



Estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão

Miguel Patusco dos Santos

2014



Estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão

Miguel Patusco dos Santos

Trabalho de Projecto para obtenção do Grau de Mestre em Aquacultura

**Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação do Doutor Paulo Miguel
da Costa Zaragoza de Oliveira Pedro e coorientação da Doutora Maria
Manuel Sampaio Cristóvão**

2014

Estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Copyright© Miguel Patusco dos Santos

Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Instituto Politécnico de Leiria

O Instituto Politécnico de Leiria tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou em forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

2014

Resumo

Pretendeu-se com esta tese de mestrado desenvolver um estudo científico no sentido de tentar aumentar a eficiência produtiva de uma unidade de esturjão, tendo por base tirar o máximo partido dos recursos disponíveis da unidade aquícola. Desta forma, este trabalho teve por principal objetivo a realização de um estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão, sendo aplicado para diferentes cenários. Para o cumprimento deste objetivo, foi necessário quer realizar um estudo de viabilidade biológica, quer um estudo comparativo de receitas e custos estimados para diferentes cenários. No decorrer do trabalho foi realizada uma recolha de dados bibliográficos e uma recolha de dados experimentais numa exploração aquícola, por forma a gerar uma base de dados que possibilitasse criar uma ferramenta de modelação da produção de uma unidade de esturjão. O trabalho de modelação considerou diferentes cenários produtivos, nos quais foram realizados os respetivos estudos comparativos de receitas e custos. De todos os resultados obtidos foi possível concluir que uma unidade orientada para a produção de caviar é mais lucrativa (quando comparada com a produção de carne de esturjão), bem como, a realização de ciclo de vida que preserve os indivíduos durante mais tempo nas instalações (com é o caso de *A. baerii* e *A. gueldenstaedii*). Os resultados obtidos também permitiram constatar que se pode realizar um cultivo alternativo (com a introdução de outras espécies de esturjão), em paralelo ao cultivo alvo, o que vai permitir um aumento de produtividade nos primeiros anos de produção. Este modelo também permitiu conhecer a produção alcançada (expressa em biomassa), os custos da produção, os lucros associados e todo o percurso evolutivo necessário para alcançar os referidos lucros. Desta forma, o modelo desenvolvido e aplicado no âmbito deste trabalho, revelou tratar-se de uma ferramenta muito útil e eficaz para a gestão de uma unidade aquícola de esturjão. Relativamente a trabalhos futuros, pretende-se aplicar e melhorar este modelo num projeto de uma unidade aquícola de esturjão, que se já está a desenvolver de raiz, como forma de testar a sua eficiência e realizar a sua validação prática. Pretende-se também continuar a desenvolver este método tornando-o mais preciso e aplicável a outras espécies de esturjão, com interesse económico.

Abstract

The aim with this master's thesis was develop a scientific study to try to increase the productive efficiency of a sturgeon aquaculture, based on making the most of resources available aquaculture pond. The main goal of this work was to develop a sturgeon aquaculture pond productive cycle study, considering different conditions. For these conditions it was necessary to make a biological viability study as well as a comparative study of revenues and costs. Bibliographic data collection and experimental data acquisition in an aquaculture pond, allowed a database creation, which was in the base of sturgeon production model creation in this MSc thesis. This model was applied to different productive scenarios, which allowed comparative studies of revenues and costs. The data analysis allowed to conclude that the caviar production is more profitable (when compared with sturgeon meat production), and establish a productive life cycle that longer preserves the individuals in the pond premises (considering *A. baerii* e *A. gueldenstaedii*). It was also conclude that it can perform an alternate culture (with the introduction of other sturgeon species) in parallel to the main sturgeon production, which will allow an increase in productivity in the first years of production. This production model also allowed to know the achieved production (expressed in biomass), the production costs, the associated profits and the entire production evolutionary path necessary to achieve those profits. It also revealed to be a useful and effective tool for the management of a sturgeon pond. In order to test the model efficiency and conduct their practice validation, is intended to apply this model in an aquaculture sturgeon pond project, which is currently being projected, as future works. It also intended to improve this model introducing other sturgeon species with economic interest.

Índice geral

Resumo.....	iii
Abstract	iii
Índice dos quadros.....	vii
Índice das figuras	ix
1. INTRODUÇÃO	1
Importância do trabalho	1
Enquadramento teórico	1
Objetivos.....	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	5
Estado atual da aquacultura.....	5
No Mundo	5
Em Portugal.....	7
Biologia do esturjão	10
<i>Acipenser ruthenus</i>	13
<i>Acipenser baerii</i>	14
<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	14
<i>Bester</i>	15
Produção de Esturjão	15
Sistema de cultivo RAS (Sistema de aquacultura recircular)	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS	19
3.1. Recolha de dados bibliográficos.....	19
3.2. Recolha de dados experimentais.....	19
3.3. Estudo da viabilidade biológica	20
3.4. Modelação da produção	20
3.5. Simulação de vários cenários	22
3.6. Estudo comparativo de receitas e custos estimados	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. Recolha de dados bibliográficos.....	27
4.2. Dados Experimentais.....	27
4.3. Estudo da viabilidade biológica	28
4.4. Modelação da produção	33

4.5.	Reprodução de vários cenários	33
4.6.	Estudo comparativo de receitas e custos estimados	71
5.	CONCLUSÕES	75
5.1.	Conclusões gerais	75
5.2.	Validade dos resultados e limitações do trabalho	76
5.3.	Inovação do trabalho.....	76
5.4.	Aplicação prática deste trabalho.....	76
5.5.	Trabalhos futuros	77
6.	Referências bibliográficas.....	78
7.	Anexos.....	81

Índice dos quadros

Quadro 2.1 - Produção aquícola em Portugal em toneladas de biomassa (Adaptado de MADRP-DGPA, 2007).	8
Quadro 2.2 - Informação geral sobre as espécies abrangidas pelo trabalho (FAO, 2013; Froese, R. & Pauly, D., 2005).	13
Quadro 3.1 – Quadro das condicionantes das diferentes simulações.	23
Quadro 4.1 – Características recolhidas com relevância para a criação da modelação da produção.....	27
Quadro 4.2 – Densidades máximas praticadas nas diferentes fases de cultivo.....	30
Quadro 4.3 – Resumo comparativo de receitas e custos estimados de todas as simulações.....	71
Quadro 7.1 - Produção aquícola por região: quantidade e percentagem da produção mundial (Adaptado de FAO, 2014).	81
Quadro 7.2 - Produção e utilização dos produtos da pesca e aquacultura (Adaptado de FAO, 2014).	82

Índice das figuras

Figura 1.1 - Dendograma apresenta os objetivos e as respectivas tarefas realizadas para o cumprir do estudo do ciclo produtivo de uma unidade de esturjão.	3
Figura 2.1 – Capturas da pesca e produção aquícola mundial (Adaptado de FAO, 2014).....	6
Figura 2.2 - Consumo <i>per capita</i> de pescado no mundo (média de 2008-20010) (adaptado de FAO, 2014).	9
Figura 2.3 – Principais características morfológicas do esturjão e <i>paddlefish</i> (Adaptado de Coppens, 2007).....	11
Figura 2.4 - a) Comparação das estatísticas mundiais da pesca e aquacultura de esturjão; b) Desenvolvimento da produção aquícola de carne de esturjão de todas as espécies, baseado em dados oficiais da FAO 2009 e complementados com informações de fontes alternativas (Adaptado de: Bronzi <i>et al.</i> , 2011).	16
Figura 2.5 - a) Produção mundial de caviar (em toneladas) nos principais países produtores; b) Número de países envolvidos no cultivo das várias espécies de esturjão e seus híbridos. A.g. × A.b. = <i>A. gueldenstaedtii</i> and <i>A. baerii</i> ; A.n. × A.b. = <i>A. naccarii</i> × <i>A. baerii</i> ; A.sc. × H.d. = <i>A. schrenckii</i> × <i>A. dauricus</i> (adaptado de Bronzi <i>et al.</i> , 2011).	17
Figura 4.1- Esquema do ciclo de produção para produção de caviar com 6 desovas. .	29
Figura 4.2 - Turvação da água de 15 em 15 minutos, antes e após a adição de 300 g da ração A.....	31
Figura 4.3 - Turvação da água de 15 em 15 minutos, antes e após a adição de 300 g da ração B.....	31
Figura 4.4 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº1.	33
Figura 4.5 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº1.....	34
Figura 4.6 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados relativos à simulação nº1.....	36
Figura 4.7 – Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº1.	37
Figura 4.8 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº2.	39

Figura 4.9 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº2.	40
Figura 4.10 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº2.	41
Figura 4.11 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº2.	42
Figura 4.12 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº3.	43
Figura 4.13 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº3.	44
Figura 4.14 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº3.	45
Figura 4.15 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº3.	46
Figura 4.16 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº4.	47
Figura 4.17 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº4.	48
Figura 4.18 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº4.	49
Figura 4.19 - Produção e receita anual de carne das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº4.	51
Figura 4.20 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº4.	52
Figura 4.21 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº5.	53
Figura 4.22 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº5.	54
Figura 4.23 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº5.	55
Figura 4.24 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº5.	56

Figura 4.25 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº6.	58
Figura 4.26 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº6.	59
Figura 4.27 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº6.	60
Figura 4.28 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº6.	61
Figura 4.29 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº7.	62
Figura 4.30 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº7.	63
Figura 4.31 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº7.	64
Figura 4.32 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº7.	66
Figura 4.33 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº8.	67
Figura 4.34 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº8.	68
Figura 4.35 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº8.	69
Figura 4.36 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº8.	70
Figura 7.1 - Composição específica da produção aquícola de Portugal no ano de 2005 em águas salgadas e salobras (fonte: MADRP-DGPA, 2007).....	82
Figura 7.2 - Tendência geral da pesca de esturjão a nível mundial, destacando-se a dominância da Rússia (adaptado de Bronzi <i>et al</i> , 2011).	83
Figura 7.3 - Esquema de um RAS (adaptado de Blancheton, 2002).	83

INTRODUÇÃO

Importância do trabalho

A produção aquícola é um sector em desenvolvimento, existindo ainda um grande caminho a percorrer até atingir as suas potencialidades máximas. O trabalho realizado nesta tese de mestrado vai de encontro a facto, visando o aumento produtivo e o melhor aproveitamento do sector aquícola.

Com a modelação criada no decurso deste trabalho é possível delinear a evolução ao nível da biomassa, da produção realizada e respetivos lucros da unidade aquícola ao longo dos anos. Para além disso, também consegue projetar as infraestruturas de tanques necessárias aos objetivos de produção. Tudo isto permite ter uma visão do que se pode ou não pode esperar da produção, definir pontos críticos da produção e se possível evitá-los. Pode ainda possibilitar a escolha de uma estratégia de ataque aos mercados.

Enquadramento teórico

A aquacultura tem vindo a crescer e a adquirir uma grande importância a nível mundial nos últimos anos, em grande parte devido à carência de muitos produtos derivados das pescas.

A sobrepesca tem levado à destruição de inúmeras populações selvagens de peixe e outros organismos. O esturjão, classificado como “Critically Endangered” na *red list* do IUCN (International Union for Conservation of Nature) não é exceção, já que é uma das espécies que tem vindo a sofrer com a referida sobrepesca.

Tal facto leva à necessidade de realizar cultivos artificiais para disponibilizar produtos provenientes de espécies de esturjão no mercado. Assim, surge a necessidade de criar métodos de produção mais eficientes e que permitam tirar maior partido dos recursos disponíveis. Desta forma, para maximizar a produção das unidades aquícolas é imprescindível a realização de uma projeção a longo prazo do ciclo produtivo, pois permite identificar as capacidades de produção das unidades e tirar o máximo partido das mesmas. Daí fazer todo o sentido a criação de métodos de projeção rápidos e eficientes, que confirmam uma visão pormenorizada da produção ao longo do tempo, já que o caminho para a atingir é uma ferramenta muito importante, podendo significar o sucesso ou insucesso da própria empresa.

Objetivos

A presente tese tem como objetivo principal o estudo do ciclo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão, equacionando diferentes abordagens produtivas.

Para atingir este objetivo foi necessário cumprir outros objetivos que se encontram esquematizados no dendograma da Figura 0.1. Foi realizada uma recolha de dados bibliográficos (objetivo 1) a partir da vária informação disponível e realizou-se também uma recolha de dados experimentais (objetivo 2) numa aquacultura de esturjão. Estes dados foram a base para a realização de um estudo da viabilidade biológica (objetivo 3), que permitiu a criação de um modelo de produção de esturjão (objetivo 4). Com o modelo criado efetuou-se a reprodução de vários cenários (objetivo 5), dos quais se realizou um estudo comparativo de receitas e custos (objetivo 6).

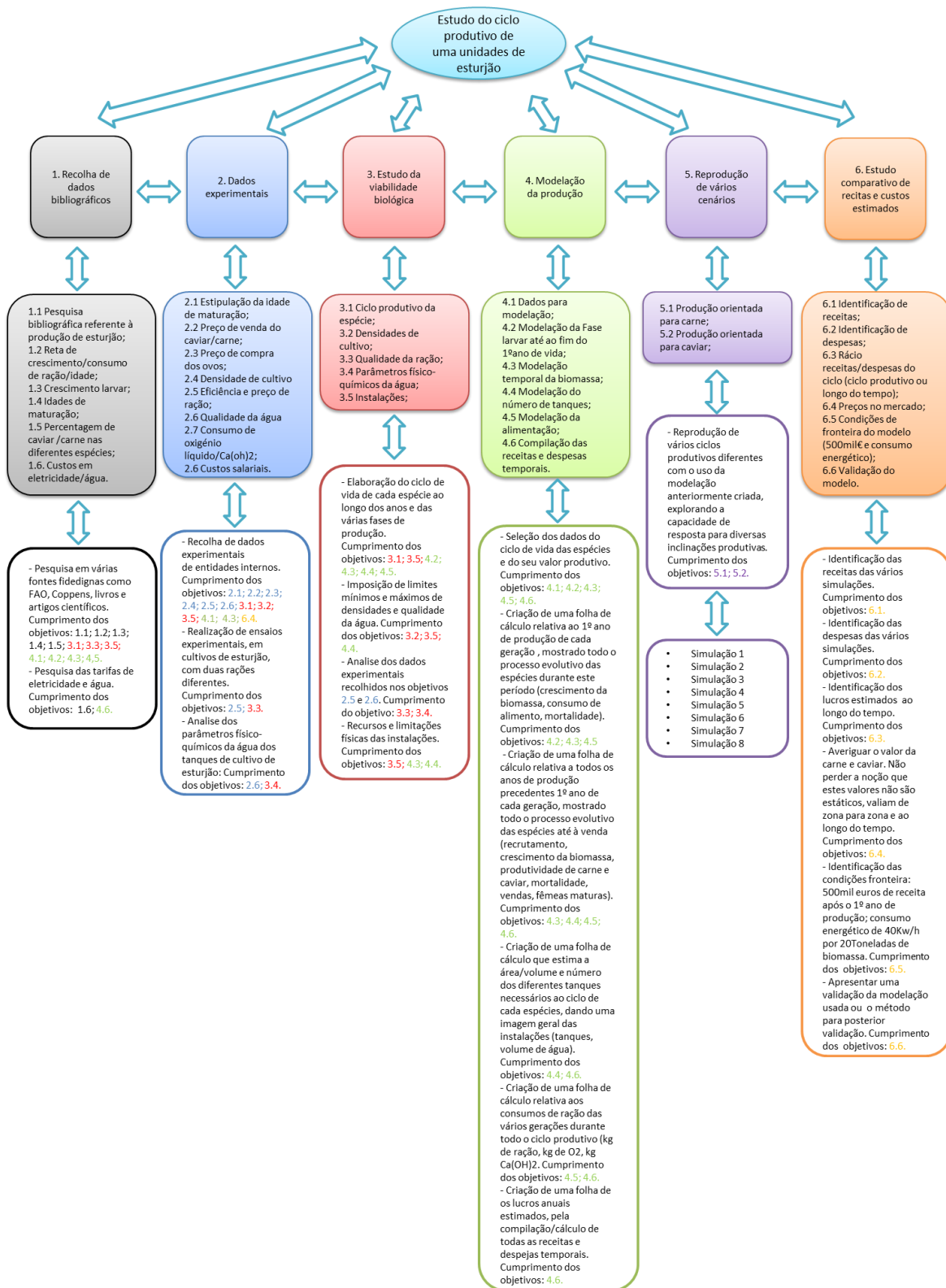


Figura 0.1 - Dendograma apresenta os objetivos e as respetivas tarefas realizadas para o cumprir do estudo do ciclo produtivo de uma unidade de esturjão.

1. REVISÃO DA LITERATURA

Estado atual da aquicultura

No Mundo

A partir da segunda metade do século passado, a aquicultura tem-se expandido a um ritmo elevado, passando de uma produção insignificante para cerca de 41% de toda a produção do setor das pescas. Esta expansão tornou-se mais acentuada nas décadas de 80 e 90, contudo, de 1990 a 2000, o crescimento do sector abrandou, como se apresenta na Figura 1.1 (FAO, 2012). Esta expansão foi também um dos principais fatores que levou ao aumento do consumo mundial de peixe *per capita*, passando-se de uma média de 9,9 kg em 1960 para 19,2 kg em 2012 (FAO, 2014). No ano de 2010 foi atingido um marco histórico na produção aquícola, com uma produção de 60 milhões de toneladas (em produtos alimentares). Em 2012, segundo as estatísticas da FAO (2014), a aquicultura mundial apresentou uma produção de 90,4 milhões de toneladas (brutas), atingindo assim em apenas 4 anos o aumento para mais de 85 milhões de toneladas que Tidwell (2012) tinha previsto para um prazo de 20 anos. Estes 90,4 milhões de toneladas perfazem um valor de 144,4 biliões de dólares, das quais 66,6 milhões de toneladas são alimentos derivados de peixe, e os restantes 23,8 milhões são alimentos derivados de algas, correspondendo a um valor de 137,7 e 6,4 biliões de dólares, respetivamente. No entanto, poderá haver alguma imprecisão de dados por parte de algumas entidades. O valor apresentado pela produção aquícola parece ser algo exagerado, pois nem sempre está disponível à saída do produtor (FAO, 2014).

Note-se que, em 2010, um terço da produção era obtido sem recurso a ração, através de espécies filtradoras como os bivalves e algumas carpas (FAO, 2012). Segundo a FAO (2012), existiam mundialmente cerca de 500 espécies a serem exploradas numa grande variedade de sistemas produtivos e em diferentes ambientes.

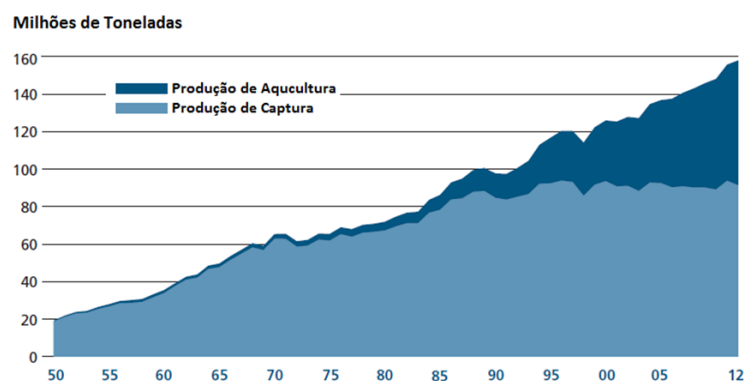


Figura 1.1 – Capturas da pesca e produção aquícola mundial (Adaptado de FAO, 2014).

A FAO (2014) refere que a produção mundial aquícola está longe de apresentar uma distribuição geográfica uniforme, como se pode observar no Quadro 6.1 (em anexos). A nível mundial, a produção de todos os peixes alimentados em viveiro em 2012 foi garantida por apenas 15 países, com 92,7% da produção total, e deste valor, 88,39% pertenciam ao continente asiático, sendo a China responsável por 61,69%. Outros países como Japão, Vietname, Indonésia, Bangladesh, Tailândia, Filipinas, República da União de Myanmar (Birmânia) e Índia também se encontram entre os maiores produtores mundiais. Conforme a FAO (2012), a Europa foi responsável por apenas 4,32% da produção mundial, onde aproximadamente 81,5% desta produção foia realizada em águas salobras e marinhas. A produção da Europa foi dominada por peixes (que correspondia a $\frac{3}{4}$ da produção) e também por moluscos. A elevada produção em água salgada deveu-se em grande parte ao cultivo de salmão em gaiolas (FAO, 2012).

Como apresentado pela FAO (2012, 2014), no Quadro 6.2 (em anexos), a atividade aquícola a nível mundial consiste sobretudo no cultivo em ambientes dulçaquícolas (cerca de 62% em 2012), sendo o cultivo em água salgada aproximadamente metade do que se verifica em água doce, e a produção em água salobra é inferior a 10%. Relativamente ao valor produzido, o cultivo em água doce foi responsável por 58,1%, seguido pela aquicultura marinha com uma produção de 29,2% e por último o cultivo em água salobra com 12,8%.

Apesar de a aquicultura apresentar uma dimensão mundial, esta mostra desequilíbrios, quer na distribuição quer, no seu desenvolvimento, em várias regiões do globo, conforme se referiu anteriormente. Estas disparidades fazem-se sentir mesmo em

zonas muito próximas e semelhantes, portanto são independentes do ambiente, mas estão diretamente associadas a fatores económicos e sociais (FAO, 2012).

Obter registos precisos da produção aquícola mundial constitui uma tarefa difícil, já que os resultados apresentados pelos países nem sempre correspondem à realidade, e por vezes são mesmo inexistentes.

A produção apresentada anteriormente para 2010 abrange 181 países e regiões, os restantes não divulgaram quaisquer dados de produção. Ainda assim, os dados relatados não se encontram completos, existindo necessidade de recorrer a fontes alternativas, quando disponíveis. Para além disso, as estatísticas globais deixam de fora diversos fatores tais como: a produção de produtos não alimentares, como isco para pesca, espécies e produtos ornamentais; peixes que se destinam a alimentarem outros; a biomassa produzida em cultivo auxiliar para alimento de fases larvares; a produção das maternidades, tanto para produção aquícola como para reposição de *stocks* selvagens; e as entradas de espécies selvagens capturadas para engorda. Desta forma, é praticamente impossível ter uma visão exata do estado atual de toda a produção mundial (FAO, 2012).

Em Portugal

Portugal encontra-se altamente influenciado pela presença do mar Mediterrâneo e do oceano Atlântico, conferindo um potencial singular para a atividade aquícola, especialmente para a produção de um vasto leque de novas espécies de alto interesse comercial (Castro, 2008; Despacho Conjunto nº 420, 2006).

A aquacultura em Portugal terá surgido no tempo dos romanos, que já nessa altura associaram a atividade aquícola tanto à salinicultura, como ao cultivo de ostras. Estes, usavam as salinas como reservatório para larvas e juvenis (Mestre, 2008).

A produção aquícola em Portugal esteve, durante muito tempo, limitada a pequenas produções familiares, nunca se comparando à indústria pesqueira. Só em 1895 é que surgiu a primeira legislação referente à atividade aquícola, tendo sido esta proposta pela *Central Fisheries Commission*. Com isto, em 1898 é criada a primeira estação de produção aquícola legal, que se debruçava na produção de truta arco-íris no “Posto Aquícola de Vila Conde”. No nosso país, até meados dos anos 80, esta atividade manteve sempre uma produção baseada em bivalves e em truta arco-íris (Cassamo, 2012).

Em 1986, após a entrada para a União Europeia (CEE – Comunidade Económica Europeia), surgiram alguns incentivos para o desenvolvimento da atividade. Tal facto, levou à transformação de antigas salinas em construções específicas para o desenvolvimento da aquicultura, com sistemas de tratamento e recirculação de água. Isto proporcionou um grande desenvolvimento do sector, nomeadamente no uso dos resíduos da pesca para formulação de rações, na mecanização de alguns processos e na substituição de operadores não qualificados por técnicos formados. Consequentemente, nos 10 anos seguintes, a produção derivada da pesca apresentou um decréscimo de 60% (Cassamo, 2012).

A produção aquícola cresceu rapidamente durante os anos 80, contudo, no princípio dos anos 90 a produção sofreu um grande declínio. Tal deveu-se fundamentalmente a falhas estruturais nos métodos de produção (grande parte dos produtores era proveniente do sector das pescas e não possuía formação na área) e a aplicação desmesurada dos Fundos Comunitários, levaram à inviabilidade económica de muitas das unidades recém-formadas. A isto pode-se também acrescentar o facto de a produção nacional não conseguir competir com os baixos custos de produção dos países do Mediterrâneo e haver uma tendência para o consumo de espécies de origem marinhas, o que diminuiu a produção dulçaquícola de 32% para apenas 12% em 2008 (Cassamo, 2012; MADRP-DGPA, 2007).

Quadro 1.1 - Produção aquícola em Portugal em toneladas de biomassa (Adaptado de MADRP-DGPA, 2007).

Meio de Cultivo	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Água doce	1 261	1 296	1 220	1 233	954	917	845	927	937	941	936
Água salgada e Salobra	5 019	6 240	6 990	7 054	7 087	5 885	5 854	6 947	6 507	7 047	7 043
Total	6 280	7 536	8 210	8 287	8 041	6 802	6 699	7 874	7 443	7 987	7979

No ano de 2009, a atividade aquícola em Portugal centrava-se no cultivo em águas salgadas e salobras, representando 88% das quase 8000 toneladas produzidas (Quadro 1.1). Das espécies produzidas, os moluscos bivalves (amêijoia e ostra), a dourada e o robalo são as que mais se destacam (Figura 6.1 em anexos). A produção nacional tem apresentado um

crescimento quase nulo desde 2000, ano em que ocorreu a entrada no mercado de grandes quantidades de peixe oriundos da Grécia e Turquia, tendo como consequência a diminuição do valor do peixe, com o qual os produtores nacionais não conseguiram competir, atravessando várias dificuldades (Cassamo, 2012; MADRP-DGPA, 2007).

Atualmente seria de esperar um desenvolvimento muito mais acentuado no setor da aquicultura, pois o país possui características naturais únicas que favorecem a prática da atividade. Em Portugal, a produção de pescado proveniente tanto das pescas, como da aquicultura, apenas tem capacidade para sustentar uma pequena parte das necessidades do consumo nacional. Entre 2005 e 2007, Portugal foi o 3º maior consumidor de pescado *per capita*, com cerca de 58 Kg/ano, sendo apenas ultrapassado pela Islândia e Japão (Figura 1.2). Dados mais recentes, de 2009, apontam para um aumento do consumo do pescado para valores um pouco superiores aos 60 Kg/ano *per capita*. Apesar do grande consumo de pescado, a produção é bastante deficiente podendo apenas sustentar um consumo de pescado na ordem dos 24 Kg/ano. Em 2011, o nível de autossuficiência pesqueira portuguesa era de apenas 32,7%, sendo os restantes 67,3% importados. Desta forma, do desenvolvimento da aquicultura pode ser vista como uma forma de aliviar as importações dos produtos pesqueiros e diminuir a dependência de mercados externos, ajudando à estabilidade dos preços e capacidade de fornecer ao consumidor produtos de alta qualidade a preços acessíveis (MADRP-DGPA, 2007; FAO, 2012; FAO, 2010; Ocean2012, 2012).

