemplares selvagens alimentam-se de modo mais eficiente e, dado o seu cariz predatório, atacam as presas mais cedo. Os mesmos autores referiram que estes peixes seriam também mais sensíveis à presença de outros peixes por comparação com os seus homólogos de aquacultura, o que revelou alguma forma de percepção da competição. Além disso, foram mais eficazes a consumir “presas novas”, com as quais nunca tiveram qualquer contacto anterior.

Para o peixe, o seu cultivo em cativeiro (aquacultura) não apresenta os mesmos desafios que a vida num curso de água natural, o que faz com que os peixes libertados em acções de repovoamento enfrentem vários problemas. A taxa de mortalidade no momento da libertação é um dos aspectos mais importantes a considerar nestas acções (Olla *et al.* 1998). Outra das questões importantes relaciona-se com a capacidade dos peixes para se alimentarem de modo eficaz (Brown e Laland 2001) quando são libertados no meio natural, após períodos mais ou menos prolongados de cativeiro.

O objectivo do presente trabalho foi tentar perceber se o comportamento predatório da truta comum poderia ser estimulado em cativeiro através de uma adaptação prévia

(desmame) a um alimento alternativo (natural) neste caso, larvas de mosquito Quironomo (*Culex* sp.) vermelhas.

A exposição a presas vivas aumenta a eficiência do comportamento predatório e de procura de alimento. Além disso, a atracção para novas presas pode ser complementada com aquisição de conhecimento fornecido pelos conspecíficos (Ryer e Olla 1991, 1992; Sundström e Johnsson 2001).

O ensaio realizado demonstrou que o desmame do alimento comercial (10 semanas ou 10 dias) para um item alimentar típico do meio natural (larvas de mosquito) estimulou os juvenis de truta comum a capturar de modo eficiente diferentes tipos de presas, quando comparados com os seus homólogos alimentados com dieta comercial. No ensaio de 10 semanas verificamos que as trutas alimentadas com larvas de mosquito apresentaram um número de ataques e tentativas de ingestão muito superior ao observado nas suas congéneres alimentadas de forma convencional, com alimento comercial seco. Este facto é extremamente relevante, pois um animal deve ter a capacidade de reconhecer, capturar e ingerir presas desde muito cedo, para poder crescer e, assim, aumentar a sua probabilidade de sobreviver em meio natural (Sundström e Johnsson 2001).

A medição dos tempos de ataque permitiu perceber que as trutas que foram condicionadas à alimentação de larvas vermelhas atacaram as amostras mais cedo e continuaram a atacá-las até mais tarde, ficando mais tempo interessadas nas presas fictícias do que as trutas alimentadas com dieta convencional. A aprendizagem e a memória aumentam a rentabilidade da alimentação, uma vez que permitem diminuir o tempo de captura e aumentar a probabilidade de sucesso na captura e ingestão da presa (Hughes 1997). O comportamento alimentar de um peixe envolve alguma forma de resposta inata, mas a aprendizagem permite que um peixe modifique e melhore o seu comportamento em resposta àquilo que o ambiente oferece num determinado momento (Kieffer e Colgan 1992).

A capacidade para um animal se alimentar, procurar eficazmente alimento e evitar predadores, durante essa procura, vai melhorando à medida que o animal adquire experiência (Huntingford 1993). Na natureza esta aquisição de experiência é natural, ao contrário do que acontece no ambiente de cativeiro, que priva o animal dos estímulos necessários à sua aquisição. Uma vez que a experiência adquirida irá ter uma importância crítica na capacidade de um peixe sobreviver em liberdade, o seu cultivo em

regime de cativeiro deve prever esta situação e procurar fornecer estímulos aos peixes (Clemmons e Buchholz 1997).

Paszkowski e Olla (1985) verificaram que na espécie de salmão *O. Kisutch*, os animais sem qualquer tipo de experiência a capturar uma espécie de camarão da areia (*Crangon sp.*), foram capazes de melhorar a sua performance predatória à medida que iam adquirindo contacto com a presa. Contudo, em truta arco-íris (*O. Mykiss*) foi demonstrado que alevins com menos de 41 mm preferiam alimento vivo, independentemente da sua experiência anterior com vários alimentos inertes (Irvine e Northcote 1983). Este facto pode significar que os peixes, enquanto alevins, ainda não tiveram tempo suficiente para ganharem experiência com o alimento inerte e/ou nesta fase do seu desenvolvimento, o animal está “programado” de forma inata para se alimentar de presas vivas.

O condicionamento ao alimento vivo efectuado neste trabalho originou um interesse muito elevado nas amostras artificiais que foram utilizadas. A análise dos cliques de vídeo revelou, claramente, uma atitude muito mais curiosa e incisiva dos peixes alimentados com larvas vermelhas. Por sua vez, os grupos alimentados com alimento comercial apresentaram um comportamento muito reservado perante a apresentação das amostras, revelando um carácter predatório muito menos acentuado.

A truta utiliza a boca para capturar as suas presas. Assim, a forma terminal da boca pode dar importantes indicações sobre a zona preferida da truta para se alimentar; neste caso, a zona média da coluna de água. No entanto, sendo um predador extremamente oportunista, a truta captura alimento onde o consegue encontrar (Breton 2007). Os resultados obtidos nos grupos alimentados com alimento vivo mostraram um número de ataques muito elevado na zona que denominamos como média/baixa da coluna de água, seguindo-se a superfície da água e depois a zona acima da superfície da água. Isto está de acordo com as características oportunistas da truta, sendo natural que o maior número de ataques ocorra na zona onde passa a maior parte do seu tempo a nadar, contra a corrente. A correcta utilização de zonas de corrente é essencial para a sobrevivência dos peixes selvagens, pois nestas zonas a exigência metabólica é mais baixa e o crescimento é mais elevado (Olla *et al.* 1998). A criação em regime de cativeiro pode originar um comportamento de natação mais próximo da superfície do que seria natural num peixe selvagem. Num curso de água natural isto apresenta três desvantagens: os peixes ficam mais expostos a predadores aéreos, perdem o contacto visual com presas que se encontrem junto ao fundo e ficam mais sujeitos a correntes desfavoráveis (Brown e Laland 2001).