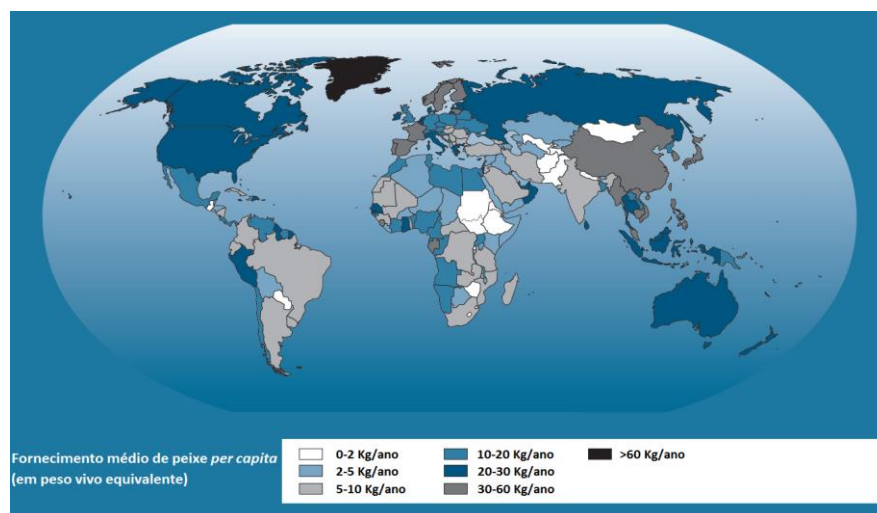


Figura 1.2 - Consumo *per capita* de pescado no mundo (média de 2008-2010) (adaptado de FAO, 2014).

De acordo com dados de 2005, o setor aquícola produzia aproximadamente 7000 toneladas, que corresponde a cerca de 5% de todos os desembarques em Portugal continental e apenas 3% a nível nacional. Isto contrasta com o cenário europeu que atinge valores médios na ordem dos 20% e ainda mais com a importância dada a nível mundial para a atividade, que sugere uma produção de 30% (Despacho Conjunto nº 420, 2006).

Apesar do grande interesse da expansão da atividade no nosso país, a criação de novas instalações não é fácil. A localização para as instalações é limitada por zonas protegidas, reduzindo significativamente a área disponível para explorações. Mesmo fora destas áreas, a implementação das instalações não é simples, pois a aquisição de licenças é um processo burocrático complexo e moroso, e a maioria das instalações aquícolas competem diretamente com o turismo pelo mesmo espaço. Uma vez que o turismo apresenta um retorno económico num prazo de tempo mais curto, este acaba muitas vezes por sair vencedor. A isto junta-se também um certo preconceito do consumidor relativamente à qualidade dos produtos de origem aquícola e falta de informação na hora da escolha do produto. Tudo isto leva a uma enorme dificuldade de expansão do sector da aquacultura em Portugal, não tirando partido das condições únicas presentes no país para o desenvolvimento desta atividade (Despacho Conjunto nº 420, 2006).

Biologia do esturjão

Os esturjões pertencem a um dos grupos mais antigos de vertebrados, havendo registos da sua existência de há mais de 150 milhões de anos, sendo tipicamente designados por “fósseis vivos”. O ciclo de vida das diversas espécies de esturjão varia um pouco entre si, mas em geral os Acipenseriformes apresentam uma vida longa com crescimento e taxa de maturação lentos. Algumas espécies, como o *Huso huso*, tem uma longevidade de aproximadamente 100 anos e pode ultrapassar as 2 toneladas de massa (FAO, 2013).

A nível morfológico, o esturjão possui esqueleto cartilágneo, corpo em forma de fuso, focinho com barbilhos sensoriais e a barbatana caudal é heterocerca ou *top-elongated*. Este peixe não tem escamas e apresenta cinco grandes fileiras de placas ossudas designadas por escudos que se encontram na zona dorsal e lateral (FAO, 2013).

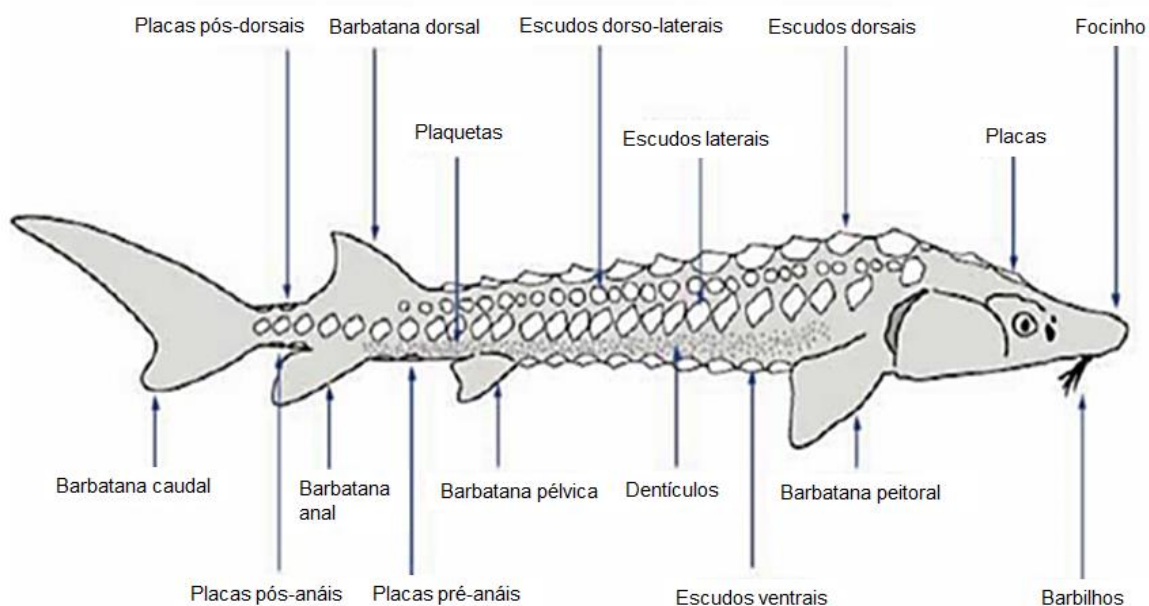


Figura 1.3 – Principais características morfológicas do esturjão e *paddlefish* (Adaptado de Coppens, 2007).

As espécies de esturjão da ordem Acipenseriformes habitam rios, estuários, ambientes oceânicos próximos da costa e mares interiores e encontram-se distribuídas principalmente em regiões frias e temperadas do hemisfério Norte, podendo ser encontradas na América do Norte, Europa e Ásia. Na América do Norte existem algumas espécies nos rios das costas Leste e Oeste, bem como na bacia do Mississippi. Na Europa, geralmente estão associados a rios que desaguam no Oceano Atlântico, no Mar Adriático e no Mar Báltico. Enquanto na Ásia podem ser encontrados nas bacias do Mar de Okhotsk, do Mar de Bering, do Mar Barents, do Mar de Kara e do Mar Branco (FAO, 2013).

A maioria das espécies é anádroma, passando a vida adulta no mar e deslocando-se rio a cima na época de desova e apenas uma pequena parte é potamódroma, isto é, passa toda sua vida em água doce. Os esturjões tendem a desovar em habitat com substratos duros, em profundidades variadas e com água corrente (Birstein *et al.*, 1997).

Normalmente, os esturjões possuem hábitos bentônicos e alimentam-se sobretudo de larvas de insetos, pequenos peixes e ocasionalmente de cadáveres de outros peixes. Em rios de desova de outras espécies como o salmão, também se alimentam dos seus ovos. As

capturas das presas não são dependentes da visão mas sim dos seus barbilhos tácteis e boca prostrátil. Estes são utilizados para cavar com o rosto e encontrar as presas (FAO, 2013).

Os hábitos bentónicos e a maturação tardia submetem os esturjões a altos níveis de bioacumulação, tornando-os num dos peixes mais sensíveis às degradações do ambiente (Birstein *et al.*, 1997).

A maturação sexual do esturjão varia muito entre espécies e está diretamente dependente dos fatores ambientais como a temperatura na medida em que este só atinge a maturidade após receber uma certa quantidade de graus por dia (Quadro 1.2). No meio natural, os indivíduos estão expostos a várias mudanças na temperatura da água podendo retardar o seu desenvolvimento, assim, em aquacultura e em condições controladas é possível antecipar a maturação. Após atingir a puberdade é necessário alguns estímulos ambientais para iniciar a maturação das gónadas, designando-se esta fase por invernia (FAO, 2013).

A ordem Acipenseriformes é constituída por 27 espécies que se encontram divididas em duas famílias, Acipenseridae onde estão presentes os esturjões e a Polydontidae composta pelos *paddlefish*. Das 27 espécies presentes na ordem, podemos destacar, pela sua importância para a aquacultura, as seguintes espécies: *Acipenser baerii*, *Acipenser gueldenstaedtii*, *Acipenser ruthenus*, *Acipenser stellatus*, *Acipenser sturio*, *Acipenser transmontanus* e *Huso huso*. Das espécies supracitadas, apenas as três primeiras se enquadram nos objetivos deste trabalho. Para além das 27 espécies referidas anteriormente, também existem algumas espécies híbridas, das quais podemos destacar o *bestier* (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) como o mais conhecido e o único espécime híbrido presente nos objetivos do presente trabalho (Coppens, 2007).

Quadro 1.2 - Informação geral sobre as espécies abrangidas pelo trabalho (FAO, 2013; Froese, R. & Pauly, D., 2005). Nota-se que os anos relativos à 1ª maturação em aquacultura correspondem um cultivo com temperatura controlada, podendo sofrer alterações com diferentes condições de cultivo. Legenda: - não foi possível encontrar informação bibliográfica.

Espécies		<i>Acipenser ruthenus</i>	<i>Acipenser baerii</i>	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i>	<i>bester</i>	
Comprimento máximo (cm)		125	200	236	-	
Peso máximo (kg)		16	210	115	-	
Longevidade máxima		20	60	46	-	
1ª Maturação (anos)	Machos	Aquacultura	2-3	-	3-4	4-6
		Selvagens	3-8	-	8-10	-
	Fêmeas	Aquacultura	3-5	5-6	6-8	5-6
		Selvagens	3-12	-	10-14	-
Intervalo entre posturas das fêmeas (anos)		Aquacultura	1-2	-	1-3	-
		Selvagens	2-3	-	3-5	-
Grau por dia até 1ª Maturação (°C)		Machos	6000 – 9000	9000 – 12000	10000 – 10500	-
		Fêmeas	12000 – 13000	18000 – 26000	17000 -27000	-

Acipenser ruthenus

A espécie *Acipenser ruthenus*, também conhecida como *sterlet*, é a única espécie que permanece toda a sua vida em água doce. Este habita essencialmente as bacias hidrográficas do Mar Negro, Mar Cáspio e Mar Báltico (Williot *et al.*, 2005; Lenhardt *et al.*, 2010).

O *sterlet* diferencia-se dos outros esturjões pelos seus barbilhos fimbriados e pela presença de um grande número de placas laterais, que chegam a ser mais de 50. É a espécie

mais pequena e com menor tempo de vida pertencente à Família Acipenseridae, como observado no Quadro 1.2. Desta forma, é o esturjão que atinge mais cedo a maturidade sexual, possibilitando uma produção de caviar mais rápida, contudo, produz a ova mais pequena de todas (FAO, 2013).

Acipenser baerii

A espécie *Acipenser baerii* é conhecida como o esturjão siberiano uma vez que se encontra distribuída pelos rios siberianos que desaguam no Mar Kara, Mar Laptev e Mar Siberiano Este.

Os indivíduos desta espécie têm, no que diz respeito às características que são normalmente utilizadas para diferenciar as espécies de esturjão, 10-12 placas dorsais, 32-62 placas laterais e 7-16 placas ventrais. O lábio inferior é interrompido e o focinho representa 33-61% do tamanho total da cabeça. Como apresentado no Quadro 1.2, estes esturjões podem atingir os 2 metros de comprimento e pesar 210 Kg, tendo uma longevidade de aproximadamente 60 anos. Quanto à produção de caviar, o esturjão siberiano apresenta uma ova maior que o *A. ruthenus*, mas em contra partida só maturam 1 a 2 anos depois (FAO, 2013).

Acipenser gueldenstaedtii

A espécie *Acipenser gueldenstaedtii* é tradicionalmente conhecida como esturjão russo e apresenta uma das maiores distribuições geográficas do género, habitando nas bacias do Mar Negro, Mar Cáspio, Mar Azov e com outros *stocks* separados que ocorrem em rios largos e mares.

O corpo do esturjão russo apresenta uma forma alongada em forma de fuso, o focinho é curto e obtuso, os barbilhos encontram-se mais perto da extremidade do focinhos do que da boca e o lábio inferior é interrompido. A cor varia muito, geralmente a superfície dorsal é preta-acinzentada, os lados do corpo são de cor empoeirada e o ventre é branco. Esta espécie pode atingir comprimentos de 2,36 m, pesar 115 Kg e viver até aos 46 anos de idade. Das quatro espécies utilizadas neste trabalho, esta é a que detém a maturação mais tardia, no entanto, é a que produz o caviar mais apreciado das quatro (Quadro 1.2) (FAO, 2013).

Bester

O *bester* é um dos híbridos mais usados na aquacultura de esturjão e surgiu do cruzamento entre fêmeas *H. Huso* e machos *A. ruthenus*. O *bester* adquiriu do *H. huso* a alta taxa de crescimento e do *A. ruthenus* a maturação antecipada, tendo adquirido, devido às suas características, grande popularidade em aquacultura desde que foi cruzado pela primeira vez (FAO, 2013).

Produção de Esturjão

Atualmente, o esturjão é um dos peixes com maior valor comercial, em grande parte devido às suas ovas das quais provem o tão famoso caviar, considerado um produto *gourmet* de alto valor. A sua carne também desperta algum interesse e, mais recentemente, tem sido usado para fins ornamentais. Contudo, nem sempre foi assim, e em 1800 o esturjão não era um peixe alvo por parte das pescas sendo apenas apanhado como *bycatch*, acabando por ser descartado sem qualquer valor comercial. O crescente valor económico adquirido pelo esturjão conduziu a que muitas espécies fossem pescadas praticamente até à extinção (Figura 6.2 em anexo). Desta forma, a aquacultura tem a importante tarefa de produzir esturjão de forma sustentável, satisfazendo as necessidades do mercado (Coppens, 2007; Burtzev, 1999).

O cultivo de esturjão inicia-se em meados do século XIX na Rússia, evoluindo consideravelmente nas últimas décadas. Um dos marcos mais importantes na aquacultura deste peixe foi a criação do híbrido *bester* que rapidamente se difundiu para França, E.U.A., Itália, Alemanha e Japão. Atualmente existe a produção em aquacultura de diversas espécies de esturjão e, em muitas delas, com o ciclo de vida fechado (Ercan, 2011).

Apesar do esturjão apresentar um crescimento lento no meio selvagem, em aquacultura algumas espécies demonstraram ter um crescimento muito rápido, boas taxas de sobrevivência e bastante tolerância a elevadas densidades de cultivo. Contudo, existem várias advertências para a sua produção, destacando-se a limitação de reprodutores e alevins disponíveis no meio natural e o longo período de espera até à maturação das fêmeas (Coppens, 2007).

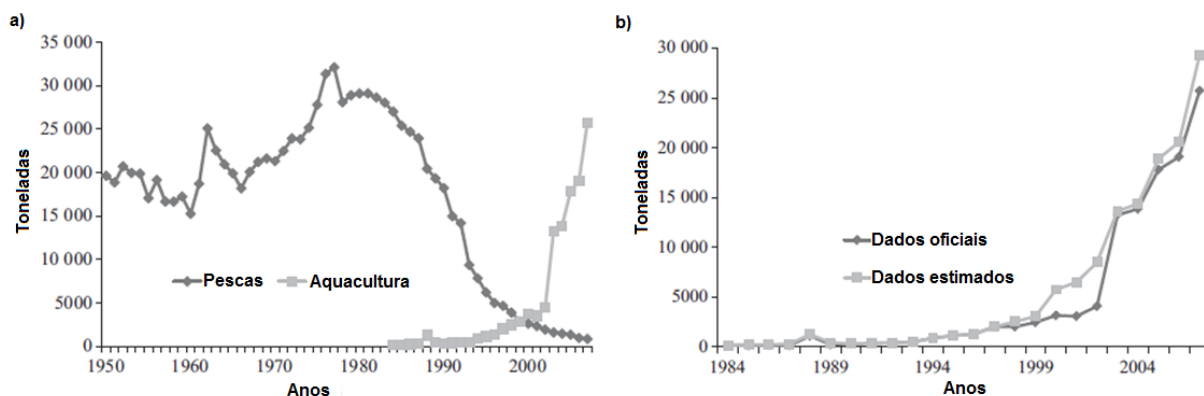


Figura 1.4 - a) Comparação das estatísticas mundiais da pesca e aquicultura de esturjão; b) Desenvolvimento da produção aquícola de carne de esturjão de todas as espécies, baseado em dados oficiais da FAO 2009 e complementados com informações de fontes alternativas (Adaptado de: Bronzi *et al.*, 2011).

Nas últimas décadas a produção de esturjão tem aumentado a um ritmo muito lento, mantendo-se sempre com uma produção inferior a 5000 toneladas anuais até ao ano 2002. Após esta data, o cultivo sofreu uma grande explosão, aumentando a produção em 5 vezes em apenas 5 anos (Figura 1.4 - a); b)). Este rápido aumento da produção de esturjão em aquicultura deveu-se a vários fatores como a diminuição dos *stocks* naturais do Mar Cáspio, inclinação para uma produção aquícola mais diversificada, aumento da disponibilidade de esturjões de aquicultura provenientes do colapso da U.R.S.S. e a ideia de um crescimento gradual da rentabilidade dos produtos de luxo como o caviar. Para além disto, o desenvolvimento da produção só foi possível após um longo período de investigação, realizado não só na Rússia como também na América do Norte e na Europa (Bronzi *et al.*, 2011).

No início do novo milénio, a China entrou na produção de esturjão em larga escala com vista ao consumo nacional. Com apenas 6 anos de produção, a China já contribuía substancialmente para a produção mundial de carne de esturjão. Desta forma, em apenas 7 anos, a produção mundial de carne de esturjão estimada proveniente de aquicultura passou de cerca de 5000 toneladas por ano para 29300 toneladas por ano. Esta estimativa foi baseada em dados estatísticos da FAO (2009) e suplementada com informações regionais e pessoais. A Figura 1.4 - b) mostra as disparidades entre a produção de carne com ou sem dados não oficiais, verificando-se uma diferença de 4000 toneladas no ano de 2007 (Ercan, 2011).

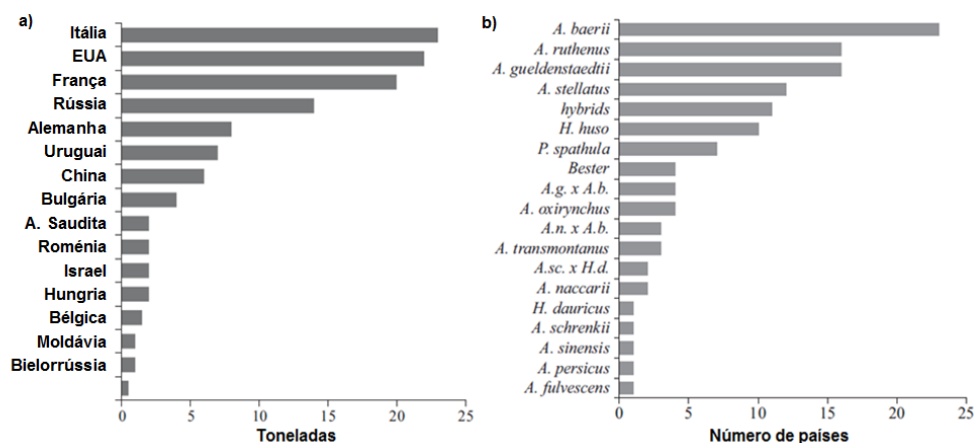


Figura 1.5 - a) Produção mundial de caviar (em toneladas) nos principais países produtores; b) Número de países envolvidos no cultivo das várias espécies de esturjão e seus híbridos. *A.g. x A.b.* = *A. gueldenstaedtii* and *A. baerii*; *A.n. x A.b.* = *A. naccarii* × *A. baerii*; *A.sc. x H.d.* = *A. schrenckii* × *A. dauricus* (adaptado de Bronzi *et al.*, 2011).

No ano de 2008, a produção de caviar a nível mundial era aproximadamente 110 a 120 toneladas e provinha de 80 aquaculturas espalhadas por 16 países diferentes (Figura 1.5 – a)). Cerca de 12 espécies contribuem para a produção aquícola de esturjão, contudo, uma quantidade substancial é proveniente de 6 híbridos. Em 2008, o topo da lista das espécies mais usadas era ocupado pelo esturjão siberiano, sendo cultivado em 22 países diferentes com uma produção total de aproximadamente 8800 toneladas por ano, seguido pelo esturjão russo e *sterlet* produzidos em 16 países e o *bester* em apenas 4 países. No total, cerca de 35 países estão envolvidos na produção de caviar e/ou de carne de esturjão. Alguns destes já possuem uma longa história de produção enquanto outros começam agora a explorar esta vertente da aquacultura (Figura 1.5 – b)) (Bronzi *et al.*, 2011).

Sistema de cultivo RAS (Sistema de aquacultura recircular)

A atividade aquícola tem desencadeado várias preocupações relativamente à sustentabilidade da mesma. A maior parte destas preocupações deve-se ao uso de farinha e óleo de peixe na confeção das rações, a fuga de indivíduos para o meio selvagem e as descargas de resíduos para o meio ambiente. No entanto, estas questões podem ser contornadas utilizando sistemas de recirculação (Martins *et al.*, 2010).

Nos sistemas de recirculação é realizado um reaproveitamento parcial da água após o tratamento da mesma, diminuindo assim o seu consumo. Estes sistemas são constituídos

por variados processos que reduzem os resíduos limitantes, permitindo o condicionamento e a reutilização da água nos mesmos tanques ou em outros tanques (Bijo, 2007; Martins *et al.*, 2010).

Os RAS foram desenvolvidos para possibilitar a produção em zonas com limitações de terra e água, onde as restrições ambientais são elevadas, sendo por isso considerados sistemas de produção aquícola amigos do ambiente (Bijo, 2007; Helfrich, 1990).

Comparativamente com outros sistemas, os RAS oferecerem vantagens na redução do consumo de água, melhor gestão de resíduos e reaproveitamento de nutrientes, melhor higiene e controlo de doenças, controlo da fuga de indivíduos, redução do impacto visual das instalações, controlo total das condições de cultivo para além de não dependerem das variações sazonais existentes no meio natural. Estes sistemas também possibilitam que a atividade possa ocorrer em zonas urbanas na proximidade dos mercados devido à sua independência de águas superficiais, contribuindo desta forma com encargos menores no transporte dos produtos e reduzindo também as emissões de dióxido de carbono (Helfrich, 1990; Martins *et al.*, 2010).

Apesar de este sistema ser uma mais-valia para o ambiente e a sua utilização estar em expansão, ainda apresenta uma expressão muito reduzida quando comparada com outros sistemas. Isto deve-se ao investimento inicial exigido ser dispendioso. Sendo necessária a prática de cultivos com elevadas densidades de indivíduos, podendo por em causa o bem-estar dos mesmos (Bijo, 2007; Martins *et al.*, 2010).

Os RAS carecem ainda de alguns cuidados especiais nomeadamente na possível acumulação de resíduos provenientes de minerais, resíduos de medicamentos, compostos da alimentação e do metabolismo (Martins *et al.*, 2010).

Um RAS é constituído por um conjunto de processos (Figura 6.3 - anexos) que melhoram a qualidade da água possibilitando a sua reutilização. De uma forma geral, o RAS é composto por um tanque de crescimento, uma *sump* com filtro mecânico, um tanque reservatório, uma unidade de desinfeção (filtro UV e ozono, por exemplo), um biofiltro, uma unidade de oxigenação e uma bomba de recirculação de água. Dependendo da espécie cultivada, pode ainda existir a necessidade de controlar a temperatura da água (Bijo, 2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Recolha de dados bibliográficos

Foi realizada uma recolha de dados de várias publicações referentes à produção de esturjão, crescimento larvar, idades de maturação e percentagens de carne e caviar das diferentes espécies, com a finalidade de responder aos objetivos 1.1, 1.3, 1.4, 1.5, 3.3, 4.1, 4.2 e 4.3 do dendograma da Figura 0.1.

Recolheram-se dados relativos à curva de crescimento, relacionando-se com a idade e consumo de ração para cada espécie, através de dados disponíveis da Coppens. Estas tarefas destinaram-se ao cumprimento dos objetivos 1.1, 1.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3 e 4.5 do dendograma da Figura 0.1.

Efetuuou-se um levantamento dos preços das tarifas energética e de água para a atividade industrial, respondendo aos objetivos 1.6 e 4.6 do dendograma da Figura 0.1.

2.2. Recolha de dados experimentais

Foram recolhidos dados internos da unidade aquícola acolhedora (unidade de esturjão) relativos à idade de maturação das espécies, densidades de cultivo, preço de venda do caviar e carne, o preço da compra dos ovos, fórmula para o cálculo do consumo de oxigénio líquido e de hidróxido de cálcio, e os custos salariais para o funcionamento das instalações. Esta recolha de informação destinou-se ao cumprimento dos objetivos 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.7, 2.8, 3.1, 3.5, 4.1, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 e 6.4 do dendograma da Figura 0.1.

Realizaram-se dois ensaios, do cultivo de esturjão, com duas rações diferentes (A e B) num tanque de 10 m³, com 300 exemplares de 1 kg de biomassa cada. Numa primeira fase foram adicionados 300 g de ração, e foi medida a turvação em intervalos de 15 min. Assim que o valor da turvação começou a decrescer foram novamente adicionados 300g de ração. Voltou-se a medir a turvação. Estes dois ensaios experimentais contribuíram para responder aos objetivos 2.5 e 3.3 do dendograma da Figura 0.1.

Analísaram-se também os parâmetros físico-químicos da água dos dois sistemas de tanques, com 10 m³ de volume de cultivo e 1 m³ de biofiltro para cada sistema, 3 vezes por semana. Um sistema possuía 300 indivíduos, com 1 kg cada, e o outro com 218 unidades

de pesos variados entre 700g a 400g. Esta tarefa teve por finalidade a realização dos objetivos 2.6 e 3.4 do dendograma da Figura 0.1.

2.3. Estudo da viabilidade biológica

Foi elaborado o ciclo de vida de cada espécie dentro de uma unidade de aquacultura, desde o momento da chegada dos ovos às instalações, até à venda para caviar ou carne. Estes ciclos foram conseguidos com recurso aos dados bibliográficos e experimentais recolhidos, cumprindo assim os objetivos 3.1, 3.5, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 do dendograma da Figura 0.1.

Foram impostas as densidades máximas e mínimas a realizar para as diferentes fases do cultivo, com recurso aos dados experimentais recolhidos. Esta tarefa destinou-se à execução dos objetivos 3.2, 3.5 e 4.4 do dendograma da Figura 0.1.

Foi realizada a análise dos dados experimentais obtidos referentes à qualidade do alimento e à sua influência na turvação da água, dando cumprimento ao objetivo 3.3 do dendograma da Figura 0.1.

Procedeu-se também ao estudo dos dados experimentais obtidos no controlo dos parâmetros físico-químicos da água. O estudo permitiu concluir o objetivo 3.4 do dendograma da Figura 0.1.

Efetuuou-se um levantamento das necessidades das infraestruturas necessárias ao cultivo das diferentes espécies, realizando uma projeção de fases e tanques que sustentem as necessidades de cada espécie. Esta tarefa deu cumprimento aos objetivos 3.5, 4.3 e 4.4 do dendograma da Figura 0.1.

2.4. Modelação da produção

Para a realização do modelador da produção foi utilizado o *software* de processamento de cálculo Microsoft Excel 2010.

Foram compiladas as várias bases de dados (dados experimentais e resultantes de referências bibliográficas) de forma a condensar a informação e a torná-la disponível para uso nas várias folhas de cálculo. A compilação de dados contribui para a realização dos objetivos 4.1, 4.2, 4.3, 4.5 e 4.6 do dendograma da Figura 0.1.

Depois de realizada a compilação de dados numa folha de cálculo (objetivo 4.1) foram modeladas as várias folhas de cálculo da produção, como indicado no objetivo 4 do dendograma da Figura 0.1.

Realizou-se a modelação referente ao 1º ano de vida de todas as gerações, descrevendo todo o processo evolutivo das 4 espécies até que atingissem um ano de vida. Nesta folha foi calculada a biomassa ao longo do ano, o consumo de ração e o número de ovos necessários para obter os recrutamentos requeridos para a fase de engorda. Com a elaboração desta folha de cálculo cumpriram-se os objetivos 4.2 e forneceu informação para os objetivos 4.3, 4.5 e 4.6 do dendograma da Figura 0.1.

A 2ª folha de cálculo corresponde à descrição detalhada das restantes fases do ciclo de vida de cada espécie (engorda, invernía e pré-invernía). Esta folha de cálculo permite a introdução dos recrutamentos pretendidos no final do 1º ano e automaticamente é fornecida a informação da evolução da biomassa, da produtividade em carne e caviar ao longo dos anos. Esta folha de cálculo destina-se ao objetivo 4.3 mas também contribui para os objetivos 4.1, 4.4, 4.5 e 4.6 do dendograma da Figura 0.1.

Foi realizada uma folha de cálculo para estimar o número de tanques e suas dimensões para as diferentes fases do ciclo de vida das espécies, de forma a suster a produção desejada na folha de cálculo anterior. Para além da projeção de tanques esta folha fornece informação sobre o consumo de água ao longo dos anos para a renovação desejada. Com esta folha de cálculo foi cumprido o objetivo 4.4 e conferida informação para o objetivo 4.6, do dendograma da Figura 0.1.

Elaborou-se uma folha de cálculo para estimar o consumo de ração. Este depende diretamente da evolução das biomassas temporais obtidas nas folhas de cálculo dos objetivos 4.2 e 4.3, modelação do 1º ano de vida e modelação da engorda e pré-invernía, respetivamente. Na prática esta folha de cálculo estima o consumo de ração ao longo do tempo, mas fornece também o consumo de oxigénio líquido e de hidróxido de cálcio. Esta tarefa cumpre o objetivo 4.5 e fornece informação para o objetivo 4.6 do dendograma da Figura 0.1.

Por fim, foi realizada a compilação dos resultados obtidos nas várias folhas de cálculo anteriores. Recolhendo as receitas de carne e caviar e as despesas do consumo de

ração, recrutamento de ovos, consumo energético, consumo de água, consumo de oxigénio líquido, consumo de hidróxido de cálcio e salários de empregados. Com isto efetuou-se uma estimativa dos lucros anuais da unidade de esturjão ao longo de 20 anos. A compilação de toda a modelação cumpriu o objetivo 4.6 e forneceu resultados para os restantes objetivos 6.1, 6.2 e 6.3 do dendograma da Figura 0.1.

2.5. Simulação de vários cenários

Foram realizadas 8 simulações com recurso à modelação da produção anteriormente criada. Cada simulação pretendeu testar diferentes ciclos e estratégias produtivas de uma unidade de esturjão levando à reprodução de dois cenários de produção: produção orientada para a carne, e produção orientada para caviar. Com a realização das simulações cumpriram-se os objetivos 5.1 e 5.2 do dendograma da Figura 0.1.

Embora as simulações difiram em alguns aspetos, existem outros que são comuns a todas. Em todas as simulações a unidade está limitada a um máximo de 150 toneladas de biomassa, correspondentes à capacidade do sistema de biofiltro e aos dados relativos às espécies e a todo o seu ciclo de vida nas instalações. São definidos de acordo com os valores compilados no objetivo 4.1 do dendograma da Figura 0.1.

O Quadro 2.1 apresenta a informação das principais condicionantes que definem cada simulação. Faz-se corresponder as diferentes simulações à produção alvo das diferentes espécies, à produção secundária, ao número de desovas, aos tempos de recrutamentos da produção alvo, ao limite de biomassa da unidade e à condição fronteira de receita mínima de 500 mil euros anuais após o 1º ano.

Quadro 2.1 – Quadro das condicionantes das diferentes simulações. Legenda: □ produção de caviar; ○ produção de carne; × confirmação da condição; * - A ausência de × significa: cultivo até 6 desovas.

Condições		Simulações							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Produção alvo	<i>A. ruthenus</i>	□		□	□	□	□	□	□
	<i>A. baerii</i>	□	□	□	□	□	□	□	□
	<i>A. gueldenstaedtii</i>	□	□	□	□	□	□	□	□
	<i>Bester</i>			□	○				
Produção secundária	<i>A. ruthenus</i>	□	□	□	□	□	□	□	
	<i>Bester</i>	○				○	○	○	
Sacrifício durante a 1ª desova*	<i>A. ruthenus</i>	×	×	×	×	×	×	×	×
	<i>A. baerii</i>	×							
	<i>A. gueldenstaedtii</i>	×							
	<i>Bester</i> (quando for alvo de produção)								
Recrutamentos da produção alvo	Todos os anos	×	×	×	×	×	×		
	De 2 em 2 anos (exceto <i>A. ruthenus</i>)							×	
	Indefinidos (exceto <i>A. ruthenus</i>)								×
Limite de biomassa de 150 toneladas		×	×	×	×	×	×	×	×
Condição Fronteira – Receita mínima de 500.000€ após 1º ano							×		

Descrição detalhada do Quadro 2.1:

Simulação nº1

A primeira simulação centrou-se na produção de caviar das duas espécies com maior valor comercial (*A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*) mantendo uma baixa produção da espécie menos valorizada (*A. ruthenus*), a fim de oferecer uma maior diversidade de produtos no mercado. Optou-se por testar a produção com o menor ciclo possível, procedendo ao sacrifício dos indivíduos de todas as espécies, logo após a primeira desova, não se mantendo exemplares para os anos seguintes. A produção do esturjão *bester* (produção de carne) foi limitada pontualmente para períodos em que a produção das restantes espécies não tira o máximo partido das capacidades das instalações.

Simulação nº2

A segunda simulação teve como objetivo uma elevada produção de caviar apenas nas duas espécies de maior valor comercial (*A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*). A produção de *A. ruthenus* foi limitada para os primeiros anos de forma a maximizar a produção. Nesta simulação, os indivíduos podem ser submetidos a um total de 6 desovas, sendo gradualmente sacrificados os menos aptos durante a recolha de caviar, porém isto não se aplica à espécie *A. ruthenus*. Salienta-se ainda que nesta simulação não existiu qualquer produção de esturjão *bester*.

Simulação nº3

A terceira simulação visou a produção de caviar das 4 espécies, favorecendo as espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*. Como aconteceu na simulação anterior, os indivíduos foram submetidos a um máximo de 6 desovas com a respetiva seleção e sacrifício, exceto para *A. ruthenus*. A produção foi maximizada apenas com o aumento de indivíduos da espécie *A. ruthenus*.

Simulação nº4

A quarta simulação debruçou-se na produção de carne do esturjão *bester*, produzindo baixas quantidades de caviar das restantes espécies. Os indivíduos foram submetidos a 6 desovas, exceto os da espécie *A. ruthenus*. A maximização das instalações foi realizada apenas com o aumento da produção de *A. ruthenus*.

Simulação nº5

A quinta simulação visou a elevada produção de caviar de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* e uma pequena parte de produção de caviar de *A. ruthenus*. As duas primeiras espécies podem alcançar até 6 desovas com a respetiva seleção dos indivíduos mais aptos. Nos primeiros anos, para maximizar a utilização das instalações, foi aumentada a produção de *A. ruthenus* e também produzido o esturjão *bester* (produção de carne).

Simulação nº6

A sexta simulação foi baseada na simulação anterior, tendo os mesmos objetivos e fatores de produção. Para esta simulação foi introduzida uma condição fronteira, que exigia a obtenção de uma receita mínima de 500 mil euros anuais após o primeiro ano de produção.

Simulação nº7

A sétima simulação teve por base a quinta simulação, diferenciando-se desta nos recrutamentos das espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, que foram realizados em intervalos de dois anos.

Simulação nº8

A oitava simulação visou uma elevada produção de caviar de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* e uma produção menor de *A. ruthenus*. Mais uma vez, apenas os indivíduos de *A. ruthenus* foram sacrificados durante a primeira desova. Aqui, os recrutamentos de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* não foram realizados anualmente, existindo dois anos consecutivos de recrutamentos e, posteriormente, durante a desova, sacrificou-se uma pequena percentagem de indivíduos (mantendo as duas gerações em grande número até à sexta desova). Os novos recrutamentos ocorreram no início do declínio da biomassa dos dois recrutamentos anteriores. O recrutamento de *A. ruthenus* foi realizado anualmente a baixos níveis de produção. Não foi realizada qualquer produção alternativa com o fim de maximizar a ocupação das instalações.

2.6. Estudo comparativo de receitas e custos estimados

Foi efetuado o levantamento e identificação das receitas e custos anuais das várias simulações. Esta tarefa visou cumprir os objetivos 6.1 e 6.2 do dendograma da Figura 0.1.

Calculou-se o rácio receitas/custos para a produção alvo, como forma de avaliar o desempenho de cada simulação, concluindo assim o objetivo 6.3 do dendograma da Figura 0.1.

Estudaram-se as tendências do mercado relativamente à aceitação, ao valor da carne e do caviar das diferentes espécies. Esta tarefa cumpriu o objetivo 6.4 do dendograma da Figura 0.1.

Foram identificadas algumas condições de fronteira do estudo, definindo um limite e um objetivo da produção. O limite encontra-se expresso no objetivo 4.6, tendo como função limitar os custos de produção (consumo de energia de 40 kW por 20 toneladas de biomassa) e o mesmo atua sobre todas as simulações. O objetivo atua apenas na simulação 6 e também condiciona o objetivo 4.6, condição esta que se encontra representada no Quadro 2.1 (Receita mínima de 500.000€ após 1º ano). Esta identificação finalizou o objetivo 6.5 do dendograma da Figura 0.1.

A validação prática do modelo criado apenas será realizada posteriormente numa unidade aquícola de esturjão. Com esta aplicação prática do modelo pretende-se cumprir o objetivo 6.6 do dendograma da Figura 0.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

(Algumas informações obtidas e dados recolhidos não podem ser divulgados, sobre o termo e confidencialidade, realizado entre a Escola Superior de Turismo e Tecnologias do Mar de Peniche e a empresa acolhedora, no qual o projeto foi desenvolvido)

3.1. Recolha de dados bibliográficos

O cumprimento do objetivo 1 do dendograma da Figura 0.1 foi em parte condicionado pela falta de informação disponível, pois grande parte desta informação encontra-se associada a empresas com fins comerciais, sendo confidencial. A pouca informação disponível é, na sua maioria, referente a populações selvagens ou a estudos laboratoriais com condições perfeitas, não reproduzindo as condições praticadas em aquacultura.

Foram recolhidos dados da biologia das espécies usadas, de forma funcionalmente geral de unidades de aquacultura de esturção e da própria atividade industrial em Portugal.

Os dados bibliográficos recolhidos destinaram-se à criação do método modelador da produção, conforme o objetivo 4 do dendograma da Figura 0.1, e auxiliaram o estudo de viabilidade biológica, conforme o objetivo 3 do dendograma.

3.2. Dados Experimentais

No Quadro 3.1 apresenta-se alguma informação, recolhida internamente na empresa, relevante seja a referência às idades de maturação e aos preços do caviar, carne e ovos fecundados, para as várias espécies.

Quadro 3.1 – Características recolhidas com relevância para a criação da modelação da produção

Características		Espécies			
		<i>A. ruthenus</i>	<i>A. baerii</i>	<i>A. gueldenstaedtii</i>	<i>bester</i>
Idades de maturação em aquacultura a 21 °C (anos)	Machos	0,8 – 1,2	1,2 – 1,6	1,3 – 1,4	-
	Fêmeas	1,6 – 1,7	2,3 – 3,4	2,2 – 3,5	-
Preço do caviar (€/kg)		1000	1000	1500	1500
Preço da carne (€/kg)		8	8	8	8
Preço dos ovos (€/unidade)		0,2	0,2	0,2	0,2

No Quadro 3.1 apresentam-se em anos os intervalos de tempos de maturação das diferentes espécies para um cultivo realizado a 21°C. Estes intervalos variam tanto de espécie para espécie como de machos para fêmeas. Para a espécie *A. ruhtenus* os machos maturam entre 0,8 e 1,2 anos e as fêmeas entre 1,6 e 1,7 anos. Para a espécie *A. baerii* os machos maturam entre 1,2 e 1,6 anos e as fêmeas entre 2,3 e 3,4 anos. Para a espécie *A. gueldenstaedtii* os machos maturam entre 1,3 e 1,4 anos e as fêmeas entre 2,2 e 3,5 anos. Mostra-se também o valor de mercado para o caviar das quatro espécies utilizadas na produção, com um valor de 1000 euros por kg de caviar *A. ruhtenus* e *A. baerii* e um valor de 1500 euros por kg de caviar para *A. gueldenstaedtii* e *bester*. O preço de venda da carne foi o mesmo para todas as espécies com um valor de 8 euros por kg. O preço de compra dos ovos fecundados foi de 0,2 euros por unidade para todas as espécies.

Analisando o Quadro 3.1 observam-se as idades de maturação das espécies. Estas idades de maturação definem os tempos de desova praticados, sendo que a desova da espécie *A. ruhtenus* é realizada durante o segundo ano de produção e a desova da espécie *A. baerii* durante o terceiro ano de produção. Para a espécie *A. gueldenstaedtii* a desova dá-se só no quarto ano, conforme informação partilhada por várias unidades de produção. Para o esturjão *bester* a recolha de dados não foi possível, contudo a informação partilhada por outras unidades apontou para uma maturação muito semelhante à de *A. baerii*, optando-se assim pela desova também no quarto ano de produção.

Os dados experimentais tal como os bibliográficos contribuíram com informação determinante para a realização do modelo de produção e do estudo de viabilidade biológica, em especial para o objetivo 3.1 do dendograma da Figura 0.1.

3.3. Estudo da viabilidade biológica

Ciclo produtivo das espécies

O ciclo produtivo das espécies é diferente entre si. Destacam-se três ciclos distintos: o ciclo para produção de carne, o ciclo de uma desova para produção de caviar e o ciclo de 6 desovas para produção de caviar.

Na Figura 3.1 é apresentado o esquema do ciclo de produção de 6 desovas, mostrando o percurso dos indivíduos pelos diferentes tanques e os momentos de produção de caviar e carne.

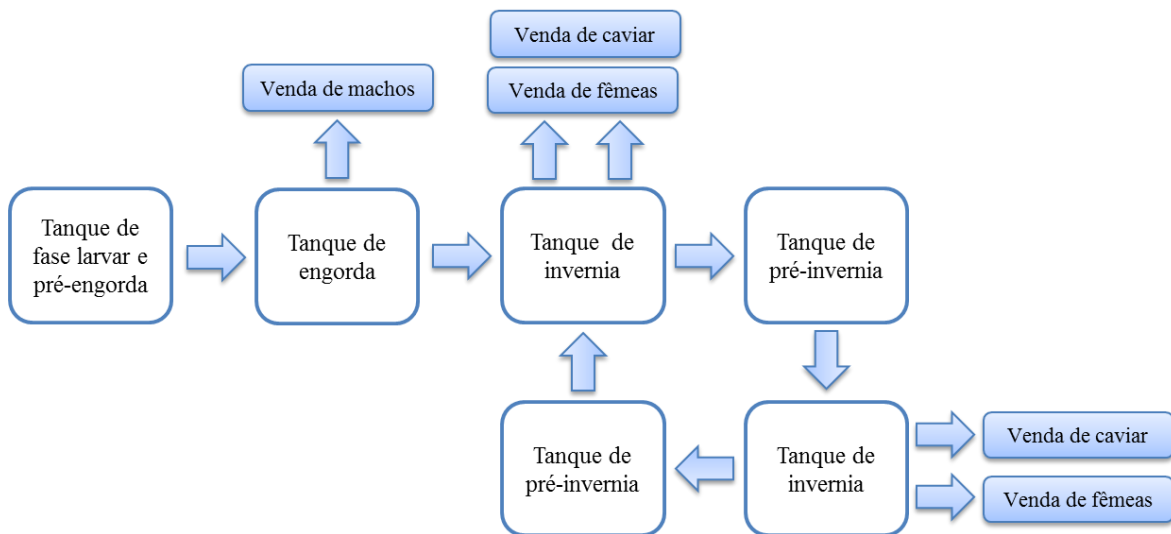


Figura 3.1- Esquema do ciclo de produção para produção de caviar com 6 desovas.

Na Figura 3.1 mostra-se que a população da espécie é inicialmente cultivada no sistema de tanques da fase larva e pré-engorda. De seguida passam para os tanques de engorda e ainda nestes é realizada a venda dos machos. Depois de atingida a maturidade sexual, são transferidos para os tanques de invernía, onde se procede à climatização das fêmeas, terminando com a extração de caviar e venda de algumas fêmeas, selecionando as mais aptas para os tanques de pré-invernía. Nestes tanques de pré- invernía as fêmeas são mantidas até estarem prontas para uma nova postura, continuando este ciclo até atingirem o máximo de 6 desovas.

O ciclo produtivo apresentado na Figura 3.1 destina-se essencialmente ao cultivo das espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, que não seguem esta linha produtiva apenas na simulação nº 1, como definido no objetivo 5 do dendograma da Figura 0.1. O esturjão *bester* segue este ciclo apenas na simulação nº 3, nas restantes este não contribui para a produção de caviar sendo vendido na mesma fase que os machos na Figura 3.1. A espécie *A. ruthenus* não segue este ciclo produtivo pois todos os indivíduos são vendidos no momento da primeira desova, terminando o seu ciclo produtivo na primeira passagem pelos tanques de invernía.

Densidades

No Quadro 3.2 apresentam-se as densidades máximas praticadas para as diferentes fases de cultivo (pré-engorda, engorda, pré-invernia e invernia).

Quadro 3.2 – Densidades máximas praticadas nas diferentes fases de cultivo.

Características do cultivo	Fases de cultivo			
	Pré-engorda	Engorda	Pré-invernia	Invernia
Densidade máxima (kg/m ³)	40	80	75	25

No Quadro 3.2 as densidades máximas praticadas foram de 40 kg/m³ para a fase pré-engorda, 80 kg/m³ para a fase de engorda, 75 kg/m³ para a fase de pré-invernia e 25 kg/m³ para a fase de invernia.

As densidades praticadas variam de fase para fase adaptando-se às necessidades e exigências dos indivíduos durante todo o processo evolutivo de cada espécie.

As densidades apresentadas no Quadro 3.2 encontram-se abaixo dos 100 kg/m³ praticadas em alguns cultivos recirculares de regime intensivo, que demonstraram uma boa performance com crescimento rápido, baixo *stress*, pouca ou nenhuma erosão das barbatanas e abrasão da pele (Johnston, C. & Jungalwalla, P. 2005). Assim nos primeiros estágios são praticadas baixas densidades devido à debilidade dos indivíduos, na fase de engorda e pré-invernia as densidades são as mais elevadas pois são as fases de maior resistência. A invernia é a fase de menor densidade máxima pois nesta dá-se todo o processo de climatização para a desova, sendo necessário todo um conjunto de medidas que diminuam o *stress* dos indivíduos.

Qualidade da ração

Na Figura 3.2 apresenta-se a turvação em NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez) versus vários intervalos de tempo de 15 minutos.

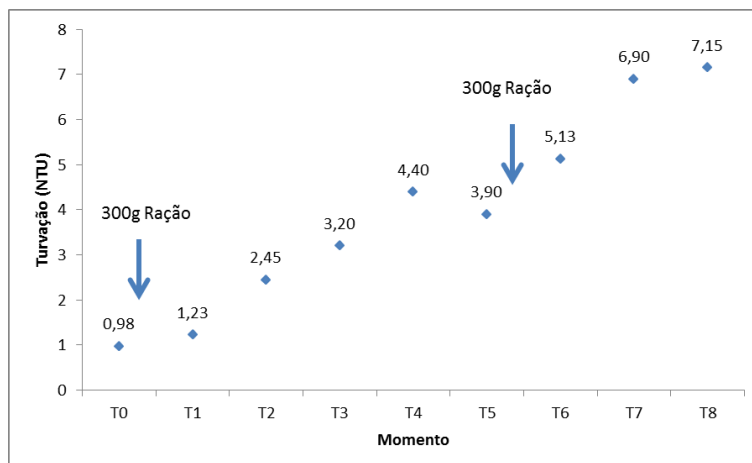


Figura 3.2 - Turvação da água de 15 em 15 minutos, antes e após a adição de 300 g da ração A.

Na Figura 3.2 o resultado da turvação no momento anterior à administração da ração A (T0) encontra-se nas 0,98 NTU. Após a alimentação os valores sobem até 4,4 NTU em T4 decrescendo no momento seguinte. Com a readição de mais 300 g da ração A o valor volta a subir atingindo os 7,15 NTU em T8.

Analisando os resultados da Figura 3.2 é possível reparar num aumento da turvação da água depois da adição dos 300 g de ração A e um novo aumento assim que readicionadas.

Na Figura 3.3 apresenta-se a turvação em NTU versus vários intervalos de tempo de 15 minutos.

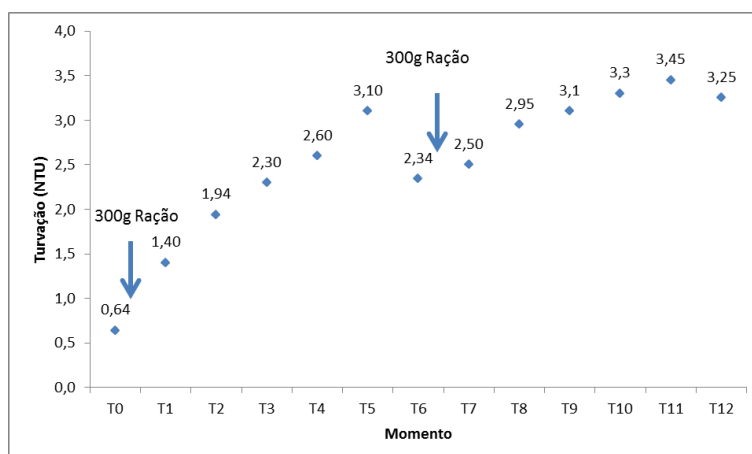


Figura 3.3 - Turvação da água de 15 em 15 minutos, antes e após a adição de 300 g da ração B.

Na Figura 3.3 o momento T0 apresenta-se com 0,64 NTU. Depois de adicionados os 300 g da ração B o valor sobe até ao momento T5 registando 3,1 NTU. Em T6 o valor sofre uma queda para os 2,34 NTU, é readicionada a ração e sobe até ao máximo de 3,45 NTU em T11.

Observando a Figura 3.3 verifica-se que a ração B apresenta a mesma tendência do ensaio realizado para a ração A.

Contudo a turvação registada com a ração A é bastante superior à obtida com a ração B. Isto remete para a importância da realização de métodos que avaliem a qualidade da ração e a sua influência na qualidade da água de cultivo pois esta pode variar em diferentes condições.

Parâmetros físico-químicos da água

A prática de medição dos parâmetros físico-químicos da água 3 vezes por semana, para os cultivos estudados na realização do objetivo 3.5, mostrou-se bastante importante como forma de controlo da qualidade da água e imprescindível para avaliar a eficiência do biofiltro.

Instalações

Observando novamente o esquema da Figura 3.1 foi possível identificar as diferentes áreas de infraestruturas necessárias ao cultivo das espécies, se incluirmos apenas os sistemas de tanques. Assim para a execução de um ciclo produtivo de uma unidade de esturjão é necessário existir uma zona de fase larvar e pré-engorda, engorda, invernica e pré-invernica.

As duas primeiras zonas destinam-se à realização do cultivo larvar e à engorda dos juvenis até final do primeiro ano de vida. Na zona de engorda, são realizados os crescimentos dos jovens adultos até à maturação. Na zona de invernica dá-se a climatização dos indivíduos já adultos, para que estes desenvolvam a ova. Após a primeira desova é efetuada a manutenção das fêmeas na zona de pré-invernica, aguardando por uma nova maturação.

3.4. Modelação da produção

Foi realizado um modelo produtivo de uma unidade de esturjão, a fim de cumprir o objetivo 4 do dendograma da Figura 0.1, com recurso aos dados bibliográficos e experimentais recolhidos. A apresentação do modelo foi possível, uma vez que se trata de informação confidencial.

3.5. Reprodução de vários cenários

Simulação n°1

Na Figura 3.4 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda das diferentes espécies, e o número de anos.

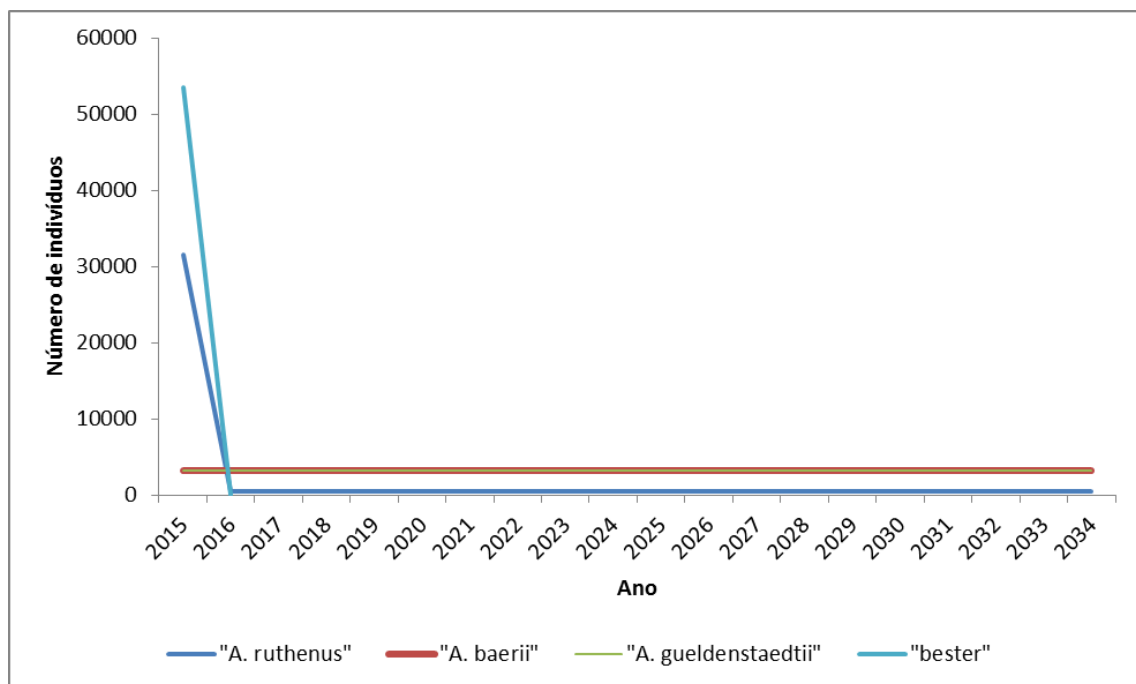


Figura 3.4 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação n°1.