Sosiak e seus colaboradores (1979) colocaram juvenis (parr) de salmão do Atlântico num curso de água durante 1 a 3 meses. Após esse período, a análise do conteúdo estomacal desses peixes e dos seus conspecíficos selvagens, mostrou que os últimos ingeriram mais espécies e apresentavam o estômago mais cheio. Alguns trabalhos com truta comum demonstraram que os peixes criados em aquacultura, quando eram libertados, alimentavam-se menos e de diferentes tipos de presas face aos seus congêneres selvagens. Todavia, após algumas semanas em liberdade estas diferenças tendiam a atenuar-se (Johnsen e Ugedal 1989). Neveu (1999) verificou que era frequente o aparecimento de pequenos pedaços de madeira no estômago de trutas criadas em cativeiro após terem sido libertadas num curso de água. Este autor sugeriu que estas observações podiam estar associadas à falta de experiência, o que está em concordância com a nossa hipótese de que os peixes criados em aquacultura ficam mal preparados para serem libertados devido a um comportamento alimentar inadequado.

O carácter de predador oportunista da truta comum faz com que a sua dieta seja bastante variada. Este peixe pode-se alimentar de invertebrados aquáticos, insectos, pequenos peixes, entre outros animais (Breton 2007). A cuidadosa escolha das amostras a utilizar neste estudo pretendeu testar eventuais diferenças no comportamento alimentar dos peixes. Após as 10 semanas de habituação gradual às larvas vermelhas, os resultados revelaram uma preferência clara pela amostra que representava uma abelha. As restantes amostras (mosca preta, amostra metálica, fio vermelho e peixe) foram alvo de menos ataques.

Haverá, certamente, várias características das amostras que poderão levar ao diferente número de ataques. As trutas capturam presas utilizando a linha lateral e os olhos (Breton 2007). Seria de esperar que a cor fosse uma das principais características com influência nos ataques. Porém, se a cor da presa fosse um factor muito importante, a amostra que deveria ter suscitado mais interesse seria o fio vermelho, por ter a mesma tonalidade das larvas vermelhas com que os peixes foram alimentados. Os diferentes movimentos que as amostras efectuem dentro e fora de água também podem ser preponderantes no interesse das trutas. Nas apresentações das amostras, tentou-se imprimir os comportamentos típicos de cada um dos animais que elas representavam. Assim, o fio vermelho apresentava coloração e movimento parecidos aos das larvas vermelhas com que os peixes se tinham alimentado durante semanas e, no entanto, não foi a amostra que teve maior número de ataques. A abelha possuía uma cor e padrão de movimento muito diferente das larvas vermelhas, mas foi a amostra mais atacada. Estes

factos são curiosos e podemos, eventualmente, assumir que um peixe condicionado a alimentar-se de um alimento vivo, com determinada cor e padrão de movimento, não ficará exclusivamente interessado e confinado a presas com essas características. Haverá, contudo, a considerar outras características das amostras que podem desempenhar um papel importante, como o material que as constitui (metal, borracha, tecido) e a capacidade de reflectirem a luz.

Poderão as diferenças observadas estar relacionadas com o facto de os peixes do grupo (Av) apresentarem um índice de condição corporal inferior e, por isso, com mais apetite e motivação para atacarem qualquer item alimentar? A motivação, no que diz respeito ao preenchimento do tracto digestivo, tem um papel muito importante nas decisões relacionadas com a alimentação do peixe (Colgan 1993). No entanto, neste estudo, os peixes dos dois grupos experimentais foram alimentados até à saciedade visual aparente durante as duas semanas que antecederam o início do ensaio de avaliação do comportamento predatório. Assim sendo, podemos assumir que a motivação (em termos de apetite) para atacar novas presas terá sido semelhante para ambos os grupos e optamos por atribuir as diferenças observadas ao condicionamento (desmame) dos peixes ao alimento alternativo. Uma vez que todos os peixes utilizados eram provenientes de estirpes de aquacultura, a informação genética, e consequente aptidão inata para atacar novas presas, também deveria ser semelhante.

Além do comportamento predatório mais acentuado dos peixes desmamados, foi observado um outro aspecto merecedor de destaque. Com efeito, associado ao comportamento predatório observou-se algum tipo de comportamento alimentar discriminatório com possível reconhecimento de padrões. Os peixes do grupo (Av), apesar de não terem tido experiências alimentares com abelhas atacaram a amostra que a representava com elevada frequência. Por outro lado, a amostra que representava um pequeno peixe, quando colocada a oscilar acima da superfície da água, não foi alvo de tantos nem de tão rápidos ataques quando comparada com a abelha. Esta observação envolve algum tipo de reconhecimento das presas, sendo que este não foi, neste caso, baseado apenas no movimento e na coloração das amostras.

Após 10 semanas de alimentação, os parâmetros do crescimento e da eficiência alimentar foram significativamente superiores nos peixes que se alimentaram de alimento comercial. Os valores de ingestão, índice de conversão e taxa de crescimento específico também foram melhores no grupo controlo (C). Em concordância com todos estes parâmetros, após 10 semanas, verificou-se que os grupos sujeitos ao tratamento de

desmame (dieta Av) apresentaram um índice de condição corporal, significativamente, inferior. Estes resultados parecem evidenciar que a melhoria do comportamento predatório no grupo (Av) terá sido conseguida à custa de um prejuízo da condição corporal dos peixes. No entanto, as duas dietas utilizadas (comercial e larvas de mosquito vermelho) possuíam composição química e teor em humidade diferentes e, nessa perspectiva, o principal motivo para o registo de tal observação terá assentado no facto de os alimentos experimentais terem sido fornecidos nas mesmas quantidades (cerca de 2% do peso vivo corporal). Assim, a ingestão de alimento dos peixes do grupo (Av), quando corrigida para o peso seco, foi significativamente inferior e terá sido esse o motivo que levou ao decréscimo do índice de condição corporal.

Como foi referido, durante as 10 semanas do ensaio de crescimento, os peixes não foram alimentados *ad libitum* ou até a saciedade visual aparente. Assim, os peixes do grupo controlo (C) ingeriram uma percentagem de matéria seca maior e, consequentemente, uma concentração de nutrientes superior durante todo o período experimental. Bromley e Smart (1981) demonstraram que, desde que se façam os respectivos ajustes relativos ao conteúdo nutritivo do alimento e se utilizem ingredientes similares na sua preparação, diferentes tipos de alimentos podem ser utilizados sem haver prejuízo da performance de crescimento das trutas arco-íris. Essa condição não foi respeitada, uma vez que, a adaptação ao alimento vivo pressupunha a sua utilização na íntegra com os consequentes desajustes na contribuição de nutrientes (ver tabela da composição química dos alimentos).

Ryer e Olla (1992) aperceberam-se que os peixes podiam ser socialmente motivados pelo contacto visual com conspecíficos que se estavam a alimentar, começando a alimentar-se mais cedo nessas circunstâncias. Os salmões *O. Keta*, criados em cativeiro de forma isolada, alimentaram-se de modo mais eficiente quando expostos a conspecíficos que se estavam a alimentar e menos eficientemente quando expostos a conspecíficos que não se estavam a alimentar ou, ainda menos, quando expostos a peixes alarmados (com choques eléctricos; Ryer e Olla 1991). Na vida selvagem, um peixe atento ao sucesso alimentar dos peixes vizinhos retém informação, extremamente, relevante na eventualidade do território ocupado por esse peixe ficar vazio (Sundström e Johnsson 2001). No ensaio que realizamos, os peixes tinham todos a mesma proveniência e foram mantidos em grupos com peso e número idênticos, por isso, as diferenças observadas não deverão ser atribuídas a este factor. De acordo com os dados referidos acima, o facto de colocar os peixes com outros conspecíficos pode estimular o comportamento alimentar, devendo porém ser considerado que as densidades

tipicamente elevadas, como é o caso das aquaculturas, não serão as mais apropriadas para uma correcta preparação para posterior libertação dos peixes em meio natural (Olla *et al.* 1998).

O ensaio complementar em 10 dias permitiu obter informação extra e relevante para este trabalho. Após este complemento experimental verificou-se que os peixes sujeitos ao regime alimentar alternativo (larvas vermelhas) demonstraram comportamento predatório mais acentuado, efectuando mais ataques às amostras, por oposição aos grupos de controlo alimentados com dieta comercial, tal como foi observado no ensaio de maior duração.

Em relação ao ataque das amostras, os juvenis acondicionados durante 10 dias também revelaram preferência pela zona média/baixa da coluna de água seguida pela zona de superfície e, finalmente, acima da superfície da água. No entanto, o número de ataques na zona média/baixa e à superfície, no grupo alimentado com larvas vermelhas (Av2) foi muito semelhante. Neste complemento experimental, mais uma vez, não foi observada uma associação entre a aparência e padrão de movimento das larvas vermelhas e a amostra artificial utilizada (fio vermelho).

No que diz respeito aos parâmetros de crescimento e eficiência alimentar, deve ser referido que, no ensaio complementar de 10 dias, o protocolo alimentar foi ligeiramente alterado e os juvenis foram alimentados até à saciedade visual aparente com ambas as dietas.

Após 10 dias de manipulação os peixes alimentados com a dieta (Av2) apresentaram peso e comprimento médios individuais significativamente inferiores aos verificados no grupo de controlo (C2). No entanto, a magnitude das diferenças (em termos numéricos) foi menor do que a observada no ensaio de longa duração. Além disso, foi obtida uma maior homogeneidade dos grupos finais, expressa pelos valores dos respectivos coeficientes de variação. Apesar da diminuição do peso e comprimento final dos juvenis, este facto não se reflectiu no índice de condição corporal final, ao contrário do observado no ensaio de 10 semanas.

Estes resultados demonstram que a habituação a novos tipos de presas com respectiva estimulação do instinto de predador das trutas comuns pode ser conseguida em períodos curtos de tempo (10 dias) em detrimento de períodos longos, sendo que estes últimos podem condicionar de modo severo a performance de crescimento dos peixes. Além

disso, a rápida adaptação e aprendizagem dos peixes ao alimento vivo em períodos curtos de tempo representa poupanças importantes em termos de manejo alimentar e nos custos inerentes à produção e distribuição de alimento vivo.

Sundström e Johnsson (2001) testaram a reacção de trutas comuns a presas de superfície e verificaram que os peixes selvagens eram mais eficazes a alimentarem-se destas do que os peixes de cativeiro. No entanto, segundo os mesmos autores, o condicionamento dos peixes a alimento vivo antes de serem libertados melhorou, de modo significativo, o seu comportamento predatório, o que está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo.

Uma consequência importante da criação em aquacultura está ligada ao facto de que, num ambiente onde a pressão predatória está ausente ou muito diminuída, os fenótipos de indivíduos que assumem mais riscos na procura de alimento serem favorecidos, pois desta forma o crescimento é mais rápido do que seria de esperar em condições naturais (Johnsson e Abrahams 1991). Assim, a criação de peixes em aquacultura, altera o seu comportamento de procura de alimento e a frequência com que o fazem em locais que os predadores visitam frequentemente (Johnsson *et al.* 1996).