Na Figura 3.4 os resultados estão expressos em unidades de indivíduos ao longo do tempo, comportando um comportamento distinto para as diferentes espécies. Para *A. ruthenus* os recrutamentos iniciam-se nas 31500 unidades em 2015 no ano seguinte descem para as 500 unidades e mantêm-se constantes para os restantes anos. Para *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* a produção inicia-se com o recrutamento de 3175 unidades para cada

espécie, mantendo-se este valor para os posteriores anos. Para o *bester* é realizado apenas um recrutamento com 53500 unidades no primeiro ano de produção.

Na análise da Figura 3.4 comparando os recrutamentos de *A. ruhtenus* e *bester* com as restantes espécies, as primeiras apresentam um maior número de recrutamentos em 2015, pois estas duas espécies são usadas como produção alternativa no primeiro ano.

As espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são apenas usadas para a produção, não registando quaisquer recrutamentos acrescidos.

Na Figura 3.5 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

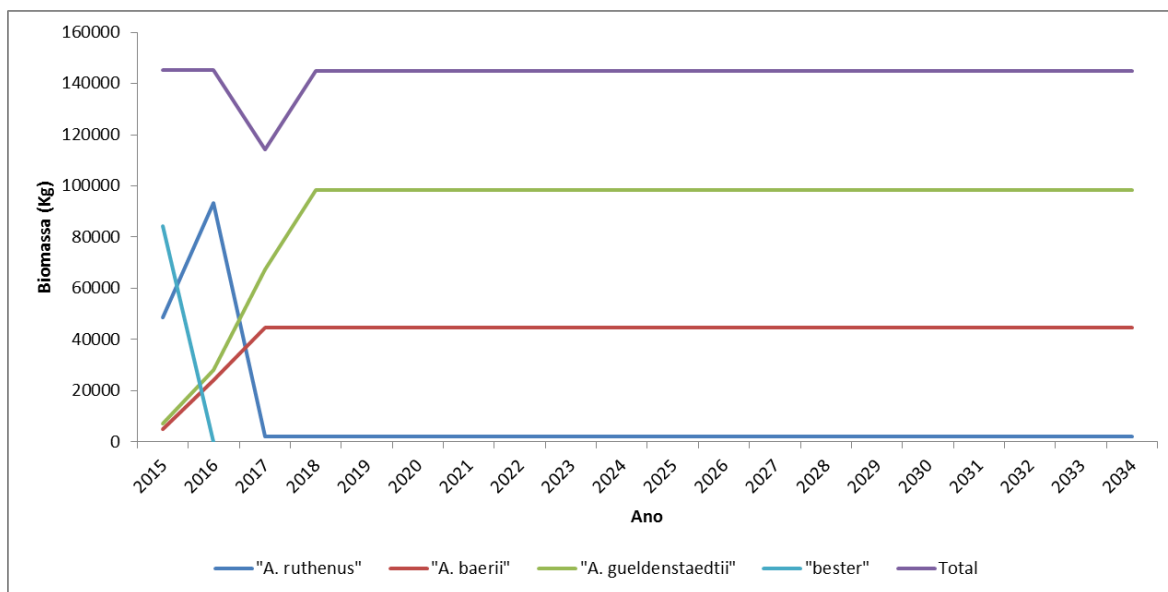


Figura 3.5 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº1.

Na Figura 3.5 o valor da biomassa em kg, para todas as espécies, é de cerca de 150000 kg no final de 2015. Este valor mantém-se durante um ano, decrescendo no ano seguinte para quase 114000 kg; em 2018 volta a atingir os 150000 kg e mantendo-se constante para os anos seguintes. O cultivo de *A. ruhtenus* termina o primeiro ano com quase 49000 kg, subindo para 93000 kg após um ano e decrescendo para quase 22000 kg em 2017, continuando com este valor nos anos seguintes. Os exemplares de *A. baerii* têm uma biomassa de cerca de 5000 kg em 2015, a qual sobe durante os dois anos seguintes, para

um patamar de 44500 kg. O cultivo de *A. gueldenstaedtii* em 2015 encontra-se pouco acima de 6700 kg, subindo para os 98200 kg em 3 anos, e mantendo depois este valor.

Como se observa na Figura 3.5 a biomassa da produção alvo atinge o seu máximo em 2018. Até essa data efetuam-se produções alternativas de *A. ruthenus* e *bester* para maximizar a produção. Isto deve-se ao facto de o crescimento da produção alvo não ser instantâneo, a biomassa em cultivo aumenta gradualmente com o passar do tempo, desta forma nos primeiros anos de produção as instalações estão longe de atingir a sua produção máxima. Como forma de contornar tal facto, e tirar o máximo partido das infraestruturas da unidade, pensou-se em produzir espécies com um menor ciclo de vida como produção alternativa, usando as áreas livres das instalações e libertando-as antes que estas cheguem a ser necessárias para a produção alvo.

Contudo nesta simulação só foi possível obter uma geração de cultivo alternativo pois a estabilidade da produção alvo foi rapidamente atingida, uma vez que se procedeu ao sacrifício dos indivíduos na primeira desova, diminuindo bastante o ciclo de vida das espécies dentro das instalações.

Na Figura 3.6 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita esperada em milhões de euros, ao longo de cada ano.

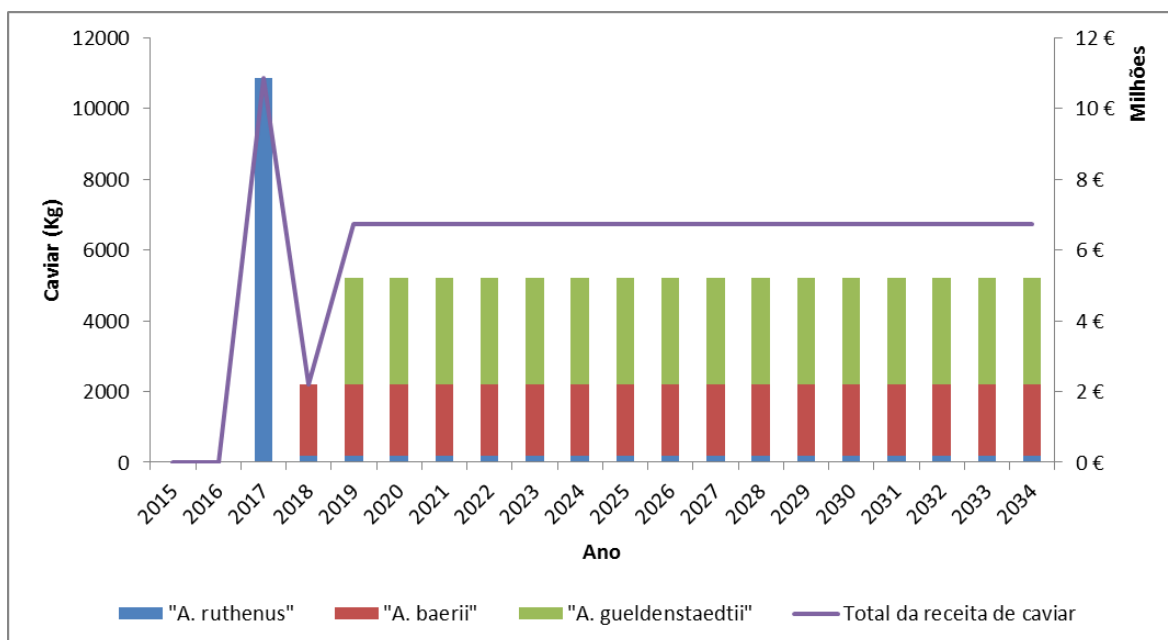


Figura 3.6 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados relativos à simulação nº1.

Na Figura 3.6, observa-se que a produção de caviar só é iniciada em 2017 com 10800 kg de caviar produzidas apenas pela espécie *A. ruthenus*. Esta biomassa corresponde a um valor que ronda os 10,8 milhões de euros. Em 2018 a produção de caviar de *A. ruthenus* baixa para aproximadamente 170 kg, mantendo-se nos anos seguintes. A produção de caviar de *A. baerii* é sempre constante e inicia-se em 2018 com cerca de 2000 kg de caviar por ano. No ano seguinte começa a produção de caviar de *A. gueldenstaedtii*, também constante, com pouco mais de 3000 kg de caviar por ano. Somando a produção das 3 espécies obtém-se uma produção um pouco superior a 5200 kg por ano em 2019 e nos anos seguintes, correspondendo a um valor de aproximadamente de 6,7 milhões de euros.

Observando a Figura 3.6 nota-se que o início da produção de caviar para as diferentes espécies depende do tempo de maturação de cada uma, sendo a espécie *A. ruthenus* a primeira a maturar. Esta apresenta uma grande produção de caviar no primeiro ano, devido ao aumento fornecido pelo cultivo alternativo; no entanto no ano seguinte à primeira desova, dá-se uma grande quebra na produção de caviar. Tal acontece porque o cultivo alvo possuiu uma grande quantidade de biomassa que ainda não produz caviar, devido ao ciclo lento das espécies. Esta biomassa de indivíduos que ainda não produzem

caviar também incapacita a prática de um cultivo alternativo, pois as instalações encontram-se quase lotadas.

A produção de caviar *A.baerii* e *A.gueldenstaedtii* é sempre constante, pois o seu cultivo faz apenas parte da produção alvo (recrutamentos constantes) e porque os indivíduos são sacrificados após a primeira desova, não produzindo caviar de diferentes gerações no mesmo ano.

As receitas provenientes da produção de caviar variam consoante o valor de mercado e a espécie produtora, obtendo rendimentos distintos para as diferentes espécies. Nas duas primeiras produções anuais o valor acompanha a produção, mas depois salta para um patamar acima devido à produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* que apresenta um valor no mercado mais elevado.

Na Figura 3.7 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

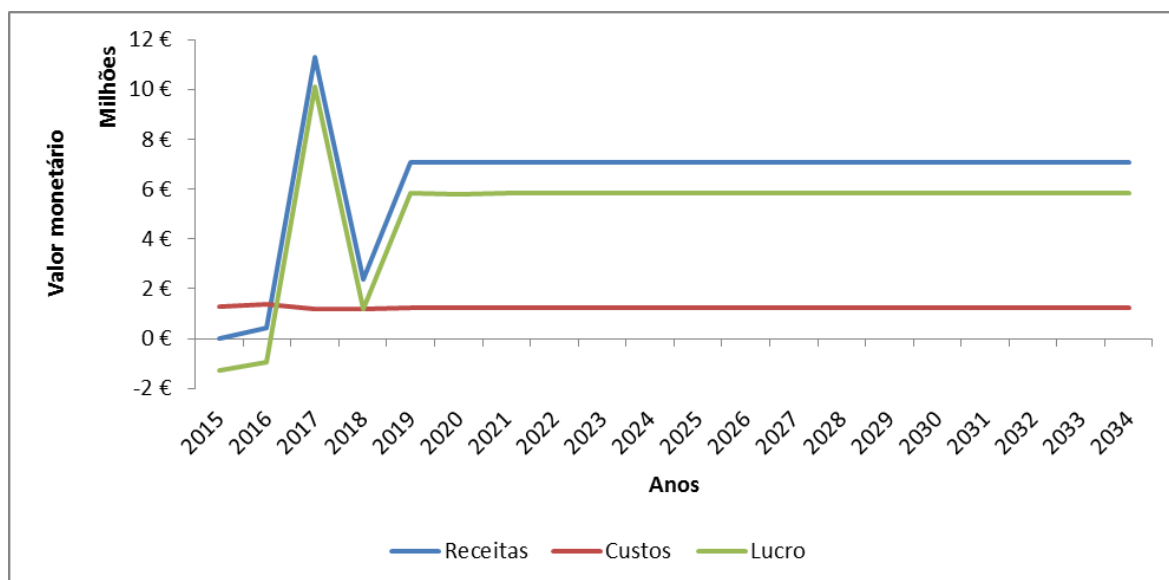


Figura 3.7 – Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº1.

Na Figura 3.7 os resultados dos lucros expressos em milhões de euros variam entre -1,25 milhões de euros em 2015 e os 10 milhões de euros em 2017. No ano seguinte sofre uma queda para 1,2 milhões de euros, voltando a subir e estabilizando nos 5,8 milhões de

euros no ano de 2019. As despesas variam rondando cerca de 1,25 milhões até 2021, permanecendo depois com o mesmo valor. Os resultados das receitas comportam-se na mesma força que os lucros, tendo uma diferença de mais de 1,25 milhões de euros.

Analisando o lucro, conforme o exposto na Figura 3.7, repara-se que só começam a surgir valores positivos com a primeira produção de caviar, atingindo logo o seu máximo. Este elevado lucro deve-se ao cultivo alternativo de *A. ruthenus* realizado para maximizar as instalações. Apesar de se realizar um segundo cultivo alternativo de produção de *bester*, este não se expressa na mesma importância que o primeiro cultivo, pois embora o cultivo de *bester* proporcione retorno monetário ao fim de um ano, com a produção de carne, este não é sequer comparável com a receita fornecida pela produção de caviar de *A. ruthenus*, ao fim de 2 anos. Esta disparidade de receitas dá-se devido à diferença do valor de mercado de ambos os produtos, sendo cerca de 8 €/kg para carne de *bester* e 1000 €/kg para o caviar de *A. ruthenus*.

A grande quebra no lucro observada logo após o máximo deve-se à incapacidade de realizar um segundo cultivo alternativo para *A. ruthenus* e ao facto dos cultivos existentes ainda não apresentarem uma produção sólida.

Quando comparadas as receitas com os custos da produção do cultivo alvo, as receitas apresentam-se 5,7 vezes superiores aos custos de produção.

Em suma, a primeira simulação foi orientada para a produção de caviar de 3 espécies e apresenta receitas 5,7 vezes superiores aos custos. A produção pode ser maximizada nos anos anteriores para atingir uma produção mais elevada, por meio de cultivos alternativos realizados com as espécies de menor ciclo produtivo.

Simulação nº2

Na Figura 3.8 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

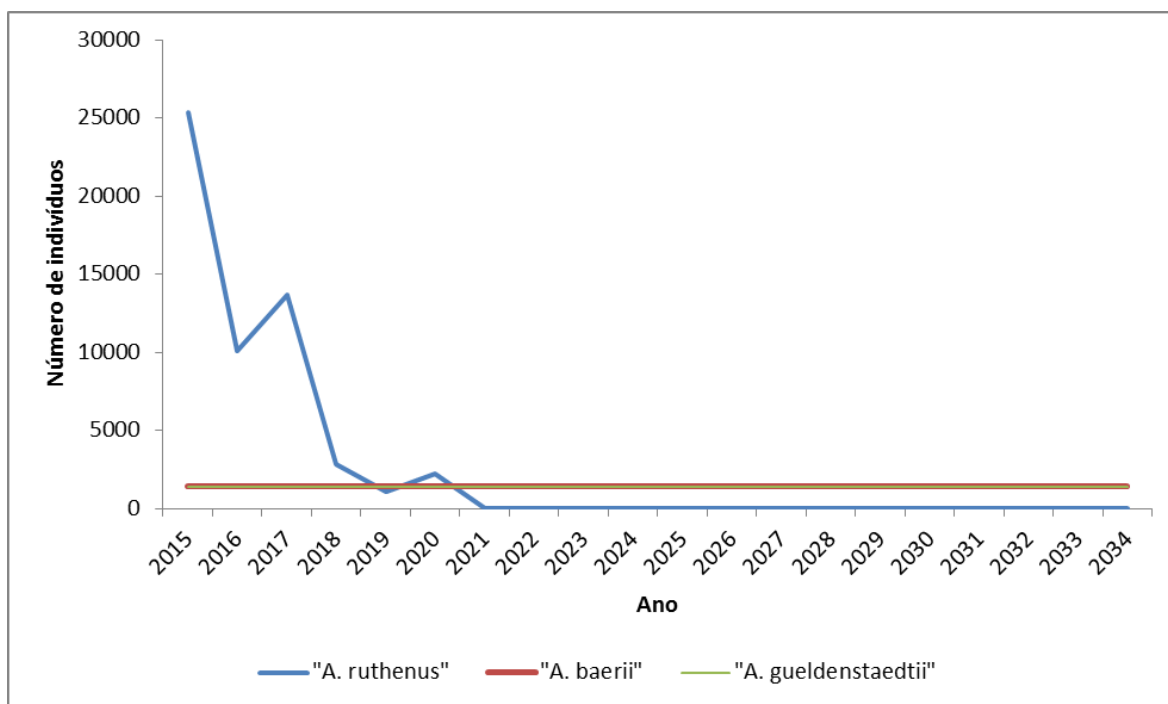


Figura 3.8 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº2.

Na Figura 3.8 os resultados dos recrutamentos da espécie *A. ruthenus* variam entre os 25300 indivíduos em 2015 e os 0 indivíduos em 2021, não registando mais recrutamentos. Os resultados dos recrutamentos das espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são sempre constantes nas 1400 unidades para cada espécie.

Pela análise da Figura 3.8 nota-se que a espécie *A. ruthenus* é recrutada em massa nos primeiros anos, devido à produção alternativa, descendo os recrutamentos à medida que a biomassa das espécies alvo vai aumentando, como se pode observar na Figura 3.9. Os recrutamentos de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são constantes por pertencerem apenas ao cultivo alvo.

Na Figura 3.9 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

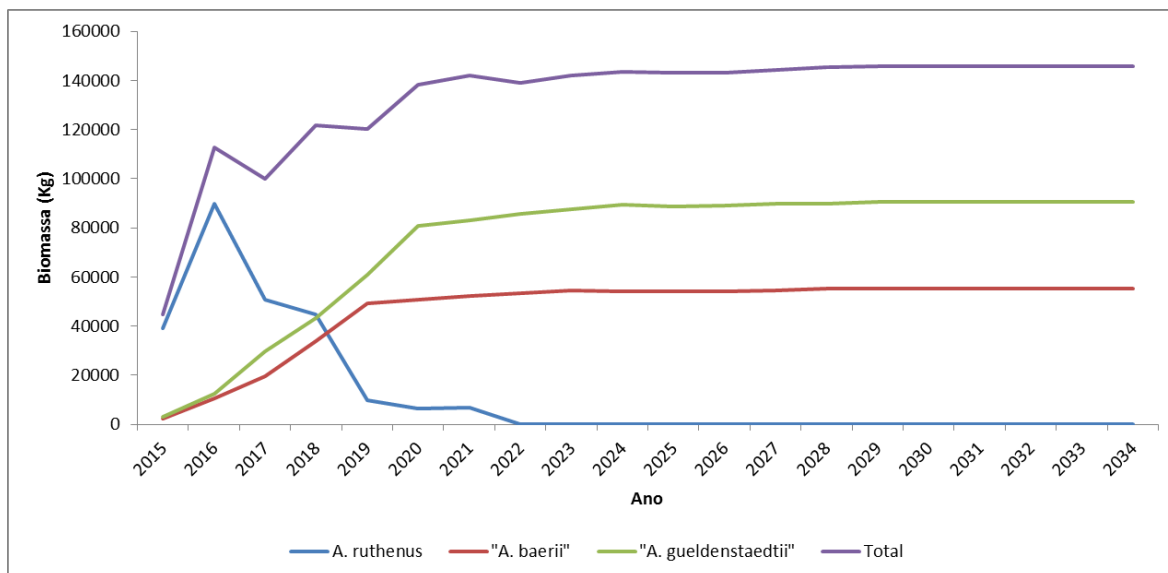


Figura 3.9 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº2.

Na Figura 3.9 os resultados da biomassa total variam entre os 44500 kg em 2015 e os 145600 kg em 2030, sendo que apresentam variações maiores nos primeiros 6 anos. A biomassa de *A. ruthenus* em 2015 ronda os 39000 kg. Em 2016 atinge o seu máximo, de quase 90000 kg, e nos anos seguintes baixa gradualmente até chegar a 0 kg em 2022. A biomassa de *A. baerii* varia entre 2200 kg em 2015 e os 49300 kg em 2019. Nos anos seguintes, sobe a ritmo baixo até atingir a estabilidade nos 55200 kg em 2029. A biomassa de *A. gueldenstaedtii* varia entre 3100 kg em 2015 e os 80900 kg em 2020. Esta vai sofrendo pequenos aumentos anuais, até se tornar constante nos 90300 kg em 2030.

Observando-se a Figura 3.9 verifica-se o mesmo que na simulação anterior, até a produção alvo atingir a estabilidade, a ausência de biomassa é compensada com o cultivo alternativo de *A. ruthenus*. Desta vez a estabilidade da produção alvo ocorre mais tarde pois o sacrifício total dos indivíduos só é realizado após 6 desovas, aumentando o ciclo de vida das espécies alvo e permitindo a realização de várias gerações de cultivos alternativos.

Na Figura 3.10 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

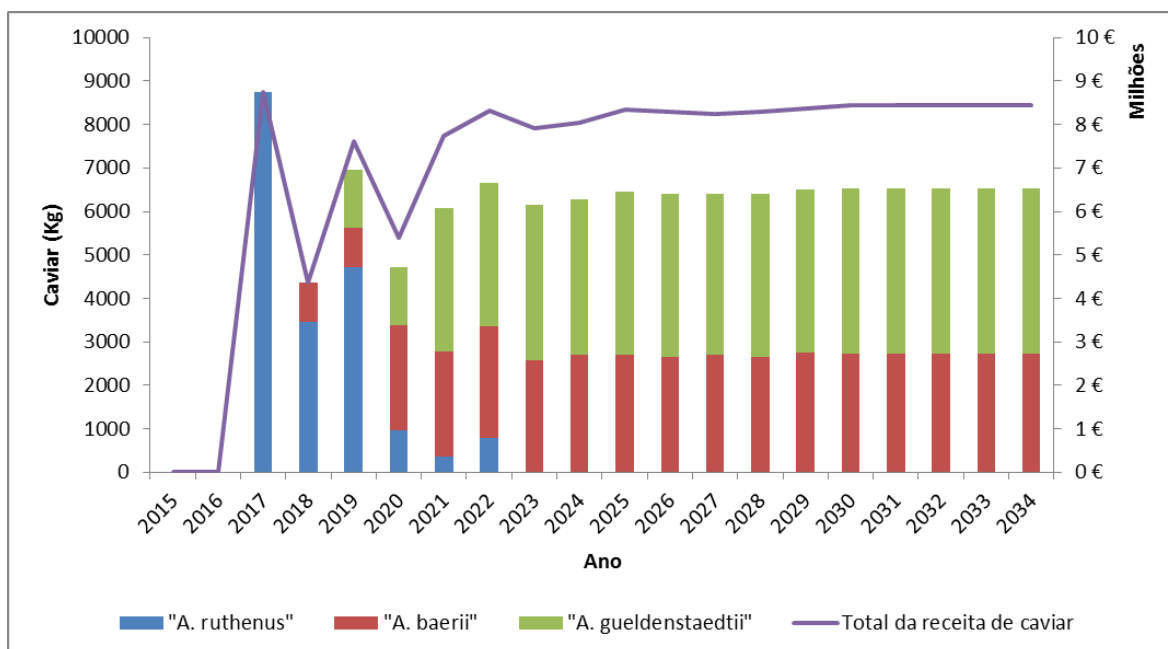


Figura 3.10 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº2.

Na Figura 3.10 a produção de caviar de *A. ruthenus* inicia-se em 2017 com cerca de 8700 kg de caviar. Este valor vai decrescendo e atinge os 0 kg em 2023. A produção de caviar de *A. baerii* inicia-se em 2018 com cerca de 900 kg de caviar aumentando lentamente até estabilizar nas 2700 kg em 2030. A produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* inicia-se em 2019 com 1300 kg de caviar. Este aumenta até atingir a estabilidade nos 3800 kg em 2031. O retorno, em euros, da produção de caviar passa de 0 euros no ano 2016 para 8,7 milhões de euros no ano seguinte. Nos anos posteriores sofre algumas variações e acabar por estabilizar nos 6500 kg em 2031.

A análise da Figura 3.10 mostra que a produção de caviar *A. ruthenus* inicia-se com uma elevada produção e desce nos anos seguintes, desta vez chegando até 0 kg pois a espécie não faz parte da produção alvo. As espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* inicialmente apresentam uma pequena produção de caviar, a qual aumenta gradualmente até chegar à estabilidade. No que diz respeito ao retorno monetário, mais uma vez os picos registados antes da estabilidade são causados pelo cultivo alternativo, após os quais o valor estabiliza com a produção do cultivo alvo.

Na Figura 3.11 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

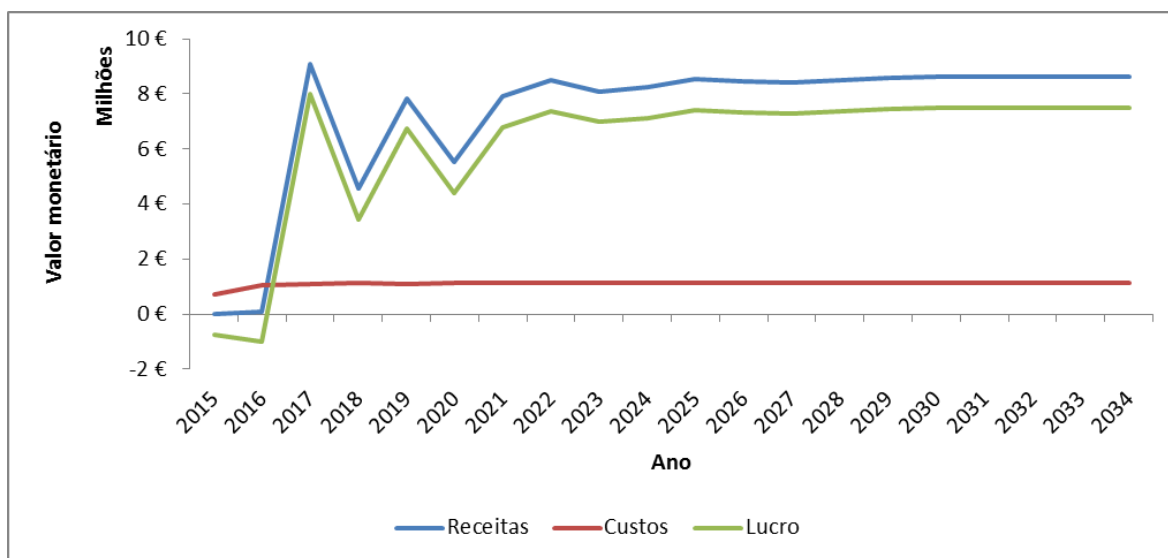


Figura 3.11 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº2.