Os juvenis destinados a acções de repovoamento devem ser criados em condições que lhes permitam adquirir a experiência necessária (ao nível do comportamento de procura de alimento, de fuga, anti-predador e migratório). Para estes peixes ficarem aptos a viver em meio natural, as aquaculturas deveriam produzir juvenis com características, comportamentais e fisiológicas, idênticas às dos seus conspecíficos selvagens (Brown e Laland 2001).

Segundo Wiley e seus colaboradores (1993) é possível contornar as modificações comportamentais através do enriquecimento do ambiente em que os peixes de cultura são criados, incluindo treino de procura de alimento e treinos anti-predador antes da libertação na natureza. No entanto, tudo leva a crer que a produção de alevins aptos para sobreviver em meio natural não é uma questão que regule as práticas normais de produção nos postos aquícolas. Com efeito, as unidades de aquacultura que produzem peixe, tendo em vista as acções de repovoamento, canalizam essencialmente os seus esforços para as técnicas produtivas e não para aspectos relacionados com questões biológicas e ecológicas (Johnsson 1993).

A escolha de alimento próximo do natural bem como a forma como é distribuído, espacial e temporalmente, permitem melhorias nas interações sociais e na eficiência da procura de alimento, o que pode ser vital para a sobrevivência de um indivíduo quando libertado num curso de água natural (Olla *et al.* 1998).

Embora existam evidências da possibilidade de treino dos peixes para adopção de comportamentos de procura de alimentos alternativos, o potencial para treinar peixes de cultura em grandes quantidades através de protocolos de aprendizagem social permanece, ainda, pouco explorado (Brown e Laland 2001). No estudo que efectuamos não foi explorada a componente de aprendizagem social do comportamento de procura do alimento. No entanto, para o sucesso de uma acção de repovoamento, esta variável também deverá ser considerada.

A exposição a predadores e a estímulos de fuga a predadores, a manipulação de densidade de peixes e as interações sociais, a presença de refúgios, a distribuição espacial e temporal do alimento, a diminuição do stress na manipulação e transporte são outras das medidas que podem aumentar o sucesso das acções de repovoamento (Olla *et al.* 1998).

Face aos resultados obtidos, podemos dizer que a truta comum parece ser capaz de receber estimulação para melhorar as suas capacidades predatórias. Um correcto condicionamento em aquacultura deixa os peixes mais aptos a enfrentar o desafio de se alimentarem no ambiente natural. A comida congelada, uma vez que preserva toda a aparência de um alimento vivo, poderá ser uma excelente opção neste processo, embora outros tipos de alimentos alternativos possam ser considerados em trabalhos futuros.

Este estudo demonstrou a possibilidade de melhorar o comportamento natural das trutas, recorrendo à mudança gradual de alimento seco para alimento congelado. Os peixes sujeitos a este tipo de condicionamento atacaram presas novas mais vezes, mais rapidamente e de modo eficiente, revelando um carácter predatório mais acentuado. Além disso, não ficaram condicionados a apenas um tipo de alimento e atacaram diferentes tipos de presas. Tal como foi referido, este objectivo pode ser atingido em períodos relativamente longos (10 semanas), com consequentes encargos no crescimento e performance dos peixes. No entanto, se o período de manipulação da dieta for encurtado para 10 dias os peixes adquirem o mesmo comportamento predatório sem prejuízo da condição corporal. Este tipo de condicionamento simples, rápido e eficiente

pode ser um contributo para a definição de novas práticas de alimentação a aplicar à realidade das aquaculturas de repovoamento.

Conclusão

As acções de repovoamento de peixes endémicos das águas nacionais estão pouco estudadas e a informação relacionada com a eficácia das mesmas é extremamente reduzida. No entanto é referido, pontualmente, que os peixes libertados neste tipo de acções apresentam um comportamento de procura de alimento inapropriado, quando comparado com o apresentado pelos seus homólogos selvagens, o que pode levar a taxas de mortalidade muito elevadas (Sundström e Johnsson 2001).

O estudo que efectuamos pode constituir um contributo para a adopção de algumas técnicas de manejo alimentar tendentes a preparar melhor os peixes para serem alvo de acções de repovoamento. Através de procedimentos relativamente simples foi possível, num curto espaço de tempo, condicionar juvenis de truta e torná-los mais aptos para atacar e ingerir itens alimentares naturais, independentemente, do nível da coluna da água.

Ficou demonstrado que, se a manipulação ocorrer num longo período de tempo (10 semanas), os peixes se apresentam em más condições corporais no momento da libertação. No entanto, se esse período for reduzido para 10 dias os peixes melhoram o seu comportamento alimentar, por incremento de estímulos predatórios e sem prejuízo da performance de crescimento ficando, assim, mais aptos para sobreviver em regime natural.

Referências Bibliográficas

Alcock J: **Sleeping aggregations of the bee *Idiomelissodes duplocincta* (Cockerell) (*Hymenoptera: Anthophorini*) and their possible function.** *Journal of the Kansas Entomological Society* 1998, **71**:74–84.

Arendt JD: **Adaptive intrinsic growth rates: an integration across taxa.** *Quarterly Review of Biology* 1997, **72**:149–177.

Bachman RA: **Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream.** *Transactions of the American Fisheries Society* 1984, **113**:1–32.

Barnard CJ, Sibly RM: **Producers and scroungers: A general model and its application to feeding flocks of house sparrows.** *Animal Behaviour* 1981, **29**:543–550.

Beauchamp G, Belisle M, Giraldeau, L-A: **Influence of conspecific attraction on the spatial distribution of learning foragers in a patchy habitat.** *Journal of Animal Ecology* 1997, **66**:671–682.

Berejikian BA: **The effects of hatchery and wild ancestry and experience on the relative ability of steelhead trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) to avoid a benthic predator.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 1995, **52**:2476–2482.

Beveridge MC, Little DC: **The History of Aquaculture in Traditional Societies.** In *Ecological Aquaculture: The Evolution of the Blue Revolution*. Edited by Costa-Pierce BA. Malden, Massachusetts: Blackwell Science; 2002: 3-29.