Na Figura 3.11, o lucro apresenta-se negativo com o mínimo de -980 mil euros em 2016. Em 2017 sobe para máximo de 7,98 milhões de euros, e nos anos seguinte sofre algumas oscilações atingindo a estabilidade de 7,49 milhões de euros em 2031. As despesas variam entre 740 mil euros em 2015 e 1,13 milhões de euros em 2031, ano em que atinge a estabilidade. As receitas iniciam-se com 0 euros em 2015, mas passados 2 anos sobem para 9,09 milhões de euros. Nos anos seguintes oscilam um pouco até atingir a estabilidade de 8,62 milhões de euros em 2031.

Analisando o lucro da simulação nº2 este apresenta-se no terceiro ano de produção com um pico correspondente à produção alternativa de *A. ruthenus* que também é responsável pelas variações registadas nos 3 anos seguintes. Desta vez a produção alternativa prolongou-se durante mais anos pois a estabilidade da produção alvo também foi mais tardia. Quando calculado o rácio das receitas com os custos da produção alvo, verificou-se que as receitas são 7,6 vezes superiores aos custos de produção.

Em resumo, a simulação nº2 foi orientada para a produção de caviar de apenas duas espécies e apresentou receitas 7,6 vezes superiores às despesas. A maximização por meio

do cultivo de uma espécie de ciclo menor mostra-se mais uma vez vantajosa e ainda mais significativa quando as espécies da produção alvo possuem um ciclo de vida maior.

Simulação nº3

Na Figura 3.12 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

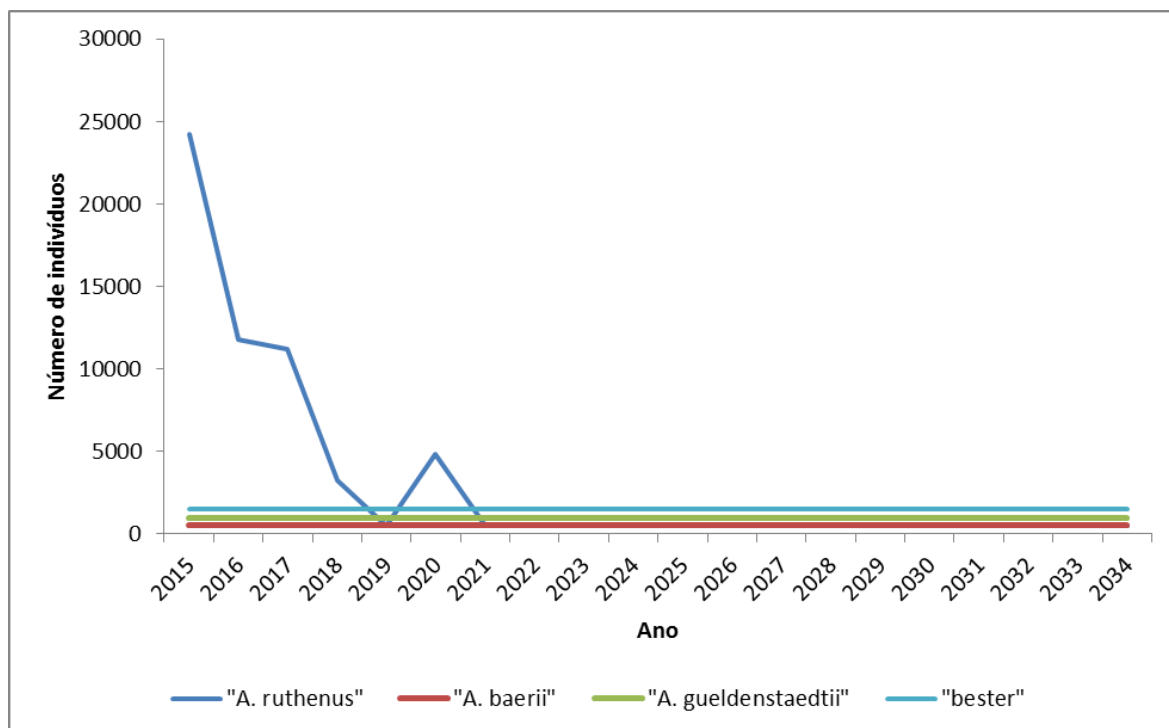


Figura 3.12 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº3.

Na Figura 3.12 os resultados dos recrutamentos de *A. ruthenus* variam entre as 24200 unidades em 2015 e as 500 unidades em 2019, no ano seguinte registam um pico de 4850 unidades e voltam a descer estabilizando nas 500 unidades em 2021. As restantes espécies *A. baerii*, *A. gueldenstaedtii* e *bester* apresentam-se com valores sempre constantes de 500, 1000 e 1500 unidades, respetivamente.

Observando os resultados da Figura 3.12 os recrutamentos de *A. ruthenus* apresentam-se bastante elevados nos primeiros anos, quando comparados com os recrutamentos das outras espécies. Tal facto, deve-se mais uma vez à produção alternativa realizada para maximizar a produção. Desta vez o esturjão *bester* entra na produção alvo e

contribui para a produção de caviar, sendo o seu cultivo que apresenta maiores recrutamentos de indivíduos.

Na Figura 3.13 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

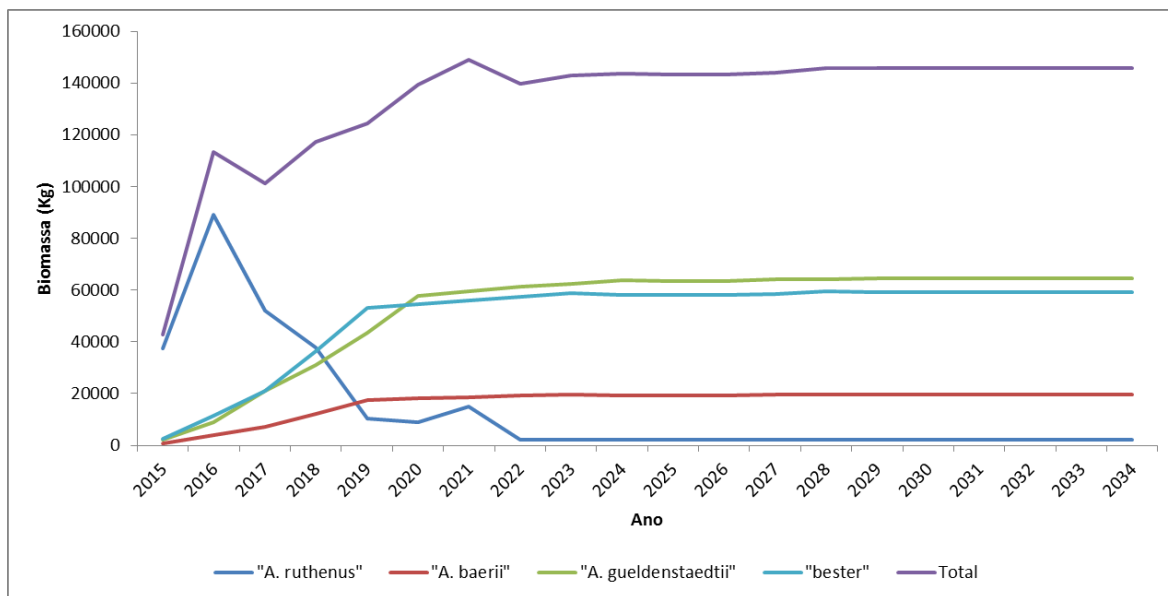


Figura 3.13 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº3.

Na Figura 3.13 a biomassa total varia entre 42900 kg em 2015 e o máximo de 149000 kg em 2021. Nos anos seguintes mantém-se acima dos 139000 kg chegando à estabilidade em 2030 com 145800 kg de biomassa. A biomassa de *A. ruthenus* em 2015 encontra-se em 37400 kg e sobe para 89200kg no ano seguinte, depois vai variando acabando por estabilizar nos 2200 kg em 2022. A biomassa de *A. baerii* varia entre os 800 kg em 2015 e os 17600 em 2019. Nos anos seguintes não apresenta grandes oscilações e acaba por estabilizar nos 19700 kg em 2029. A biomassa de *A. gueldenstaedtii* varia entre os 2300 kg em 2015 e os 57800 kg em 2020, depois sobe devagar até ficar constante nos 64500 kg em 2030. A biomassa de *bester* varia entre os 2400 kg em 2015 e os 53000 kg em 2019, após esta data sobe devagar até atingir a estabilidade nos 59300 kg em 2029.

Analisando a Figura 3.13 a biomassa tem um comportamento semelhante ao das simulações anteriores, verificando-se um aumento gradual de biomassa das espécies alvo

até atingir a estabilidade. Também se verifica uma elevada produção de *A. ruthenus* uma vez que é a espécie responsável pela produção alternativa.

Na Figura 3.14 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

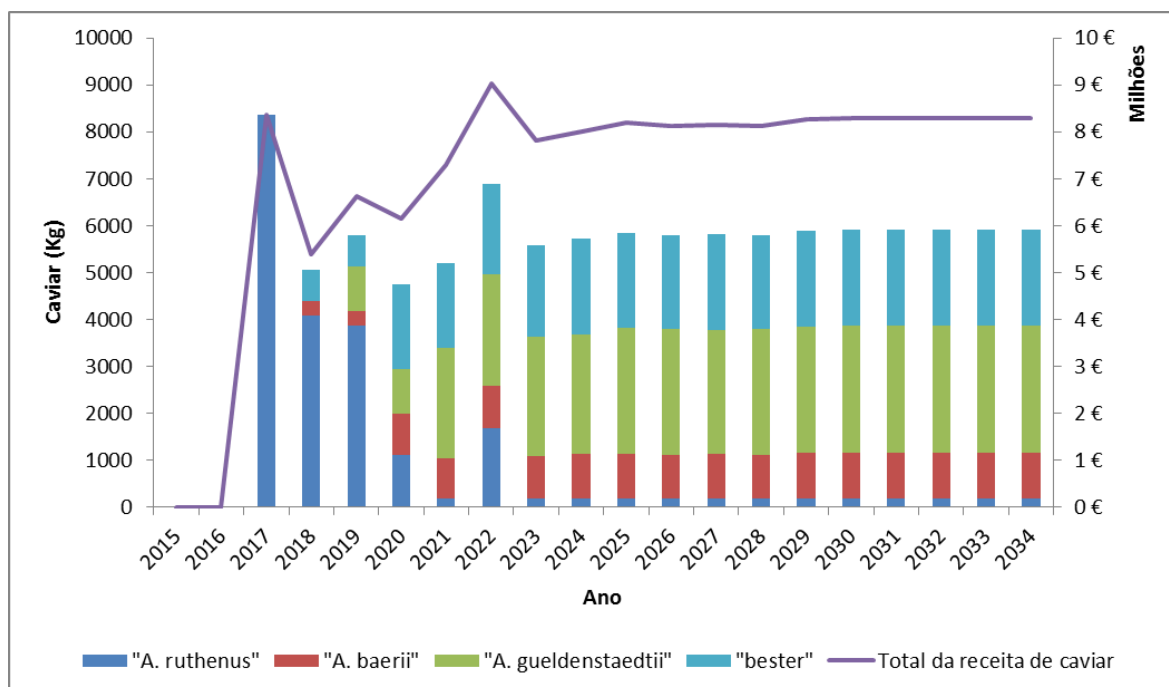


Figura 3.14 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº3.

Na Figura 3.14 a produção de caviar inicia-se em 2017 com 8400 kg de caviar de *A. ruthenus*. A sua produção decresce nos anos seguintes até 173 kg em 2021, um ano depois sobe para os 1700 kg e volta a descer para os 173 kg em 2023, mantendo-se depois constante. Em 2018 inicia-se a produção de caviar de *A. baerii* e *bester* com 300 kg e 650 kg, respetivamente. A produção de ambas as espécies sobe até atingir a estabilidade em 2030 com 980 kg para *A. baerii* e com 2054 kg para *bester*. A produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* só começa em 2019 com 950 kg e sobe até estabilizar nos 2700 kg em 2031. O valor em euros da produção de caviar é nulo nos dois primeiros anos, contudo em 2017 salta para 8,4 milhões de euros. Nos anos seguintes sofre grandes oscilações apresentando o seu valor máximo de 9,04 milhões de euros em 2022. Mais tarde em 2031 atinge a estabilidade com 8,3 milhões de euros.

Examinando a Figura 3.14 nota-se que a produção de caviar da simulação nº3 se inicia com a espécie *A. ruthenus* em 2017, atingindo logo o seu máximo, em consequência do cultivo alternativo. O caviar deste cultivo diminuiu a produção até ficar só a produção do cultivo alvo de *A. ruthenus*. A produção de caviar de *A. baerii* e *bester* começa no mesmo ano e aumenta até atingir a estabilidade, e o mesmo acontece para *A. gueldenstaedtii* no ano seguinte. Apesar dos recrutamentos de *bester* serem superiores aos de *A. gueldenstaedtii*, a segunda espécie apresenta maior produção de caviar, tal facto deve-se à dimensão mais reduzido esturjão *bester*. A linha das receitas só acompanha as barras de produção de caviar no primeiro ano, a partir deste a proporção aumenta pois tanto o *bester* como *A. gueldenstaedtii* possuem um valor de mercado mais elevado que *A. ruthenus* e *A. baerii*.

Na Figura 3.15 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

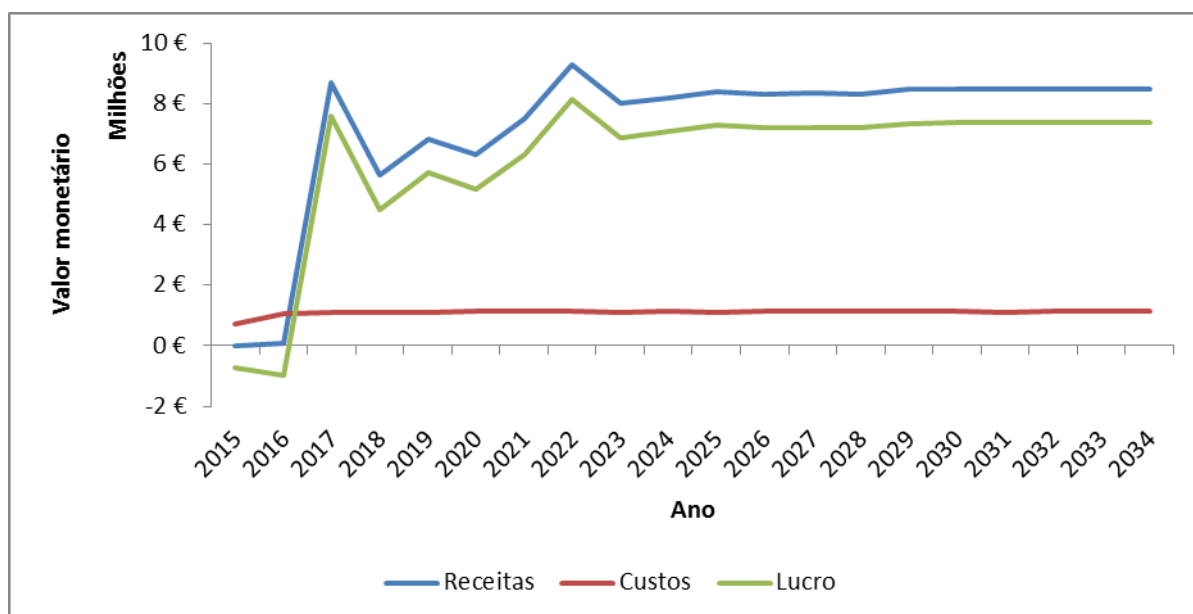


Figura 3.15 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº3.

Na Figura 3.15 os lucros mostram-se negativos nos dois primeiros anos, subindo do seu mínimo de -980 mil euros em 2016 para um pico de 7,57 milhões de euros em 2017. Após 2017 os valores vão oscilando passando pelo seu máximo de 8,14 milhões de euros em 2022 e estabilizando nos 7,37 milhões de euros em 2032. Os custos apresentam o valor

mais baixo em 2015 com 730 mil euros, o qual sobe para 1,05 milhões de euros no ano seguinte e varia ligeiramente até estabilizar nos 1,13 milhões de euros em 2032. As receitas iniciam-se em 2017 com 8,69 milhões de euros variando e chegando ao seu máximo com 9,27 milhões de euros e atingindo a estabilidade de 8,5 milhões em 2031.

Avaliando o lucro da Figura 3.15 este apresenta-se positivo em 2017 devido à produção alternativa que aumenta as receitas até ao ano 2022. A partir desta data o lucro é apenas definido pela produção alvo. Ao comparar as receitas com os custos da produção alvo, verificou-se que as receitas são 6,5 vezes superiores aos custos de produção.

Em suma, a simulação nº3 foi orientada para a produção de caviar de todas as espécies disponíveis e apresentou receitas 6,5 vezes superiores aos custos de produção. O cultivo alternativo demonstrou mais uma vez ser vantajoso nos primeiros anos de produção.

Simulação nº4

Na Figura 3.16 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

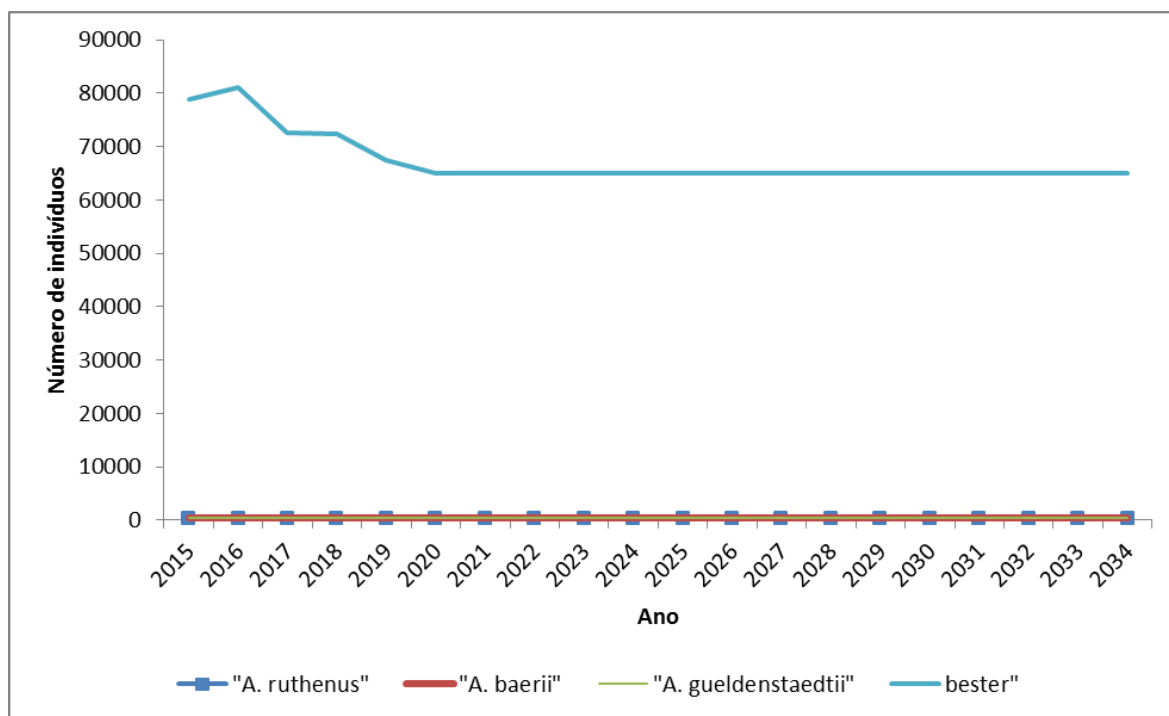


Figura 3.16 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº4.

Na Figura 3.16 o número de indivíduos recrutados das espécies *A. ruthenus*, *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são constantes durante toda a produção com 400 unidades recrutadas para cada espécie. Os recrutamentos do esturjão *bester* apresentam-se com 78800 unidades no primeiro ano subindo para o seu máximo de 81000 unidades e decrescendo nos anos posteriores até atingir a estabilidade de 65000 em 2020.

Observando a Figura 3.15 verifica-se que o esturjão *bester* é recrutado a níveis muito superiores relativamente às outras 3 espécies, que apresentam os mesmos recrutamentos em números relativamente reduzidos. Nos cinco primeiros anos os recrutamentos de *bester* são ainda mais significativos, pois foi a única espécie a ser usada com cultivo alternativo. Os recrutamentos praticados tendem a favorecer o cultivo de *bester* por causa da orientação produtiva da simulação, que visa a produção de carne.

Na Figura 3.17 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

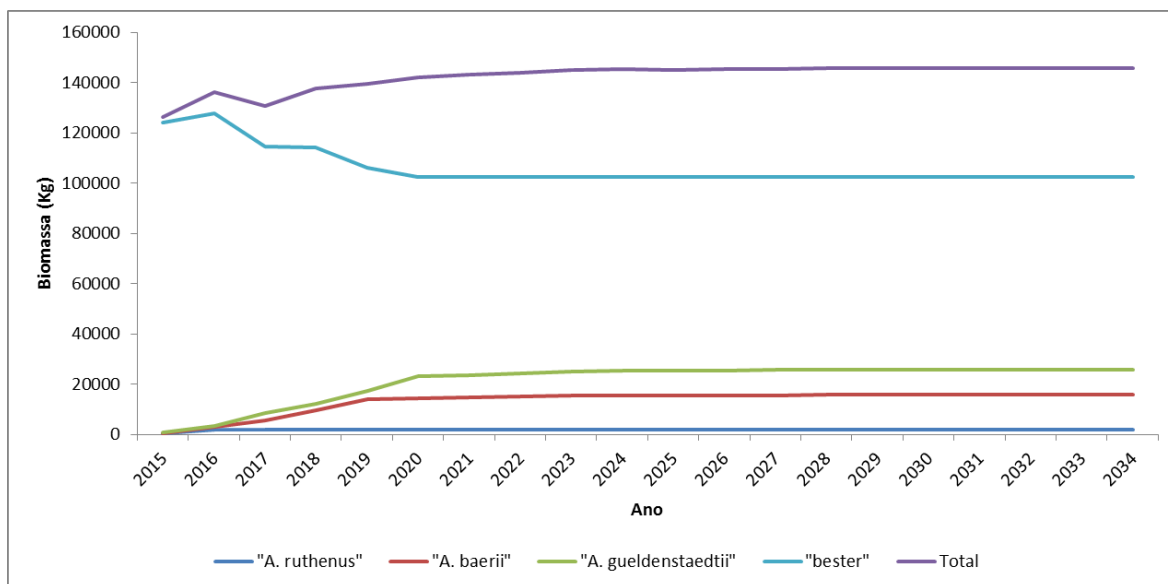


Figura 3.17 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº4.

Na Figura 3.17 os resultados da biomassa total variam entre os 126400 kg em 2015 e os 145900 em 2030, ano em que atinge a estabilidade. O cultivo de *A. ruthenus* apresenta-se com 600 kg em 2015, o valor sobe e atinge a estabilidade no ano seguinte com 1800 kg. O cultivo de *A. baerii* varia entre 600 kg em 2015 e 15800 em 2029,

momento em que o valor estabiliza. O cultivo de *A. gueldenstaedtii* em 2015 apresenta-se com 900 kg, o valor sobe ao longo dos anos e estabiliza em 2030 com 25800 kg.

Avaliando a biomassa total da Figura 3.17 nota-se uma tendência crescente até atingir a estabilidade. O cultivo de *bestier* mostra-se com uma biomassa mais elevada nos primeiros anos devido à produção alternativa, estabilizando assim que esta termina. Os restantes cultivos apresentam-se com uma baixa biomassa que aumenta gradualmente até atingir a estabilidade.

Na Figura 3.18 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

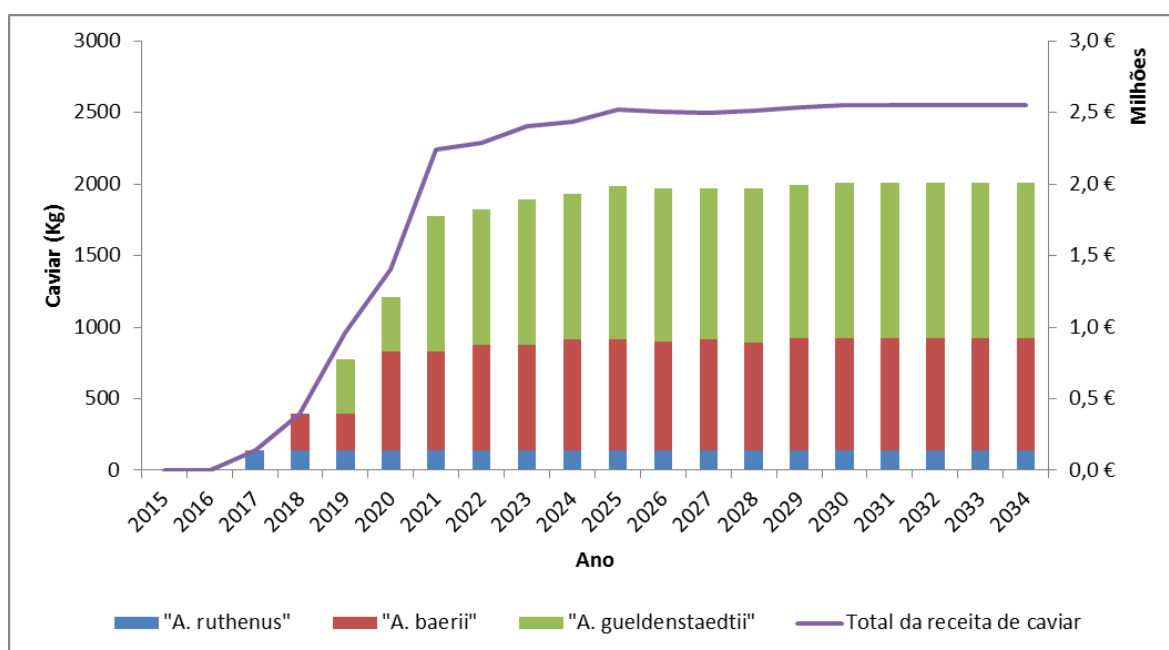


Figura 3.18 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº4.

Na Figura 3.18 a produção de caviar de *A. ruthenus* inicia-se em 2017 com 130 kg e mantém-se constante para os restantes anos. A produção de caviar de *A. baerii* começa-se em 2018 com 250 kg e aumenta gradualmente até atingir a estabilidade com 780 kg em 2030. A produção de caviar *A. gueldenstaedtii* inicia-se em 2019 com 380 kg e cresce até 2030, momento em que chega à estabilidade com 1080 kg. O valor monetário da produção de caviar varia entre nulo em 2015 e 2,24 milhões de euros em 2021, nos anos seguintes aumenta gradualmente até estabilizar em 2031 com 2,54 milhões de euros.

Examinando a Figura 3.18 observa-se que a produção de caviar inicia-se no terceiro ano de produção, com uma pequena quantidade de caviar de *A. ruthenus*, que se mantém constante durante todos os anos. A produção de caviar *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* começa nos anos seguintes, também com baixas produções, contudo estas produções aumentam gradualmente até atingir a estabilidade. Nesta simulação, relacionando os recrutamentos efetuados e a quantidade de caviar gerado pelas 3 diferentes espécies, constata-se que, apesar de os recrutamentos serem iguais para as 3 espécies, estas apresentam produções muito distintas, em especial face à pequena produção de *A. ruthenus*. Tal facto deve-se ao ciclo de vida mais longo de até 6 desovas praticado para *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*; este ciclo permite que os indivíduos atinjam grandes dimensões e produzam uma grande quantidade de caviar, quando comparados com os indivíduos de *A. ruthenus* com apenas 1 desova. O valor do caviar em milhões de euros não apresenta o grande pico inicial das outras simulações. Desta vez as receitas de caviar começam com um baixo valor que cresce gradualmente até à estabilidade. Apesar de se ter realizado uma produção alternativa esta não concedeu o elevado retorno registado nas simulações anteriores, pois esta produção foi orientada para a produção de carne, que expressa um valor de mercado bastante menor.

Na Figura 3.19 apresenta-se a produção de carne em kg das diferentes espécies e as respetivas receitas em euros, ao longo dos anos.

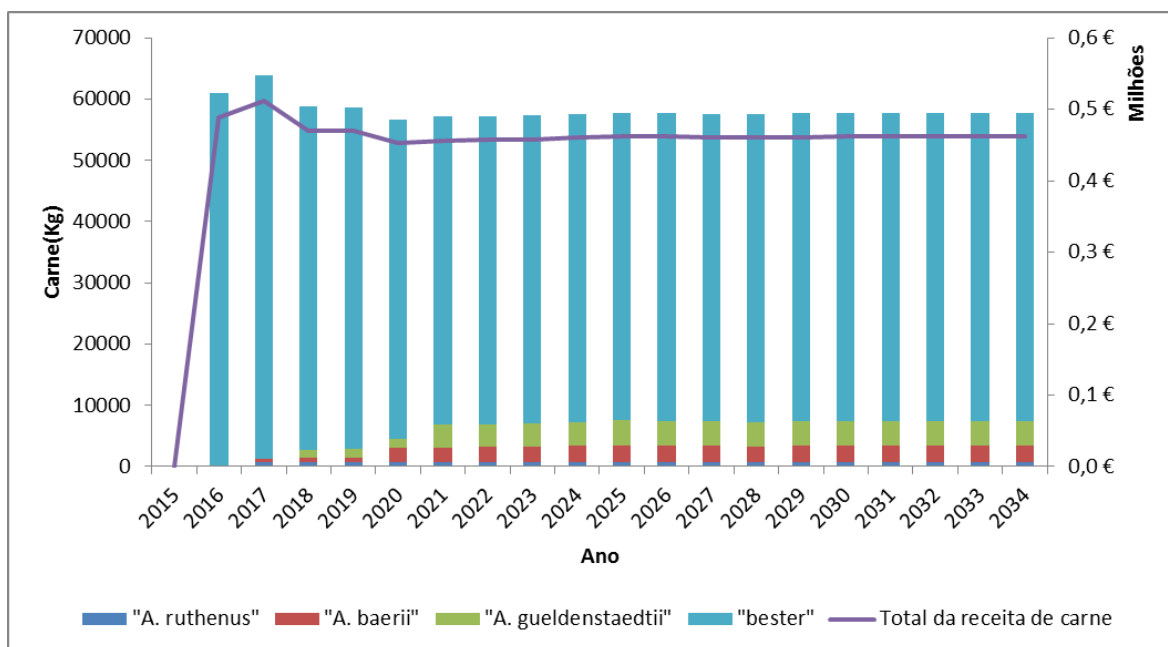


Figura 3.19 - Produção e receita anual de carne das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº4.

Na Figura 3.19 a produção de carne de *bester* inicia-se no segundo ano de produção com 60900 kg de carne. Esta apresenta o seu máximo com 62300 kg e decresce até atingir a estabilidade de 50300 kg em 2021. A espécie *A. ruthenus* contribui a primeira vez para a produção de carne em 2016 com 150 kg de carne. No ano seguinte atinge a estabilidade com uma produção de 730 kg de carne. A produção de carne de *A. baerii* tem o seu início em 2017 com 580 kg produzidas, e atinge a estabilidade em 2030 com 2660 kg de carne. A produção de carne da espécie *A. gueldenstaedtii* inicia-se em 2018 com 1200 kg e estabiliza em 2031 com 4100 kg de carne produzida.

Observando a Figura 3.19 nota-se uma elevada produção de carne de *bester*. Esta elevada produção deve-se à orientação da simulação que tem como objetivo principal a produção de carne. Nos primeiros anos de produção o cultivo alternativo realizado é orientado para o cultivo do híbrido *bester*, aumentando a produção de carnes.

Na Figura 3.20 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

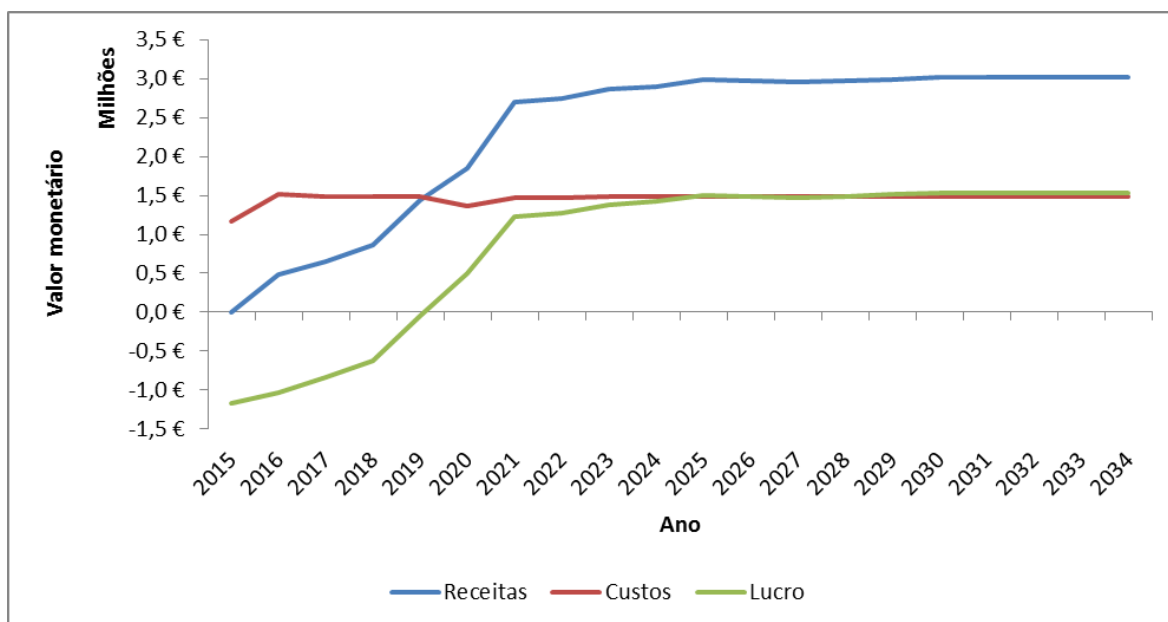


Figura 3.20 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº4.

Na Figura 3.20 os lucros apresentam-se negativos desde 2015 até 2019, com o seu mínimo de -1,16 milhões de euros em 2015. Após 2019 os resultados vão crescendo até atingir a estabilidade de 1,53 milhões de euros em 2031. Os custos em 2015 são de 1,16 milhões de euros aumentando para o seu máximo de 1,51 milhões de euros no ano seguinte. Nos anos posteriores a 2016 os valores apresentam pequenas oscilações até atingirem a estabilidade de 1,48 milhões de euros. As receitas variam entre 0 euros em 2015 e 2,7 milhões de euros em 2021. Após esta data o aumento do valor de receitas abranda e estabiliza nos 3,01 milhões de euros em 2031.

Analisando a Figura 3.20 nota-se que o lucro apresenta-se negativo nos primeiros 4 anos, pois a produção alternativa não obteve receitas suficientes para contrariar os custos de produção. O lucro cresce ao longo dos anos e estabiliza um pouco acima do valor dos custos de produção. Quando comparadas as receitas com os custos de produção, conclui-se que as receitas são 2 vezes superiores aos custos de produção.

Chega-se assim à conclusão que a simulação nº4 foi orientada para a produção de carne do esturjão *bester* e apresentou receitas 2 vezes superiores aos custos de produção. O cultivo alternativo de carne não conseguiu contrariar as despesas de produção.

Simulação n°5

Na Figura 3.21 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

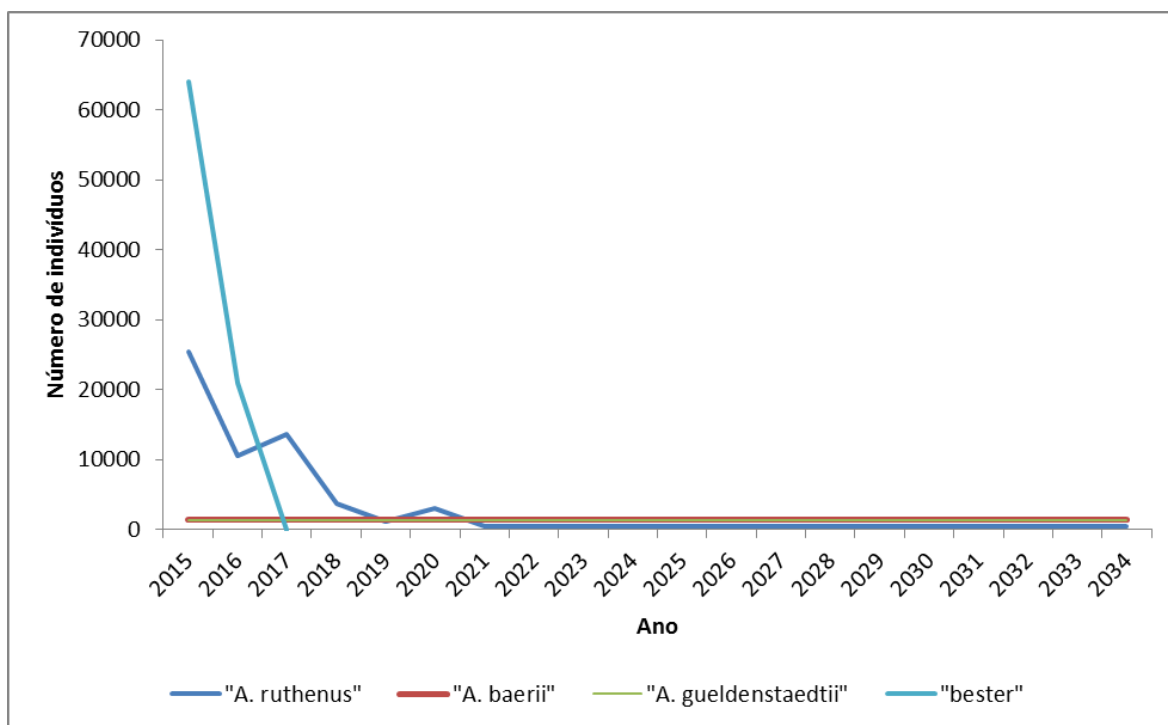


Figura 3.21 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação n°5.

Na Figura 3.21 os recrutamentos de indivíduos *A. ruthenus* iniciam-se no seu máximo de 25400 unidades e variam até atingir o mínimo estável de 500 unidades em 2021. Para *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* o número de indivíduos recrutados é sempre constante, situando-se nas 1375 unidades durante todo o ciclo produtivo. Os recrutamentos de *bester* só têm expressão em 2015 e 2016. Apresenta-se com 64000 unidades no primeiro ano e desce até 0 unidades em 2017.

Pela análise da Figura 3.21 observam-se elevados recrutamentos de *A. ruthenus* e *bester* nos primeiros anos de produção, correspondentes ao cultivo alternativo. Os recrutamentos para o cultivo de *A. ruthenus* descem até atingir as necessidades da produção alvo e os de *bester* extinguem-se, pois a espécie não pertence à produção alvo.

As restantes espécies, *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, apresentam-se com recrutamentos sempre constantes ao longo dos anos.

Na Figura 3.22 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

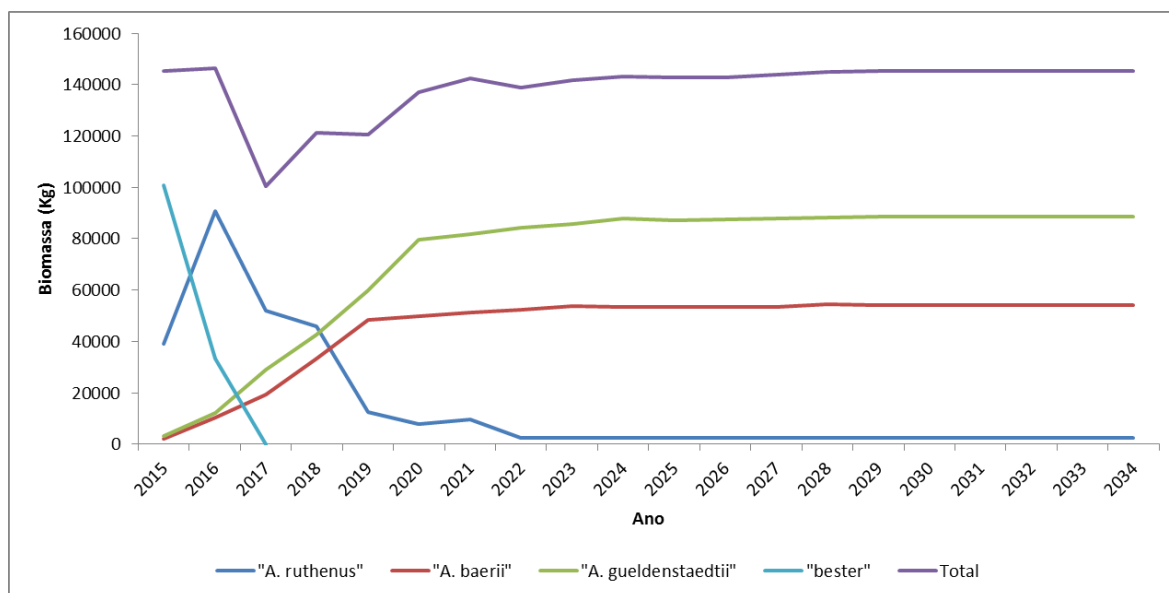


Figura 3.22 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº5.

Na Figura 3.22 os resultados da biomassa total apresentam-se com 145400 kg em 2015 e sobem para máximo de 146400 kg em 2016. De 2017 a 2030 o valor varia entre o seu mínimo de 100500 kg e 145300 kg, quando atinge a estabilidade. O cultivo de *A. ruthenus* em 2015 possui 39200 kg; no ano seguinte, atinge o máximo de 90700 kg e desce até aos 2200 kg em 2022. O cultivo de *A. baerii* varia entre 2150 kg em 2015 e 54300 kg em 2029, mantendo-se estável para os anos seguintes. O cultivo de *A. gueldenstaedtii* varia entre 3100 kg em 2015 e 88800 kg em 2030, atingindo depois a estabilidade. O cultivo de *bester* apresenta-se com 101000 kg em 2015, valor que desce para 0 kg em 2017, mantendo-se assim para os restantes anos.

Observando a Figura 3.22 nota-se que a biomassa total presente na unidade de cultivo se encontra perto da estabilidade nos primeiros anos, de seguida sofre uma quebra e recupera gradualmente. Estas oscilações são mais uma vez da responsabilidade do cultivo alternativo, como se pode constatar pelo comportamento das biomassas das duas espécies

pertencentes a este cultivo (*A. ruthenus* e *bester*). A biomassa de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* apresentam-se com a normal tendência de crescimento gradual até atingir a estabilidade.

Na Figura 3.23 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

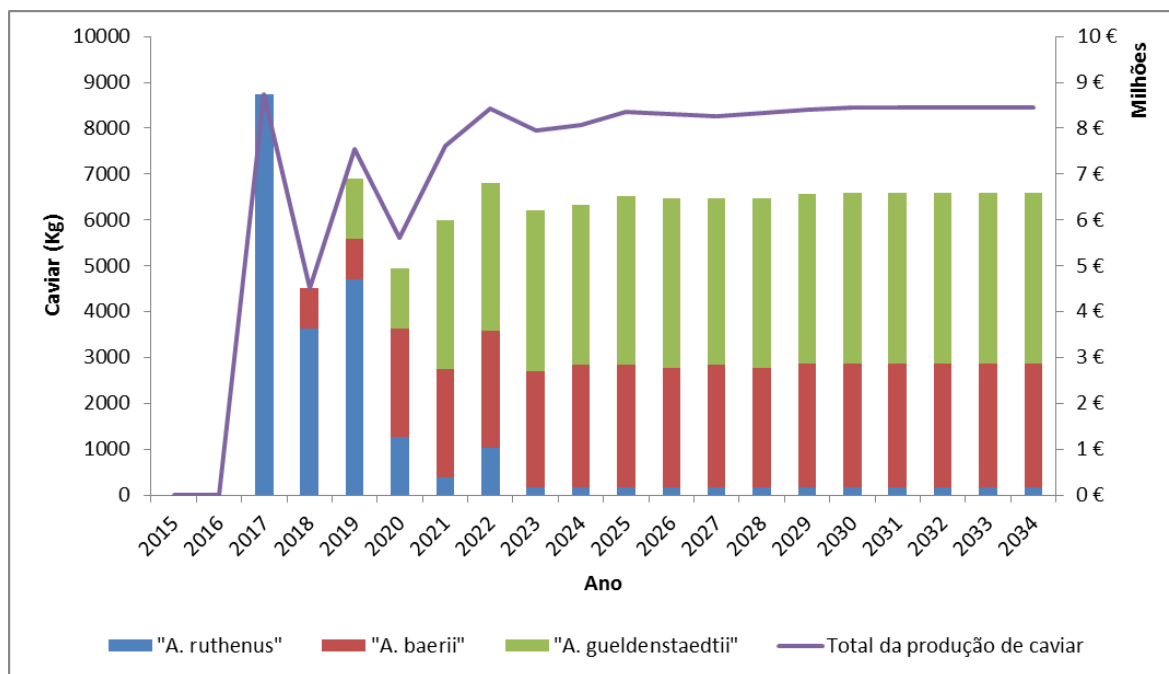


Figura 3.23 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº5.

Na Figura 3.23 a produção de caviar *A. ruthenus* inicia-se em 2017 com o máximo de 8000 kg, variando nos anos seguintes até estabilizar com 170 kg em 2023. A produção de caviar *A. baerii* inicia-se em 2018 variando entre o mínimo de 870 kg e o máximo de 2700 kg em 2030, em que estabiliza. A produção de caviar *A. gueldenstaedtii* só começa em 2019 com 1300 kg e varia até estabilizar com 3700 kg em 2031. O valor em euros de caviar apresenta-se nulo nos dois primeiros anos e atinge o seu máximo de 8,75 milhões de euros em 2017, no ano seguinte chega ao seu mínimo de 4,52 milhões de euros. Após 2017, o valor sofre algumas oscilações, acabando por estabilizar nos 8,46 milhões de euros em 2031.

Examinando a Figura 3.23 conclui-se que a produção de caviar começa com um pico de elevada produtividade de caviar *A. ruthenus* e consequente decréscimo até atingir a estabilidade, mais uma vez da responsabilidade do cultivo alternativo. As espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* apenas pertencentes ao cultivo alvo, desta forma, apresentam o normal aumento da produção de caviar até chegar ao ponto de equilíbrio. As receitas acompanham a produção de caviar até à produção de caviar da espécie *A. gueldenstaedtii*, e a partir desse momento as receitas sofrem, proporcionalmente, um aumento superior ao aumento da sua produção. Tal fato, deve-se à diferença de custos das várias espécies.

Na Figura 3.24 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

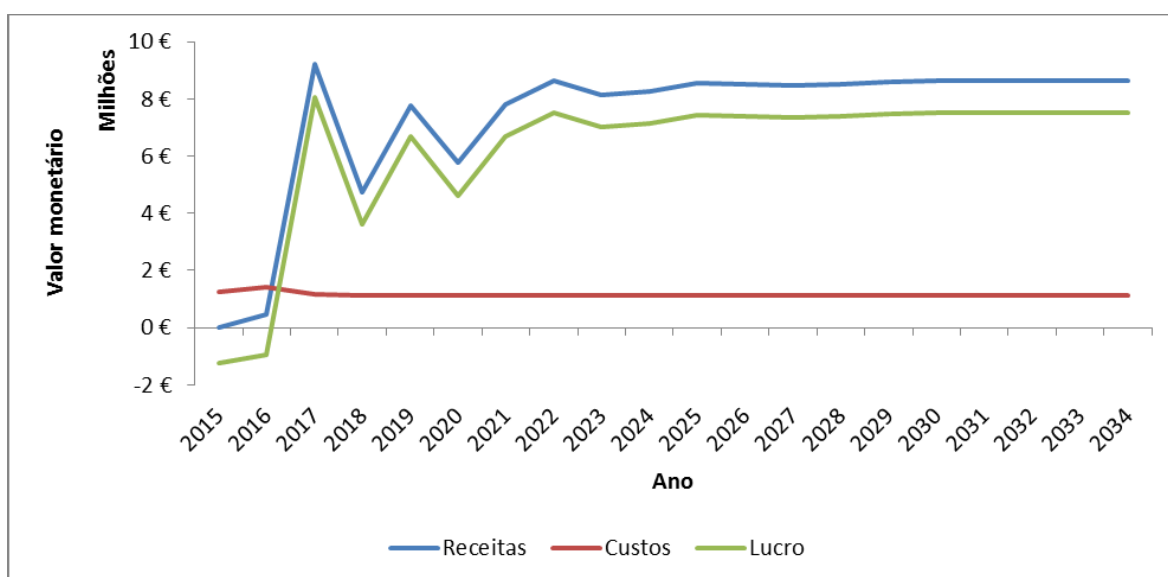


Figura 3.24 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº5.

Na Figura 3.24 os resultados do lucro apresentam-se negativos com -1,25 milhões de euros em 2015; só em 2017 passam a positivos, atingindo o máximo de 8,04 milhões de euros. Nos anos seguintes sofrem algumas variações até chegarem à estabilidade de 7,52 milhões de euros em 2031. Os custos não mostram grandes variações, estes atingem o máximo em 2016 com 1,43 milhões de euros e estabilizam em 2031 nos 1,13 milhões de euros. As receitas variam entre 0 euros em 2015 e 9,22 milhões de euros em 2017. Em 2031 atingem a estabilidade nos 8,65 milhões de euros.

Ao avaliar o lucro enunciado na Figura 3.24, verifica-se um grande valor monetário no terceiro ano de produção, correspondente ao máximo que a simulação atinge. Dois anos depois volta a atingir um elevado rendimento e, passados mais dois anos, chega ao lucro da produção alvo. Os dois primeiros pontos de lucro elevado são resultado do cultivo alternativo, em especial da produção de caviar do cultivo de *A. ruthenus*. Quando determinado o rácio entre as receitas e os custos da produção, as receitas mostram-se 7,63 vezes superiores aos custos de produção.

Em conclusão, a simulação nº5 foi orientada para a produção de caviar das espécies *A. ruthenus*, *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, sendo que a primeira em pequenas quantidades. A simulação apresentou receitas 7,63 vezes superiores aos custos de produção, para a produção alvo. A produção alternativa promoveu em primeiro lugar o cultivo de *A. ruthenus* para produção de caviar, remetendo para segundo lugar o cultivo de *bester* para produção de carne.

Simulação nº6

Na Figura 3.25 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

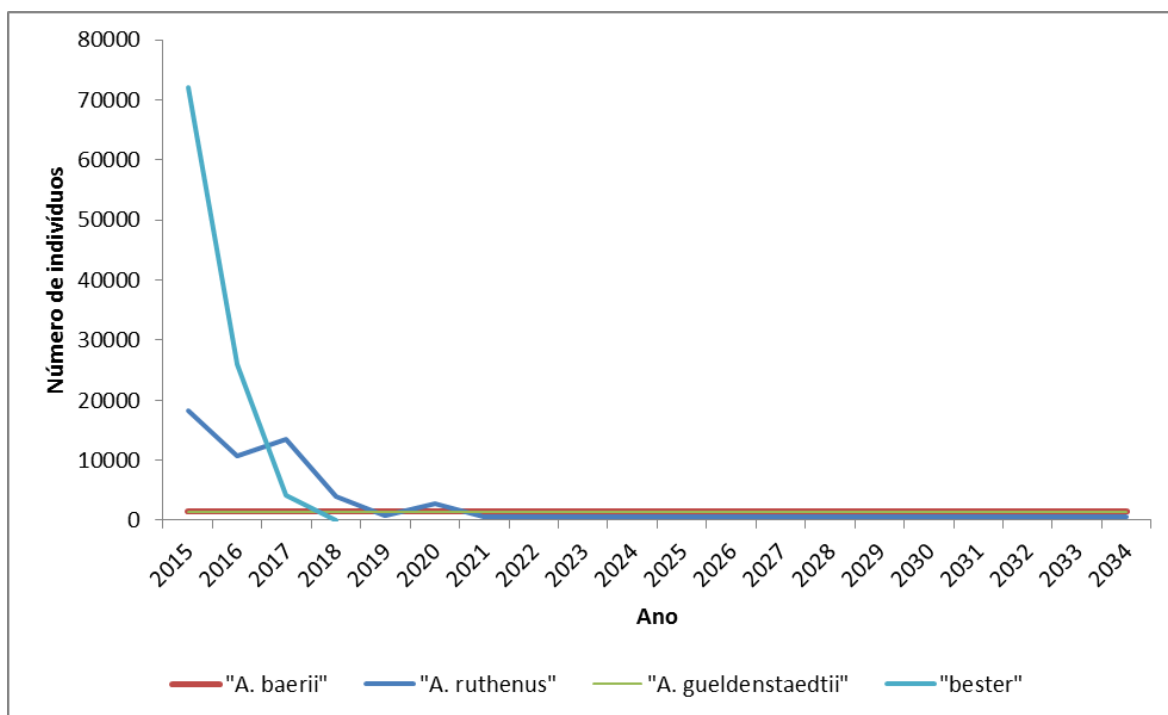


Figura 3.25 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº6.

Na Figura 3.25 os recrutamentos de indivíduos *A. ruthenus* apresentam-se no seu máximo logo em 2015, com 18200 unidades. Sofrem algumas oscilações nos anos seguintes e acabam por estabilizar em 2021, com 500 unidades recrutadas. Para *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* os recrutamentos são sempre constantes nas 1375 unidades para cada espécie. Os recrutamentos de *bester* variam entre o seu máximo de 72000 unidades em 2015 e 0 unidades em 2018, não registando mais recrutamentos de indivíduos.