Boujard T, Cuvier A, Geurden I, Labbe L, Mambrini M: **Selection for growth and feeding hierarchy in brown trout.** *Applied Animal Behaviour Science* 2006, **99**:344-356.

Breton B: *El Cultivo de la trucha: principales especies de cría, infraestructura, técnicas de alevinaje, genética, alimentación, gestión de la producción, higiene y comercialización.* Barcelona: Ediciones Ómega; 2007.

Brodie III ED: **Behavioral modification as a means of reducing the cost of reproduction.** *American Naturalist* 1989, **134**:225–238.

Bromley PJ, Smart G: **The effects of the major food categories on growth, composition and food conversion in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson).** *Aquaculture* 1981, **23**:325-336.

Brown C, Laland K: **Social learning and life skills training for hatchery reared fish.** *Journal of Fish Biology* 2001, **59**:471–493.

Brown C, Laland K: **Social learning of a novel avoidance task in the guppy: conformity and social release.** *Animal Behaviour* 2002, **64**:41–47.

Brown GE, Smith RJF: **Acquired predator recognition in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): conditioning hatchery-reared fish to recognize chemical cues of a predator.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1998, **55**:611–617.

Brown C, Warburton K: **Differences in timidity and escape responses between predator-naïve and predator-sympatric rainbowfish populations.** *Ethology* 1999, **105**:491–502.

Bruslé J, Quignard JP: *Biologie des poissons d'eau douce européens*. Paris: Lavoisier, Tec et Doc; 2001.

Cambefort JP: **A comparative study of culturally transmitted patterns of feeding habits in the chacma baboon *Papio ursinus* and the vervet monkey *Cercopithecus aethiops*.** *Folia Primatologica* 1981, **36**:243–263.

Carlier P, Lefebvre L: **Ecological differences in social learning between adjacent, mixing populations of zenaida doves.** *Ethology* 1997, **103**:772–784.

Carvalho GR, Cross T: **Enhancing fish production through introductions and stocking: genetic perspectives.** In *Stocking and Introduction of Fish*. Edited by Cowx IG. Oxford: Fishing News Books; 1998:329–337.

Chivers DP, Smith RJF: **Chemical recognition of risky habitats is culturally transmitted among flathead minnows (*Pimphales promelas*).** *Ethology* 1995, **99**:286–296.

Clarke LA, Sutterlin AM: **Associative learning, short-term memory, and colour preference during first feeding by juvenile Atlantic salmon.** *Canadian Journal of Zoology* 1985, **63**:9–14.

Clemmons JR, Buchholz R: ***Behavioral Approaches to Conservation in the Wild.*** Cambridge: Cambridge University Press; 1997.

Colgan P: **The motivational basis of fish behaviour.** In *Behaviour of Teleost Fishes*. Edited by Pitcher TJ. London: Chapman & Hall. 1993: 31–55.

Cooke SJ, Sneddon LU: **Animal welfare perspectives on catch-and-release recreational angling.** *Applied Animal Behaviour Science* 2007, **104**:176-198.

Coussi-Korbel S, Fragaszy DM: **On the relation between social dynamics and social learning.** *Animal Behaviour* 1995, **50**:1441–1453.

Courtenay SC, Quinn TP, Dupuis HMC, Groot C, Larkin PA: **Discrimination of family-specific odours by juvenile coho salmon: roles of learning and odour concentration.** *Journal of Fish Biology* 2001, **58**:107–125.

Cresswell W: **Flocking is an effective anti-predation strategy in redshanks, *Tringa totanus*.** *Animal Behaviour* 1994, **47**:433–442.

Croy MI, Hughes RN: **The role of learning and memory in the feeding behaviour of the fifteen-spined stickleback, *Spinachia spinachia* L.** *Animal Behaviour* 1991, **41**:149–159.

Cuinat R: **Principaux caractères démographiques observés sur 50 rivières à truites françaises. Influence de la pente et du calcium.** *Ann. Hydrobiol.* 1971, **2**:187-207.

Cuinat R, Heland M: **Observations sur la dévalaison d'alevins de truite commune (*Salmo trutta*) dans le Lissuraga.** *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 1979, **274**:1-17.

Curio E: **Proximate and developmental aspects of antipredator behaviour.** *Advances in the Study of Behavior* 1993, **22**:135–238.

Davaine P, Beall E: **Introduction de salmonidés en eaux vierges (îles Kerguelles, Subantarctique): enjeux, résultats, perspectives.** *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 1997, **344-345**:93-110.

Delacoste M: **Analyse de la variabilité spatiale de la reproduction de la truite commune (*Salmo trutta*).** *PhD thesis.* Institut National Polytechnique de Toulouse; 1995.

Elliott JM: *Quantitative Ecology and the Brown Trout.* Oxford: Oxford University Press; 1994.

Endler JA: **Multiple-trait coevolution and environmental gradients in guppies.** *Trends in Ecology and Evolution* 1995, **10**:22–29.

FAO. © 2003-2009. Fisheries Topics: Technology. Aquaculture technology. In *FAO Fisheries and Aquaculture Department* [online]. Rome. Updated 2006 15 09. [Cited 29 May 2009].
[<http://www.fao.org/fishery/topic/2801/en>]

Fenderson OC, Everhart WH, Muth KM: **Comparative agonistic and feeding behavior of hatchery-reared and wild salmon in aquaria.** *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 1968, **25**:1–14

Flagg TA, Mahnken CVW, Johnson KA: **Captive broodstocks for recovery of Snake River sockeye salmon.** *American Fisheries Society Symposium* 1995, **15**:81–90.

Fujii T, Noguchi M: **Interactions between released and wild Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) on a nursery ground.** In *Proceedings of the Twenty-Second U.S.-Japan Aquaculture Panel Symposium: August 21-22 1993; Homer, Alaska.* Edited by Collie MR, McVey JP: Alaska Sea Grant Report AK-SG-95-03; 1993:57-65.