Observando a Figura 3.25 constata-se que recrutamentos praticados na simulação nº6 são muito semelhantes aos da simulação anterior, apenas diferem nos recrutamentos da produção alternativa com aumento dos recrutamentos *bester* em detrimento dos recrutamentos de *A. ruthenus*.

Na Figura 3.26 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com decorrer dos anos.

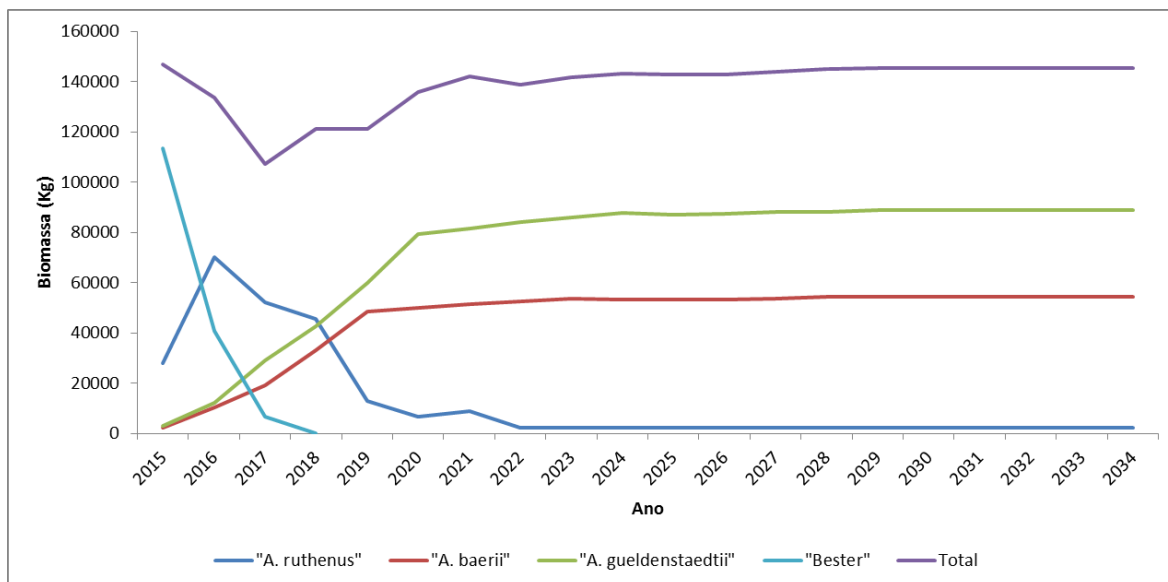


Figura 3.26 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº6.

Na Figura 3.26 a biomassa total encontra-se em 2015 no seu máximo de 147000 kg, passados dois anos atinge o mínimo de 107300 kg e em 2030 estabiliza nos 145300 kg. A biomassa do cultivo de *A. ruthenus* apresenta-se com 28200 kg em 2015, um ano depois sobe para o máximo de 70000 kg e desce até atingir a estabilidade com 2200 kg em 2022. A biomassa de *A. baerii* varia entre 2200 kg em 2015 e 54300 kg em 2029, atingindo a estabilidade. A biomassa de *A. gueldenstaedtii* varia entre 3100 kg em 2015 e 88800 kg em 2030, chegando depois à estabilidade. A biomassa de *bester* em 2015 encontra-se nos 114000 kg e desce nos anos seguintes até chegar a 0 kg em 2018.

Examinando a Figura 3.26 verifica-se que os resultados da biomassa também são bastante similares, apresentando diferenças apenas nos dois primeiros anos de produção com uma queda no cultivo de *A. ruthenus* e o consequente aumento do cultivo de *bester*.

Na Figura 3.27 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

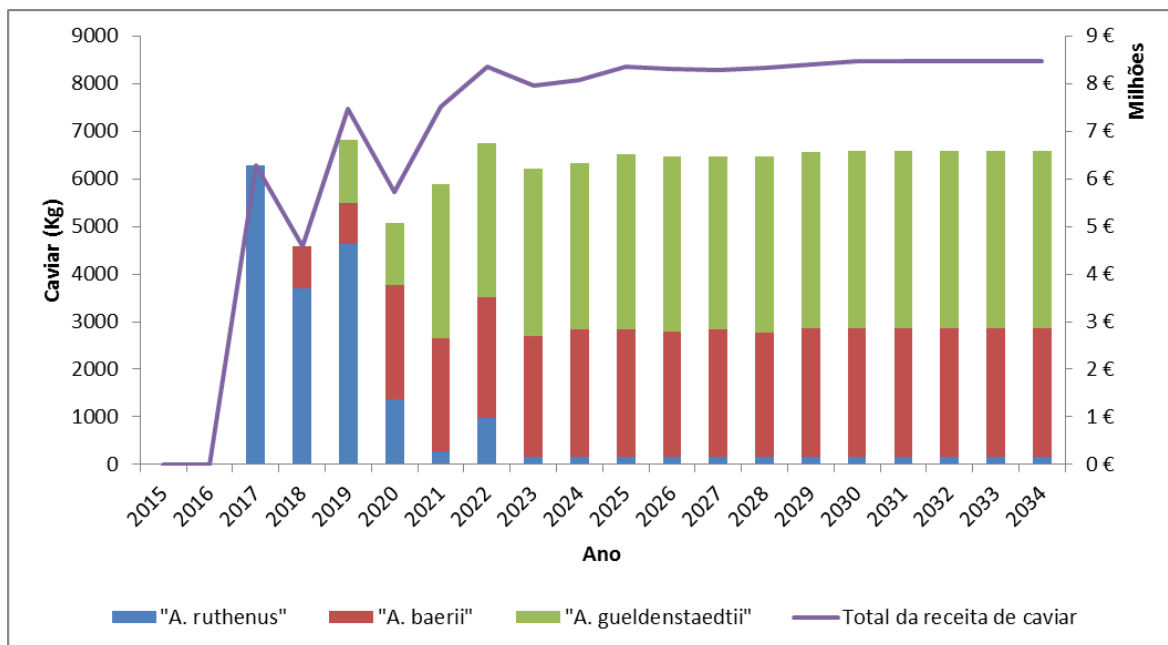


Figura 3.27 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº6.

Na Figura 3.27 a produção de caviar de *A. ruthenus* é iniciada em 2017 com 6300 kg de caviar. Nos anos seguintes sofre algumas oscilações e estabiliza nos 173 kg em 2023. A produção de caviar de *A. baerii* inicia-se em 2018 com 870 kg, subindo gradualmente até chegar à estabilidade de 2700 kg em 2030. A produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* só começa em 2019 com 1300 kg, e sobe até atingir a estabilidade em 2031 com 3700 kg de caviar. A receita em euros do caviar expressa valores de 0 euros em 2015 e 2016, em 2017 sobe para 6,28 milhões de euros. Nos anos seguintes sofre algumas oscilações até atingir a estabilidade de 8,46 milhões em 2031.

Analisando a Figura 3.27 verifica-se que a produção de caviar da simulação nº6 se apresenta muito próxima da simulação anterior, sendo que a produção alvo é exatamente a mesma. Esta simulação apenas tem uma grande diferença no primeiro ano de produção de caviar, não apresentando um pico de produção de caviar tão acentuado. Esta diferença é justificada com o aumento do cultivo de *bestier*, pois este não contribui para a produção de caviar apenas de carne, diminuindo substancialmente a produção de caviar do cultivo alternativo.

Na Figura 3.28 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

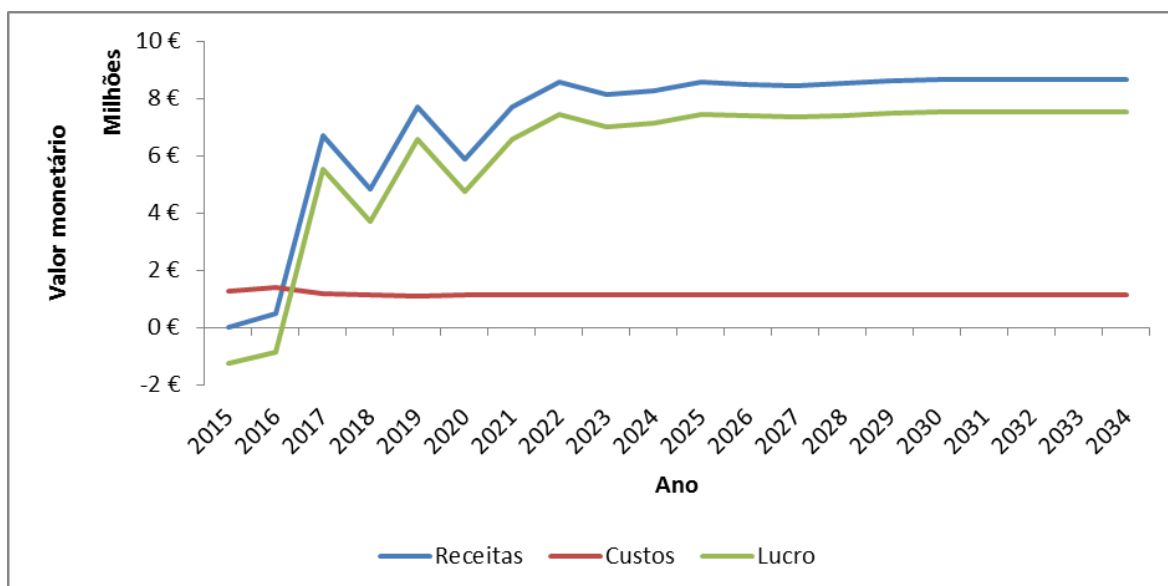


Figura 3.28 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº6.

Na Figura 3.28 o lucro apresenta resultados negativos em 2015 e 2016, com o mínimo de -1,25 milhões de euros no primeiro ano. Em 2017 sobe para 5,51 milhões de euros e sofre algumas alterações até atingir a estabilidade de 7,52 milhões de euros em 2031. Os custos não apresentam grandes variações. Em 2016 atingem o seu máximo de 1,39 milhões de euros e chegam à estabilidade em 2031 com 1,13 milhões de euros. As receitas variam entre 0 euros em 2015 e 8,65 milhões de euros em 2031, mantendo-se estável para os restantes anos.

Avaliando a Figura 3.28 verifica-se que o lucro da simulação nº6 também só difere da simulação nº5 nos primeiros anos, não se observando um primeiro pico tão significativo. Tal facto deve-se à condição fronteira imposta nesta simulação, que visa a obtenção de uma receita mínima de 500 mil euros a partir do primeiro ano de produção. Para cumprir esta condição foi necessário substituir uma parte do cultivo alternativo de *A. ruthenus*, que só permite obter receitas substanciais no terceiro ano com a venda de caviar, pelo cultivo de *bester* que permitia obter receitas logo após o primeiro ano com a venda de carne. Os restantes anos de produção não apresentaram problemas pois sempre se mantiveram acima da fasquia desejada. Na prática ocorreu um aumento de quase 28 mil euros no segundo ano de produção para atingir o objetivo de 500 mil euros, este aumento desencadeou uma queda de quase 2,52 milhões de euros no terceiro ano de produção. Uma vez que a

produção alvo da simulação nº6 é igual à simulação nº 5, o rácio receita/custo também apresentou receitas 7,63 vezes superiores aos custos de produção.

Em resumo, a simulação nº6 foi orientada para a produção de caviar das espécies *A. ruthenus*, *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, efetuando apenas uma produção de caviar da primeira espécie. A simulação apresentou receitas 7,63 vezes superiores aos custos de produção, para a produção alvo. Devido à condição fronteira imposta à produção alternativa, no primeiro ano, inclinou-se para a produção de carne através do cultivo de *bester*, deixando a produção de caviar do cultivo de *A. ruthenus* para segundo plano, o que levou a grandes alterações no lucro do ano seguinte.

Simulação nº7

Na Figura 3.29 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

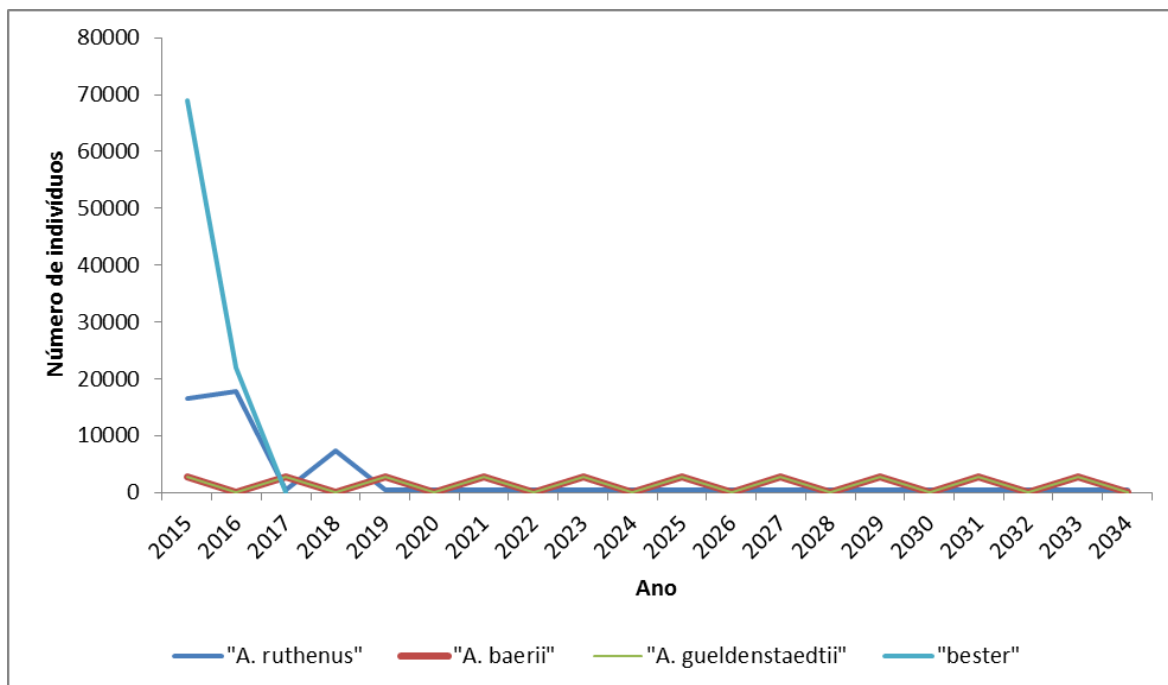


Figura 3.29 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº7.

Na Figura 3.29 os recrutamentos de *A. ruthenus* iniciam-se com 16600 unidades em 2015, sobem para o máximo de 17900 unidades em 2016 e descem para 500 em 2017. Em 2018 sobem para 7300 unidades e voltam às 500 unidades no ano seguinte onde

estabilizam. Os recrutamentos de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* registam-se de 2 em 2 anos, sempre com o valor de 2750 unidades e começam em 2015. Os recrutamentos de *bester* apresentam-se com 69000 unidades em 2015 descendo até 0 unidades em 2017.

Observando a Figura 3.29 conclui-se que os recrutamentos da simulação n°7 apresentam uma produção alvo diferente das simulações anteriores. As espécies *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são recrutadas de intervalos de dois em dois anos, já os recrutamentos de *A. ruthenus* para o cultivo alvo mantêm-se constante todos os anos. Mais uma vez foram realizados recrutamentos para a produção alternativa, sendo que desta vez a produção de caviar é prioritária.

Na Figura 3.31 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com decorrer dos anos.

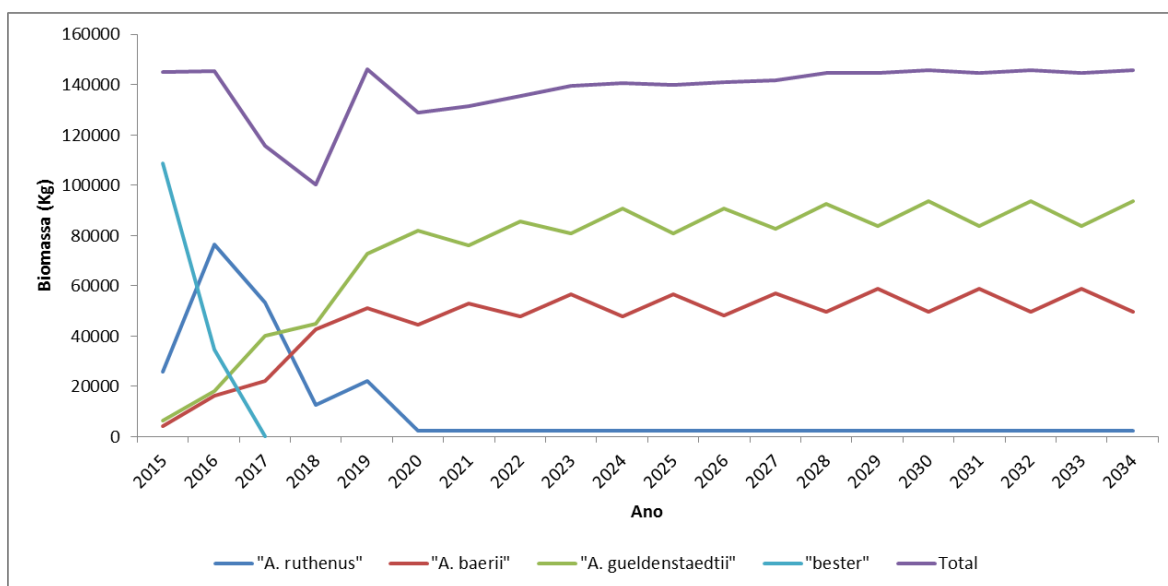


Figura 3.30 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação n°7.

Na Figura 3.30 a biomassa total regista 145060 kg em 2015, no ano seguinte chega às 145540 kg e após mais 2 anos atinge o seu mínimo de 100280 kg; um ano depois em 2019 salta para o seu máximo de 146050 kg. No ano posterior a 2019 sofre uma quebra e começa a aumentar gradualmente, estabilizando em forma de ziguezague, com pontos baixos de 144700 kg e pontos altos de 145800 kg. A biomassa de *A. ruthenus* apresenta-se com 25700 kg em 2015, no ano seguinte atinge o máximo de 76300 kg e em 2020

estabiliza com 2240 kg de biomassa. A biomassa de *A. baerii* em 2015 apresenta-se com 4310 kg, vai aumentando ciclicamente e assim se mantém depois de estabilizar em 2028, com pontos baixos de 49800 kg e pontos altos de 58725 kg no ano seguinte. A biomassa de *A. gueldenstaedtii* regista um valor de 6240 kg em 2015, com a espécie *A. baerii* o valor aumenta também de forma ciclicae estabiliza um ano depois, em 2029, com pontos baixos de 83770 kg seguidos de pontos altos de 93700 kg. A biomassa de *bester* em 2015 encontra-se no seu máximo de 108800 kg e decresce até atingir 0 kg em 2017.

Pela análise da Figura 3.30 conclui-se que apesar dos recrutamentos alvos serem realizados de dois em dois anos, a biomassa total apresenta o mesmo comportamento que nas outra simulações. Esta inicia-se com valores baixos, que crescem gradualmente ao longo do tempo até estabilizarem, só que desta vez a estabilidade apresenta-se em ziguezague entre dois valores e não em linha reta. A baixa biomassa da produção alvo nos primeiros anos não é notada devido à realização da produção alternativa.

Na Figura 3.31 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

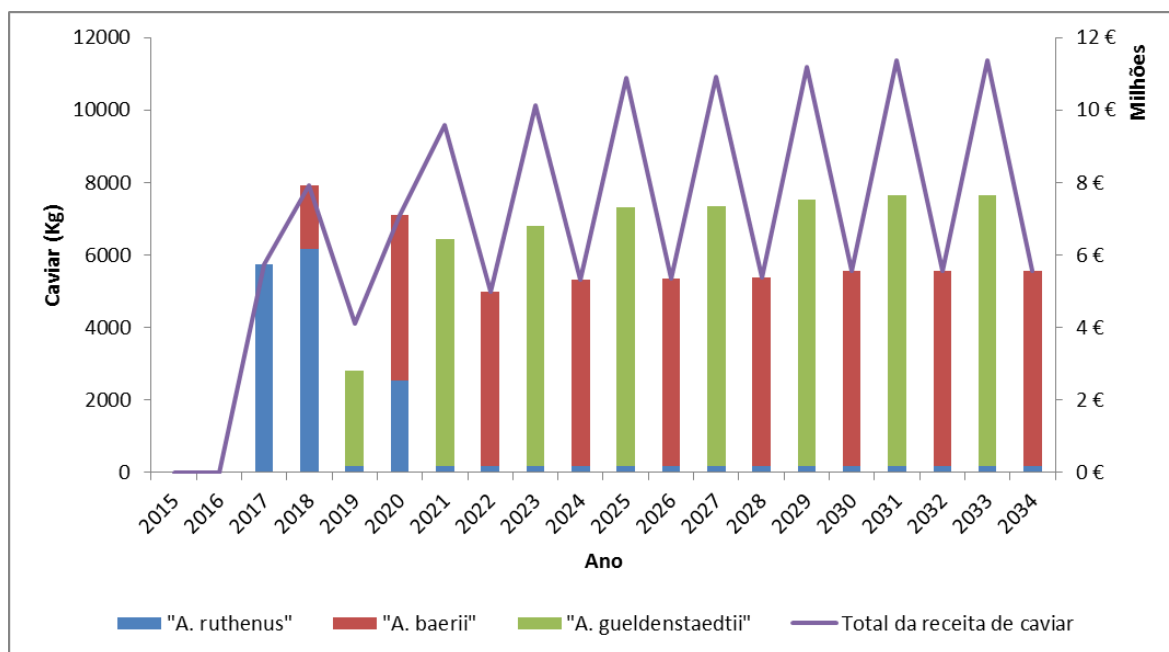


Figura 3.31 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº7.

Na Figura 3.31 a produção de caviar inicia-se com a espécie *A. ruthenus* em 2017 com uma produção de 5700 kg; no ano seguinte aumenta para 6200 kg e desce atingindo a estabilidade em 2021 com uma produção de 170 kg de caviar. A produção de caviar de *A. baerii* inicia-se em 2018 com 1750 kg e esta aumenta até atingir a estabilidade de 5370 kg em 2030. Note-se que a produção só regista valores de 2 em 2 anos. A produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* começa em 2019 com 2620 kg, também apresenta produções de 2 em 2 anos e estabiliza em 2031 com 7470 kg produzidos. As receitas da produção de caviar iniciam-se com a produção de *A. ruthenus* em 2017 nos 5,7 milhões de euros, depois tendem a aumentar de forma cíclica atingindo a estabilidade em 2030, alternando entre pontos baixos de 5,54 milhões de euros e pontos altos de 11,37 milhões de euros no ano seguinte.

Analisando a Figura 3.31 verifica-se o aumento inicial da produção de caviar característico do cultivo alternativo; e verifica-se também uma alternância entre a produção de caviar de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*. Este revezamento de produção de caviar é provocado pelo fato das duas espécies apresentarem as desovas em anos diferentes. Assim a prática de recrutamentos de dois em dois anos faz com que as desovas das diferentes gerações nunca se sobreponham. Isto faz com que a produção de caviar varie em espécie de ano para ano.

Na Figura 3.32 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

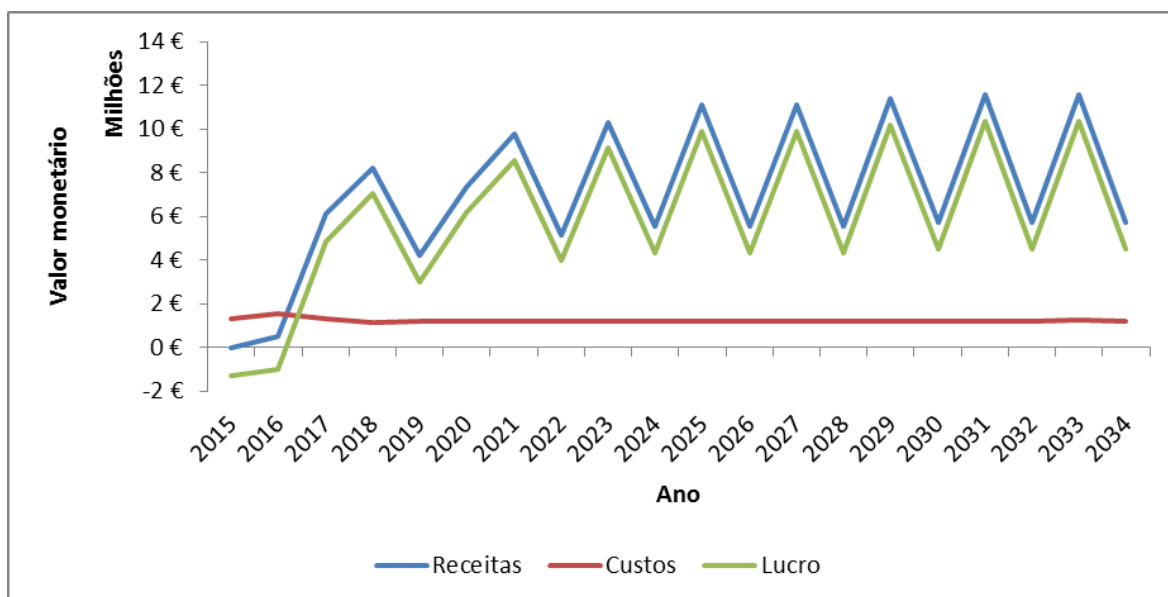


Figura 3.32 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº7.

De acordo com a Figura 3.32 os lucros apresentam-se negativos em 2015 e 2016, com o mínimo de -1,33 milhões de euros no primeiro ano. O valor vai aumentando em ciclos e estabiliza em 2030; apresenta pontos baixos de 4,52 milhões de euros e pontos altos de 10,35 milhões de euros. Os custos registam o seu máximo em 2016, com 1,51 milhões de euros e atingem a estabilidade em ziguezague em 2030, com pontos baixos de 1,21 milhões de euros e pontos altos de 1,22 milhões de euros. As receitas começam nos 0 euros em 2015 e aumento em ziguezague até 2030, com pontos baixos de 5,73 milhões de euros e pontos altos de 11,57 milhões de euros.

Avaliando a Figura 3.32 verifica-se um comportamento em ziguezague do lucro ao longo dos anos, o que se deve ao fato de existir uma alternância na produção de caviar de ano para ano, pois a espécie *A. baerii* possui indivíduos com menor biomassa, logo produzem menos caviar, e o valor do seu caviar no mercado também é mais baixo. Nos primeiros anos o lucro é novamente aumentado pela realização de cultivos alternativos. Quando comparadas as receitas com os custos de produção do cultivo alvo, as receitas apresentam-se 7,12 vezes superiores aos custos de produção (o rácio foi determinado através da média de receitas e custos de um ano de alto lucro com um de baixo lucro).

Em suma, a simulação nº 7 foi orientada para uma elevada produção de caviar de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* em anos alternados, e uma pequena produção de *A. ruthenus* para todos os anos. A simulação mostrou receitas 7,12 vezes superiores aos custos de produção do cultivo alvo. A produção de caviar de forma alternada entre espécies faz com que o lucro não seja constante e apresente uma variação em ziguezague. A realização do cultivo alternativo foi uma mais-valia para o incremento do lucro nos primeiros anos.