Galef BG: **Imitation in animals: History, definition, and interpretation of data from the psychology laboratory.** In *Social Learning: Psychological and Biological Perspectives.* Edited by Zentall TR, Galef BGJr. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1988:3-28.

Giraldeau LA: **The ecology of information use.** In *Behavioural Ecology.* Edited by Krebs JR, Davies NB. Oxford: Blackwell; 1997:42-68.

Grand TC, Dill LM: **The effect of group size on the foraging behaviour of juvenile coho salmon: reduction of predation risk or increased competition?** *Animal Behaviour* 1999, **58**:443–451.

Griffin AS, Blumstein DT, Evans CS: **Training captive-bred or translocated animals to avoid predators.** *Conservation Biology* 2000, **14**:1317–1326.

Griffin AS, Evans CS, Blumstein DT: **Learning specificity in acquired predator recognition.** *Animal Behaviour* 2001, **62**:577–589.

Hawkins LA, Magurran AE, Armstrong JD: **Innate predator recognition in newly-hatched Atlantic salmon.** *Behaviour* 2004, **141**:1249–1262.

Hawkins LA, Magurran AE, Armstrong JD: **Innate abilities to distinguish between predator species and cue concentration in Atlantic salmon.** *Animal Behaviour* 2007, **73**:1051–1057.

Heggberget TG, Staurnes M, Strand R, Husby J: **Smoltification in salmonids.** *NINA Norsk Institutt for Naturforskning Forskningsrapport* 1992, **31**:3–42.

Heyes CM: **Social learning in animals: categories and mechanisms.** *Biological Reviews* 1994, **69**:207–231.

Hilborn R, Eggers D: **A review of the hatchery programs for pink salmon in Prince William Sound and Kodiak Island, Alaska.** *Transactions of The American Fisheries Society* 2000, **129**:333–350.

Hughes RN, Kaiser MJ., Mackney PA, Warburton K: **Optimizing foraging behaviour through learning.** *Journal of Fish Biology* 1992, **41**:77–91.

Hughes RN: **Diet selection.** In *Ecology of Teleost Fishes*. Edited by Godin JGJ. Oxford: Oxford University Press; 1997:134–162.

Huntingford FA, Turner AK: *Animal Conflict*. London: Chapman & Hall; 1987.

Huntingford FA, Metcalfe NB, Thorpe JE, Graham WD, Adams CE: **Social dominance and body size in Atlantic salmon parr, *Salmo salar*.** *Journal of Fish Biology* 1990, **36**:877–881.

Huntingford FA: **Development of behaviour in fish.** In *Behaviour of Teleost Fishes*. Edited by Pitcher TJ. London: Chapman & Hall; 1993: 57–83.

Huntingford FA, Metcalfe NB, Thorpe JE: **Social status and feeding in Atlantic salmon *Salmo salar* parr: the effect of visual exposure to a dominant.** *Ethology* 1993, **94**:201–206.

Instituto de Desenvolvimento Regional
[<http://www.idr.gov-madeira.pt/pt/main.asp>]

Irvine JR, Northcote TG: **Selection by young rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in simulated stream environments for live and dead prey of different sizes.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 1983, **40**:1745–1749.

Jarvi T, Uglem I: **Predator training improves the anti-predator behaviour of hatchery reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt.** *Nordic Journal of Freshwater Research* 1993, **68**:63–71.

Jedrzejewski W, Jedrzejewska B, McNeish E: **Hunting success of the weasel *Mustela nivalis* and escape tactics of forest rodents in Bialowieza National Park.** *Acta Theriologica* 1992, **37**:319–328.

Johnsen BO, Ugedal O: **Feeding by hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta* L. released in lakes.** *Aquaculture and Fisheries Management* 1989, **20**:97–104.

Johnsson JI, Abrahams MV: **Interbreeding with domestic strain increases foraging under threat in juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*): an experimental study.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1991, **48**:237–247.

Johnsson JI: **Big and brave: size selection affects foraging under predation risk in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**. *Canadian Journal of Zoology* 1993, **45**:1219–1225.

Johnsson JI, Petersson E, Jönsson E, Björnsson BTh, Järvi T: **Domestication and growth hormone alter growth patterns and anti-predator behaviour in juvenile brown trout, *Salmo trutta***. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1996, **55**:685–693.

Jones M, Laurila A, Peuhkuri N, Piironen J, Seppä T: **Timing an ontogenetic niche shift: responses of emerging salmon alevins to chemical cues from predators and competitors**. *Oikos* 2003, **102**:155–163.

Kamler E, Wolnicki J, Kamiński R, Sikorska J: **Fatty acid composition, growth and morphological deformities in juvenile cyprinid, *Scardinius erythrophthalmus* fed formulated diet supplemented with natural food**. *Aquaculture* 2008, **278**:69-76,.

Kanid'hev KC, Kostyunin GM, Salmin SA: **Hatchery propagation of the pink and chum salmon as a means of increasing the salmon stocks of Sakhalin**. *Journal of Ichthyology* 1970, **10**:249–259.

Keith P, Allardi J: *Atlas des poissons d'eau douce de France*. Paris: Patrimoines Naturels; 2001.

Kestmont P, Stalmans JM: **Initial feeding of European minnow larvae *Phoxinus phoxinus* L. 1. Influence of diet and feeding level**. *Aquaculture* 1992, **104**:327-340.

Kieffer JD, Colgan PW: **The role of learning in fish behaviour**. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 1992, **2**:125–143.

Krause J: **Transmission of fright reaction between different species of fish**. *Behaviour* 1993, **127**:37–48.

Kurlansky M: *Cod: a Biography of the Fish that Changed the World*. London: Vintage; 1999.

Lachlan RF, Crooks L, Laland KN: **Who follows whom? Shoaling preferences and social learning of foraging information in guppies**. *Animal Behaviour* 1998, **56**:181–190.

Lahti K, Laurila A, Enberg K, Piironen J: **Variation in aggressive behaviour between populations and migration morphs in brown trout (*Salmo trutta*)**. *Animal Behaviour* 2001, **62**:935–944.

Laland KN, Williams K: **Shoaling generates social learning of foraging information in guppies**. *Animal Behaviour* 1997, **53**:1161–1169.

Lefebvre L, Palameta B: **Mechanisms, ecology and population diffusion of socially-learned, food-finding behavior in feral pigeons**. In *Social Learning*. Edited by Zentall TR, Galef BG. London: Lawrence Erlbaum. 1988: 141–164.

Leitão M: Técnico responsável pela Caça e Pesca do Serviço Florestal de Ponta Delgada. Comunicação oral. 2009.

Lima SL, Dill LM: **Behavioural decisions made under the risk of predation: a review and prospectus.** *Canadian Journal of Zoology* 1990, **68**:619–640.

Lima SL, Zollner PA: **Towards a behavioral ecology of ecological landscapes.** *Trends in Ecology and Evolution* 1996, **11**:131–135.

Magurran AE, Higham A: **Information transfer across fish shoals under predation threat.** *Ethology* 1988, **78**:153–158.

Magurran AE, Nowak MA: **Another battle of the sexes: the consequences of sexual asymmetry in mating costs and predation risk in the guppy, *Poecilia reticulata*.** *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 1991, **246**:31–38.

Magurran AE, Seghers BH: **Population differences in the schooling behaviour of newborn guppies, *Poecilia reticulata*.** *Ethology* 1990, **84**:334–342.

Magurran AE, Seghers BH: **Variation in schooling and aggression amongst guppy (*Poecilia reticulata*) populations in Trinidad.** *Behaviour* 1991, **118**:214–234.

Magurran AE, Seghers BH, Shaw PW, Carvalho GR: **The behavioral diversity and evolution of guppy, *Poecilia reticulata*, populations in Trinidad.** *Advances in the Study of Behavior* 1995, **24**:155–202.

Maia A: Técnico especialista AFN – DRFN – DRPS – Vila do Conde. Comunicação oral. 2008.

Marschall EA, Chesson PL, Stein RA: **Foraging in a patchy environment: prey-encounter rate and residence time distributions.** *Animal Behaviour* 1989, **37**:444–454.

Maynard D, Flagg T, Mahnken C: **A review of semi-culture strategies for enhancing the post-release survival of anadromous salmonids.** *American Fisheries Society Symposium* 1995, **15**:307–314.

McNeil WJ: **Expansion of cultured Pacific salmon into marine ecosystems.** *Aquaculture* 1991, **98**:173–183.

Meka JM, McCormick SD: **Physiological response of wild rainbow trout to angling: Impact of angling duration, fish size, body condition, and temperature.** *Fisheries Research* 2005, **72**:311–322.

Miller RB: **Comparative survival of wild and hatchery-reared cutthroat trout in a stream.** *Transactions of the American Fisheries Society* 1954, **83**:120–130.

Mirza RS, Chivers DP: **Predator-recognition training enhances survival of brook trout: evidence from laboratory and field-enclosure studies.** *Canadian Journal of Zoology* 2000, **78**:2198–2208.

Mirza RS, Chivers DP: **Are chemical alarm cues conserved within salmonids fishes?.** *Journal of Chemical Ecology* 2001, **27**:1641–1655.

Neveu A: **Stratégie alimentaire de la truite commune (*Salmo trutta*) en aux courantes.** In *La truite: biologie et écologie*. Edited by Baglinière JL, Maisse G. Paris: INRA; 1991:97–120.

- Neveu A: **Feeding strategy of the brown trout (*Salmo trutta* L.) in running water.** In *Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout*. Edited by Baglinière JL, Maisse G. Chichester: Praxis Publishing. 1999: 91–113.
- Nikolsky G: *The Ecology of Fishes*. 6th edition. London: Academic Press Inc. (London) Ltd; 1963.
- Nordeide JT, Salvanes AGV: **Observations on reared newly released and wild cod (*Gadus morhua* L.) and their potential predators.** *ICES Marine Science Symposia* 1991, **192**:139–146.
- Olla BL, Davis MW, Schreck CB: **Stress-induced impairment of predator evasion and non-predator mortality in Pacific salmon.** *Aquaculture Research* 1995, **26**:393–398.
- Olla BL, Davis MW, Ryer CH: **Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development of behavioral survival skills.** *Bulletin of Marine Science* 1998, **62**:531–550.
- Ovidio M: **Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta*) adulte: étude par radiopistage dans un cours d'eau de l'Ardenne belge.** *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 1999, **352**:1-18.
- Parker GA, Milinski M: **Cooperation under predation risk: a data-based ESS analysis.** *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 1997, **264**:1239–1247.
- Paszkowski CA, Olla BL: **Foraging behaviour of hatchery produced coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts on live prey.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1985, **42**:1915–1921.
- Pavlov IP: *Conditioned Reflexes*. New York: Oxford University Press; 1927.
- Pearcy WG: *Ocean Ecology of North Pacific Salmonids*. Seattle: University of Washington Press; 1992.
- Persson L: **Optimal foraging: the difficulty of exploiting different feeding strategies simultaneously.** *Oecologia* 1985, **67**:338–341.
- Petersson E, Jarvi T, Steffner NG, Ragnarsson B: **The effect of domestication on some life history traits of sea trout and Atlantic salmon.** *Journal of Fish Biology* 1996, **48**:776–791.
- Pitcher TJ, Parish J: **The function of shoaling behaviour.** In *The Behaviour of Teleost Fishes*. Edited by Pitcher TJ. London: Chapman & Hall. 1993:363–439.
- Reader SM, Kendal JR, Laland KN: **Social learning of foraging sites and escape routes in wild Trinidadian guppies.** *Animal Behaviour* 2003, **66**:729-739.
- Reiriz L, Nicieza AG, Brana F: **Prey selection by experienced and naive juvenile Atlantic salmon.** *Journal of Fish Biology* 1998, **53**:100–114.
- Richard A: *Repeuplement des cours d'eau salmonicoles*. Lyon: Conseil Supérieur Pêche; 1997.

Roussel JM, Bardonnet A: **Changements d'habitat de la truite (*Salmo trutta*) et du Chabot (*Cottus gobio*) au cours du nycthémère. Approches multivariées à différentes échelles spatiales.** *Cybiu* 1996, **20**:43-53.

Ryer CH, Olla BL: **Information transfer and the facilitation and inhibition of feeding in a shoaling fish.** *Environmental Biology of Fishes* 1991, **30**:317–323.

Ryer CH, Olla BL: **Social mechanisms facilitating exploitation of spatially variable ephemeral food patches in a pelagic marine fish.** *Animal Behaviour* 1992, **44**:69–74.

Ryer CH, Olla BL: **Influences of food distribution on fish foraging behaviour.** *Animal Behaviour* 1995a, **49**:411–418.

Ryer CH, Olla BL: **The influence of food distribution upon the development of aggressive and competitive behaviour in juvenile chum salmon, *Oncorhynchus keta*.** *Journal of Fish Biology* 1995b, **46**:264–272

Ryer CH, Olla BL: **Shifting the balance between foraging and predator avoidance: the importance of food distribution for a schooling pelagic forager.** *Environmental Biology of Fishes* 1998, **52**:467–475.

Seghers BH: **Schooling behavior in the guppy (*Poecilia reticulata*): an evolutionary response to predation.** *Evolution* 1974, **28**:486–489.

Seghers BH, Magurran AE: **Population differences in the schooling behavior of the Trinidad guppy, *Poecilia reticulata*: adaptation or constraint?** *Canadian Journal of Zoology* 1995, **73**:1100–1105.

Sosiak AJ, Randall RG, McKenzie JA: **Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in streams.** *Journal of The Fisheries Research Board Of Canada* 1979, **36**:1408–1412.

Steffens W: *Principles of Fish Nutrition*. Chichester: Ellis Horwood Limited; 1989.

Stradmeyer L, Thorpe JE: **Feeding behaviour of wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr in mid-to late summer in a Scottish river.** *Aquaculture and Fisheries Management* 1987, **18**:33–49.

Suboski MD, Templeton JJ: **Life skills training for hatchery fish: social learning and survival.** *Fisheries Research* 1989, **7**:343–352.

Suboski MD, Bain S, Cray AE, McQuoid LM, Seelen MI, Seifert M: **Alarm reaction in acquisition and social transmission of simulated-predator recognition by zebra danio fish (*Brachydanio rerio*).** *Journal of Comparative Psychology* 1990, **104**:101–112.

Sundström LF, Johnsson JI: **Experience and social environment influence the ability of young brown trout, *Salmo trutta*, to forage on live novel prey.** *Animal Behaviour* 2001, **61**:249-255.

Swaney W, Kendal J, Capon H, Brown C, Laland KN: **Familiarity facilitates social learning of foraging behaviour.** *Animal Behaviour* 2001, **62**:591–598.

Swain DP, Riddell BE: **Variation in agonistic behavior between newly emerged juveniles from hatchery and wild populations of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1990, **47**:566–571.

Taylor EB: **Variability in agonistic behaviour and salinity tolerance between and within two populations of juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, with contrasting life histories.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1990, **47**:2172–2180.

Teixeira A, Cortes RMV: **Diet of stocked and wild trout, *Salmo trutta*: Is there competition for resources?** *Folia Zoologica* 2006, **55**:61-73.

Teixeira A, Cortes RMV, Oliveira D: **Habitat use by native and stocked trout (*Salmo trutta* L.) in two Northeast streams, Portugal.** *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 2006, **382**:1-18.

Templeton JJ: **Individual differences in the behaviour of juvenile rock bass (*Ambloplites rupestris*): causes and consequences.** *MA thesis*. Queens University: 1987.

ThiaEng, C: **Sustainable Aquaculture and Integrated Coastal Management.** In *Sustainable Aquaculture*. Edited by Bardach JD. New York: John Wiley and Sons. 1997: 177-200.

Thompson R: **Effects of predator avoidance conditioning on the postrelease survival rate of artificially propagated salmon.** *PhD thesis*. University of Washington, Seattle, Wash: 1966.

Thompson R, Tufts D: **Predation by dolly varden and northern swordfish in hatchery-reared sockeye salmon in Lake Wenatchee, Washington.** *Transactions of the American Fisheries Society* 1967, **96**:424–427.

Unwin, MJ, Glova GJ: **Changes in life history parameters in a naturally spawning population of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) associated with releases of hatchery-reared fish.** *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 1997, **54**:1235–1245.

Vibert R: **Evolution des connaissances relatives à l'incubation sous gravier des oeufs de truites et de saumons.** *Pisciculture Française* 1981, **64**:11-22.

Wales JH: **Relative survival of hatchery and wild trout.** *Progressive Fish Culturist* 1954, **16**:125–127.

Welcomme RL, Bartley DM: **An evaluation of present techniques for the enhancement of fisheries.** *FAO fisheries technical paper* 374, 1998.

Wiley RW, Whaley RA, Satake JB, Fowden M: **An evaluation of the potential for training trout in hatcheries to increase post-stocking survival in streams.** *North American Journal of Fisheries Management* 1993, **13**:171–177.

Winton J, Hilborn R: **Lessons from supplementation of chinook salmon in British Columbia.** *North American Journal of Fisheries Management* 1994, **14**:1–13.

Instituto de Desenvolvimento Regional
[<http://www.idr.gov-madeira.pt/pt/main.asp>]