Simulação nº8

Na Figura 3.33 apresenta-se a relação entre o número de indivíduos recrutados na fase de engorda, das diferentes espécies, com o decorrer dos anos.

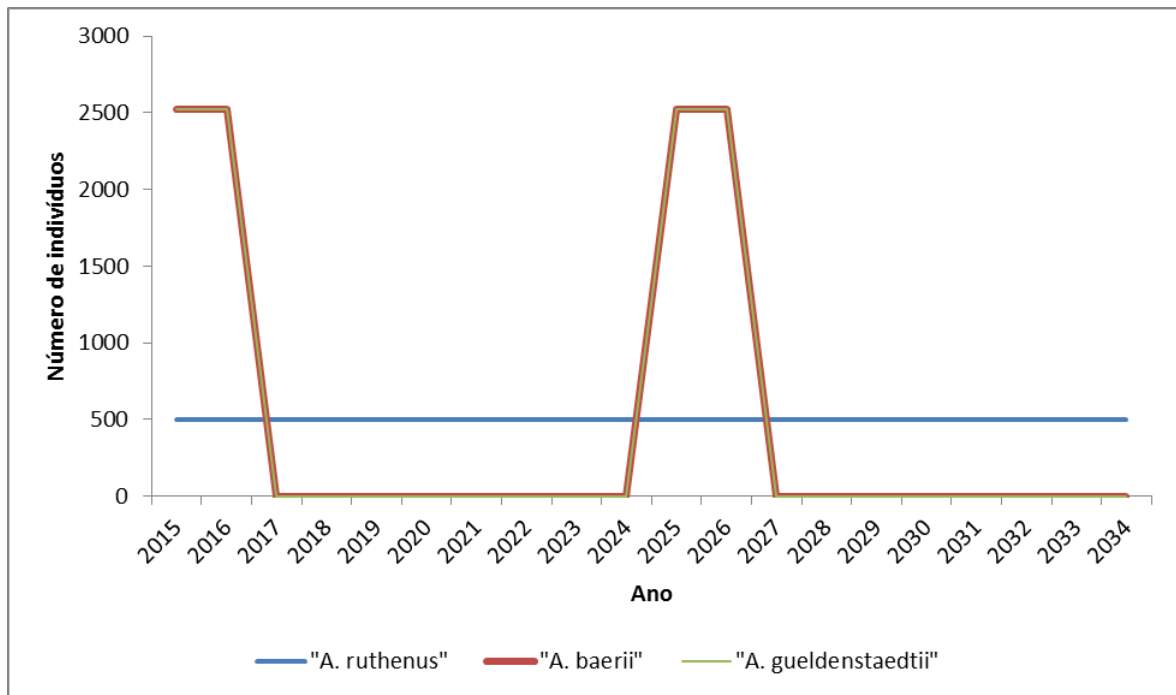


Figura 3.33 - Recrutamentos dos indivíduos de cada espécie para a fase de engorda. Dados pertencentes à simulação nº8.

Na Figura 3.33 os recrutamentos de *A. ruthenus* são sempre constantes nas 500 unidades. Os recrutamentos de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* são de 2500 unidades para cada espécie em 2015 e 2016, voltando a repetir-se só em 2025 e 2026, os restantes anos não apresentam recrutamentos.

Observando a Figura 3.33 nota-se que os recrutamentos de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* apresentam uma distribuição pouco usual, isto deve-se às condições desta

simulação pois pretende-se estudar a produção num cenário em que os indivíduos permaneçam o máximo de tempo nas instalações, pelo sacrifício de poucos indivíduos durante a desova, isto leva também à diminuição dos recrutamentos. Os recrutamentos de *A. ruthenus* apresentam-se como é habitual, pois foi estipulado para esta espécie apenas uma desova.

Na Figura 3.34 faz-se a relação da evolução da biomassa do cultivo de cada espécie em kg, com o decorrer dos anos.

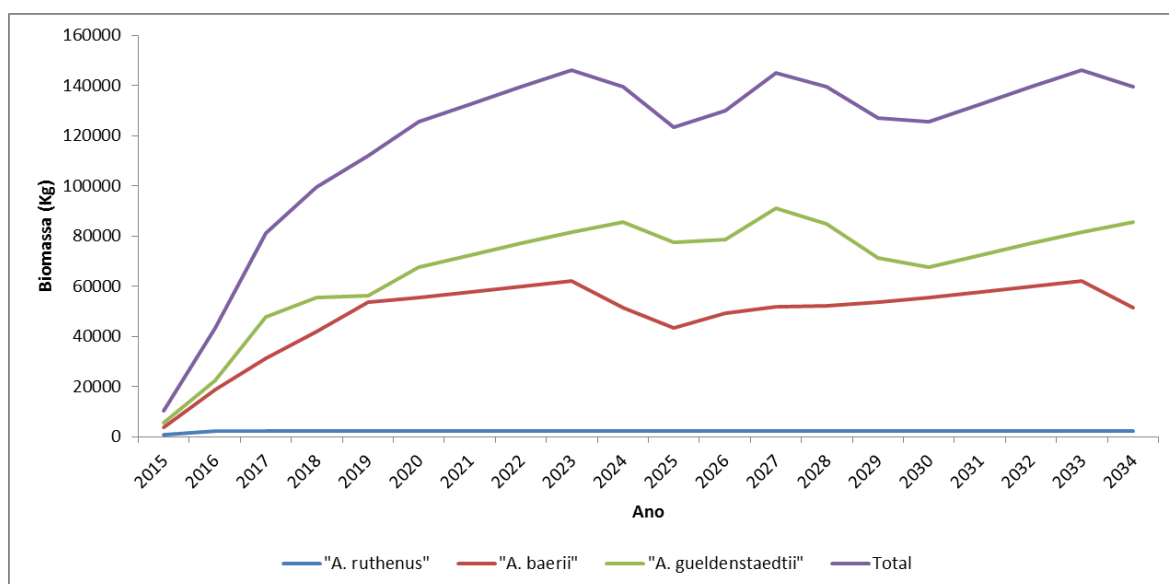


Figura 3.34 - Biomassa em kg do cultivo de cada espécie no final de cada ano. Dados pertencentes à simulação nº8.

Na Figura 3.34 a biomassa total varia entre o mínimo de 10400 kg em 2015 e o máximo de 145960 kg em 2023, que volta a ser atingido em 2033. A biomassa de *A. ruthenus* em 2015 apresenta-se com 770 kg e no ano seguinte atinge a estabilidade de 2240 kg. A biomassa de *A. baerii* varia entre 3950 kg em 2015 e o máximo de 62030 kg em 2023 e em 2033. A biomassa de *A. gueldenstaedtii* varia ente 5720 kg em 2015 e o máximo de 85740 kg em 2024 e em 2034.

Examinando a evolução da biomassa da Figura 3.34 repara-se que esta entra num ciclo de repetições de biomassa. Pois no momento em que a biomassa começa a cair dá-se os recrutamentos de novos indivíduos para compensar as perdas, este passo é repetido ao longo dos anos chegando a um ciclo.

Na Figura 3.35 mostra-se a produção de caviar das várias espécies em kg de biomassa e a respetiva receita em milhões de euros, ao longo de cada ano.

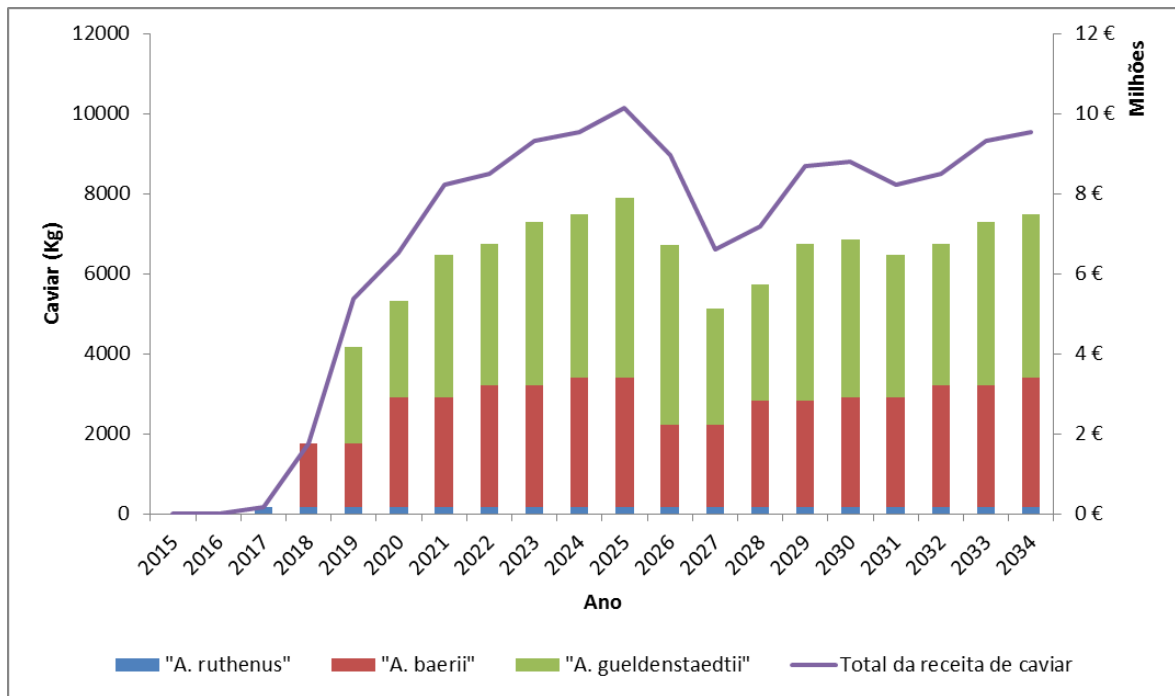


Figura 3.35 - Produção e receita anual de caviar das várias espécies. Dados pertencentes à simulação nº8.

Na Figura 3.35 a produção de caviar inicia-se com a produção de *A. ruthenus* em 2017 com a produção constante de 170 kg por ano. A produção de caviar de *A. baerii* começa com 1600 kg em 2018 e 2019 variando entre o máximo de 3230 kg atingido em 2024, 2025 e 2034. A produção de caviar de *A. gueldenstaedtii* inicia-se com 2400 kg em 2019 e 2020 variando entre o máximo de 4490 kg em 2025 e 2026. As receitas provenientes do caviar variam entre os 0 euros registados em 2015 e 2016 com o máximo de 10,13 milhões de euros em 2025.

Analisando a Figura 3.35 observa-se que a produção de caviar se comporta da mesma maneira que a evolução da biomassa, apresenta um crescimento inicial elevado da produção e mais tarde acaba por entrar em produções de caviar cíclicas.

Na Figura 3.36 apresenta-se a relação entre o valor monetário em milhões de euros e o tempo expresso em anos.

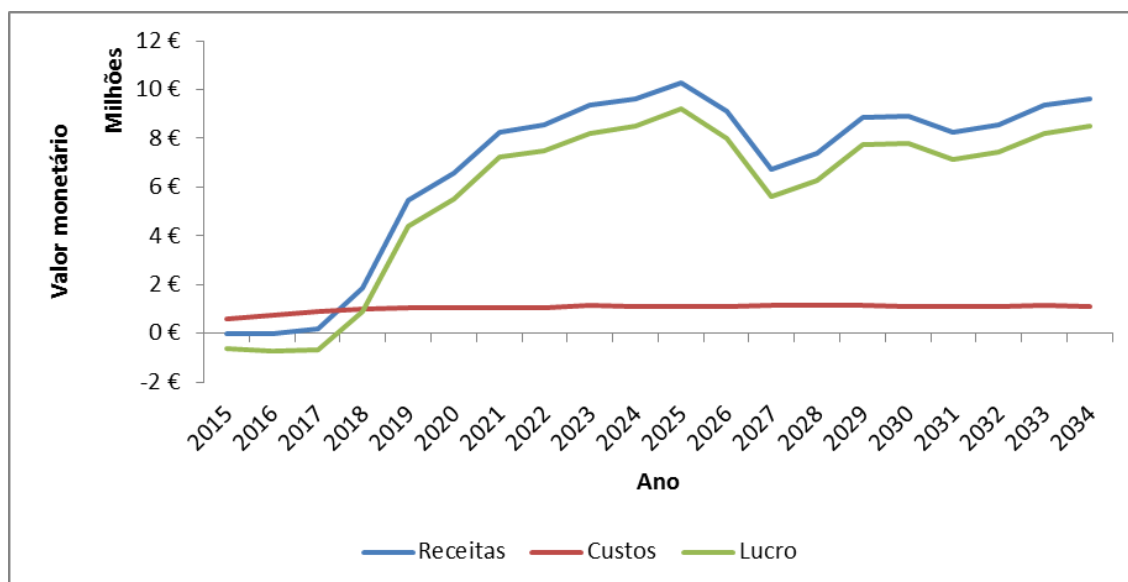


Figura 3.36 - Lucro anual estimado para as receitas e despesas da produção. Dados pertencentes à simulação nº8.

Na Figura 3.36 o lucro mantém-se negativo de 2015 a 2017 e varia entre o mínimo de -750 mil euros em 2016 e o máximo de 9,2 milhões de euros em 2025. Os custos variam entre 600 mil euros em 2015 e 1,15 milhões de euros em 2028. As receitas variam entre 0 euros em 2015 e 10,28 milhões de euros em 2025.

Avaliando o lucro que se mostra na Figura 3.36 nota-se mais uma vez uma tendência cíclica na produção, variando o lucro sempre nos mesmos valores. Desta vez não se realizou qualquer produção alternativa, não se obtendo assim o elevado lucro habitualmente registado nos primeiros anos de produção. Quando comparadas as receitas com os custos de produção obtidos durante um ciclo (do ano 2021 a 2031), as receitas mostram-se 7,85 vezes superiores aos custos de produção.

Em suma, a simulação nº 8 foi orientada para maximizar a produção de uma grande quantidade de caviar de *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii* e uma pequena quantidade de *A. ruthenus*. A simulação apresentou receitas 7,82 vezes superiores aos custos, contudo estes não são constantes mas sim cíclicos. A ausência de um cultivo alternativo levou a um baixo lucro nos primeiros anos.

3.6. Estudo comparativo de receitas e custos estimados

No Quadro 3.3 apresentam-se os resultados do estudo comparativo de receitas e custos estimados. Este faz corresponder o rácio receitas/custo, o lucro estimado, o ano de estabilidade do lucro, a orientação produtiva e a quantidade de biomassa obtida na produção alvo, com as 8 diferentes simulações.

Quadro 3.3 – Resumo comparativo de receitas e custos estimados de todas as simulações.

* - Simulação realizada recorrendo à média dos 2 anos de estabilidade; ** - Simulação realizada recorrendo à média de 10 anos.

Estimativas	Simulações							
	1	2	3	4	5	6	7*	8*
Rácio receitas/custo da produção alvo	5,68	7,6	7,53	2,03	7,63	7,63	7,12	7,82
Lucro estimado da produção alvo em milhões de euros	5,8	7,49	7,37	1,53	7,52	7,52	7,44	7,60
Ano de estabilização do lucro	2019	2031	2032	2031	2031	2031	2030	-
Orientação da produção	Caviar	Caviar	Caviar	Carne	Caviar	Caviar	Caviar	Caviar
Toneladas de carne/caviar da produção alvo	5,2	6,5	5,9	57,7	6,6	6,6	6,6	6,7

No Quadro 3.3 relativamente ao rácio de receita/custo da produção alvo, obtêm-se rácios superiores a 7 para as simulações 2, 3, 5, 6, 7 e 8, sendo que as simulações 5 e 6 apresentam o mesmo valor de 7,63, e a simulação 8 apresenta o valor máximo de 7,82. As simulações 1 e 4 ficam muito aquém das restantes, apenas com 5,68 e 2,03 respetivamente. No que diz respeito ao lucro estimado em euros, as simulações 2, 3, 5, 6, 7 e 8 voltam a apresentar valores mais elevados, com as simulações 5 e 6 a igualarem-se em 7,52 milhões de euros de lucro e a simulação 8 a apresentar o máximo de 7,6. As simulações 1 e 2 mostram outra vez valores relativamente baixos com 5,8 e 1,53 milhões de euros respetivamente. Considerando os anos de alcance da estabilidade, a simulação 1 é a primeira a atingir essa estabilidade, logo em 2019, depois é a simulação 7 em 2030 e

seguem-se as simulações 2,4,5 e 6 que atingem a estabilidade em 2031. A simulação 7 atinge uma estabilidade diferente em ziguezague e a simulação 8 nem a chega a estabilidade. Apresenta-se também a orientação da produção, não como resultado apenas como dado informativo, e observa-se que apenas a simulação 4 é orientada para a produção de carne, e todas as restantes são orientadas para a produção de caviar. Por último, são apresentados os resultados da produção alvo consoante a sua orientação. Dentro das simulações orientadas para a produção de caviar, a simulação 1 é a que apresenta a menor produção com 5,2 toneladas produzidas, seguem-se a simulação 3 com 5,9 toneladas e a simulação 2 com 6,5 toneladas produzidas. As simulações 5, 6 e 7 apresentam a mesma produtividade de caviar com 6,6 toneladas produzidas, por último e com a máxima produção registada encontra-se a simulação 8 com 6,7 toneladas produzidas.

Analisando o Quadro 3.3 comparando o rácio de receitas/custos das diferentes simulações nota-se que a simulação 8 é a que apresenta melhor rácio, relativamente perto desta encontram-se as simulações 2, 3, 5, 6 e 7. Todas as simulações possuem uma produção orientada para caviar e o ciclo de vida das espécies é realizado até à sexta desova (excluindo *A. ruthenus*). Estas características são a chave para a supremacia destas 6 simulações. Dentro destas podemos ainda destacar a simulação 8, que se distancia um pouco das outras, isto deve-se à forma como os recrutamentos e vendas de indivíduos são efetuados. A política de preservação dos indivíduos durante mais tempo nas instalações leva a uma diminuição dos custos para as mesmas receitas obtidas, tendo um grande impacto no rácio receitas/custos. Exatamente por esta razão, a simulação 1 não apresentou resultados tão viáveis, pois todos os cultivos eram finalizados logo após a primeira desova. A simulação 4 mostrou um rácio de receitas/custo muito aquém das restantes simulações devido à sua orientação para a produção de carne.

Relativamente ao lucro anual estimado para a produção alvo, não existem grandes surpresas mantendo as mesmas simulações 2, 3, 5, 6, 7 e 8 como as mais lucrativas, aparecendo novamente a simulação 8 em primeiro lugar. Isto deve-se novamente à orientação da produção, para caviar ou carne, e aos ciclos de vida das espécies, que preservem os indivíduos durante mais ou menos tempo.

No que diz respeito ao ano em que cada simulação alcança a estabilidade, destaca-se consideravelmente a simulação 1, devido ao curto ciclo de vida das espécies. Esta

prática tem grande influência nos lucros finais, como se constatou anteriormente. A simulação 8 não chega a atingir a estabilidade pois as entradas de indivíduos também não são constantes, contudo esta apresenta um ciclo de anos que se repete ao longo do tempo. As restantes simulações atingem a estabilidade entre os anos 2030 e 2032, apesar dos ciclos de vida das espécies serem iguais entre simulações, a estabilidade é alterada. Tal situação deve-se a pequenos acertos de biomassas nas produções alvo através da venda de indivíduos.

A produtividade da produção alvo pode ser vista como a capacidade que uma unidade tem de colocar produtos no mercado. Dentro da produção de caviar destaca-se a simulação 8 com a maior quantidade de caviar produzida. Nota-se que o cálculo da produção alvo desta simulação parte de uma média de 10 anos, uma vez que não atinge a estabilidade de produção sofrendo assim alterações de ano para ano não tendo sempre a mesma quantidade de produtos disponível. O mesmo acontece para a simulação 7, mas para uma média de 2 anos. As simulações 2, 3, 5 e 6 apresentam uma produção de caviar fixa e relativamente próxima da produção da simulação 8. A simulação 1 também possui uma produção fixa mas com uma expressão menor. Relativamente à produção de carne só foi realizada uma simulação não sendo possível a comparação com outras, contudo esta apresenta uma produção de caviar certa de metade da produção da simulação 1.

No Quadro 3.3 pode-se observar que as simulações 5 e 6 apresentam resultados idênticos, apenas diferindo estas duas simulações na ocorrência durante os primeiros anos como foi explicado anteriormente.

Resume-se do estudo comparativo de receitas e custos estimados, que a simulação 8 aparenta ser a mais viável pelos seus níveis produtivos alcançados, contudo esta produtividade não é constante ao longo do anos e sofre oscilações na produção de ano para ano, não sendo capaz de oferecer estabilidade produtiva para os mercados. As simulações 2, 3, 5 e 6 apresentam níveis igualmente promissores e conseguem disponibilizar no mercado uma produção constante dos produtos. Destas simulações, as 5 e 6 disponibilizam uma quantidade de produtos mais ampla e uma maior produção, podendo atingir outros nichos de mercado, sendo que a simulação 5 se destaca nos primeiros anos, devido à produção alternativa. A simulação gerada com fim à produção de carne mostrou uma elevada

produtividade durante todos os anos, contudo o lucro estimado não é sequer comparável com as restantes simulações.

Assim conclui-se, que as simulações mais lucrativas foram orientadas para a produção de caviar. Destas distinguem-se as simulações 5 e 6, pela sua elevada produtividade e diversidade de produtos, constante após atingir a estabilidade.

O cultivo alvo que mais se destacou foi o cultivo de *A. gueldenstaedtii*, devido grande dimensão atingida pelos indivíduos e ao seu caviar, que possui um valor de mercado mais elevado.

No cultivo alternativo a espécie que obteve melhores resultados foi *A. ruthenus*, pois possui um ciclo de vida relativamente curto e possibilita a produção caviar em poucos anos.

4. CONCLUSÕES

4.1. Conclusões gerais

Os trabalhos realizados no âmbito desta tese de mestrado basearam-se em dados experimentais obtidos quer em fontes bibliográficas, quer em trabalhos experimentais realizados numa unidade aquícola de esturjão, que suportaram a elaboração de um modelo do ciclo produtivo do ponto de vista biológico e económico, para as várias espécies (*A.ruthenus*, *A.baerii*, *A. gueldenstaedtii* e o híbrido *bester*).

Criou-se um modelo produtivo de uma unidade aquícola de esturjão e realizou-se a aplicação teórica dessa modelação para 8 cenários produtivos diferentes, que abrangeram oito cenários diferentes, e foram discutidas as suas aplicações práticas.

Os resultados obtidos por através modelo permitiram obter uma visão do comportamento evolutivo do cultivo para as várias espécies usadas, bem como para a sua produção, e também permitiu estimar o respetivo lucro, para os diferentes cenários. Desta forma, foi possível constatar que os melhores resultados económicos tendem a ser obtidos nos cenários que realizam ciclos de vida mais longos e que preservam os indivíduos mais tempo nas instalações (nomeadamente as espécies *A. baerii*, *A. gueldenstaedtii* e híbrido *bester*). Quando realizado o cultivo orientado para a produção de caviar e com a preservação dos indivíduos durante seis desovas (perfazendo ciclos de 14 anos para *A. baerii* e *bester*, e de 15 para *A. gueldenstaedtii*).

Os resultados obtidos também apontaram para que os ciclos de vida longos das espécies (*A. baerii* e *A.gueldenstaedtii*, quando preservadas durante seis desovas) tenham necessitado 15 anos até atingir a produção máxima, com um retorno estimado em 7,52 milhões de euros em 2031 para as simulações 5 e 6. Uma vez que os cultivos das espécies *A.baerii* e *A. gueldenstaedtii* foram sendo mantidos durante 14 e 15 anos (excluído na simulação 1), respetivamente, ocorreu uma contínua sobreposição de gerações de ano para ano (a partir de 2030, mantiveram se sempre nas 14 e 15 sobreposições para *A. baerii* e *A. gueldenstaedtii*, respetivamente), isto levou a um aumento relativamente lento da biomassa de cultivo dentro da unidade aquícola. Desta forma, nos anos iniciais a biomassa total é baixa, quando comparada com a capacidade das instalações de produção, não tirando partido da capacidade total desta.

Este problema foi minimizado com a introdução no modelo produtivo da aquicultura de espécies de esturjão com ciclos de vida mais curtos (*A.ruthenus* com um de 3 anos e o híbrido *bester* com ciclos de 1 a 2 anos, quando orientado para a produção de carne) ocupando as infraestruturas livres da unidade durante os períodos em que as espécies do cultivo principal (com ciclos de vida de 14-15 anos) estavam em crescimento. Desta forma, o modelo produtivo considerou que os cultivos das espécies *A.baerii* e *A.gueldenstaedtii* ficaram a aumentar a sua biomassa até 15 anos de produção (excluído a simulação 1), altura em que as primeiras gerações completavam o seu ciclo de vida, após perfazem o máximo de seis desovas.

4.2. Validade dos resultados e limitações do trabalho

O modelo criado no âmbito deste trabalho foi apenas delineado para 4 espécies de esturjão e para as condições de cultivo limitadas (condições de temperatura entre 20 e 23°C, praticas alimentar e de cultivo). Também importa realçar que os preços de mercado quer do caviar, quer da carne de esturjão não são estáveis no tempo, sofrendo constantes alterações

Pretende-se aplicar e melhorar este modelo num projeto de uma unidade aquícola de esturjão, que se já está a desenvolver de raiz, como forma de testar a sua eficiência e realizar a sua validação prática. Pretende-se também continuar a desenvolver este método tornando-o mais preciso e aplicável a outras espécies de esturjão, com interesse económico.

4.3. Inovação do trabalho

Este trabalho permitiu desenvolver técnicas de maximização das infraestruturas de uma unidade aquícola de esturjão, recorrendo à gestão de espécies com diferentes ciclos de vida (curtos e longos) para preencher lacunas de biomassa nas instalações.

Também é inovador pela criação de um modelo de projeção de uma aquicultura que até ao momento não há conhecimento de outro similar na literatura científica.

4.4. Aplicação prática deste trabalho

O modelo desenvolvido neste trabalho permite fazer uma projeção de uma unidade aquícola de esturjão a longo prazo, para as espécies *A. ruthenus*, *A. baerri*, *A.*

gueldenstaedtii e híbrido *bestier*, tendo apenas por base a introdução de dados referentes ao ciclo produtivo das quatro espécies, indicação do valor de mercado corrente do caviar e carne, com a introdução das despesas de operação e custo de consumíveis. Avalia ainda as infraestruturas necessárias à produção.

O modelo dá resultados relativos às receitas e custos estimados, nomeadamente a indicação do financiamento inicial para o funcionamento da unidade aquícola, permitindo saber quando é que este financiamento pode passar a ser ressarcido e a ter lucro, estipulando o lucro gerado com o funcionamento máximo das instalações.

O modelo é uma ferramenta útil no caso de expandir a produção, pois fornece as alterações necessárias nas infraestruturas e a forma como atuar a nível produtivo.

4.5. Trabalhos futuros

Pretende-se realizar a aplicação prática do modelo criado numa aquacultura de esturjão, de forma a verificar a sua eficácia e obter a sua validação prática.

O modelo será aperfeiçoado e aplicável a outras espécies de interesse comercial. Também se irá realizar uma contínua aquisição de dados com vista a abranger diferentes condições de cultivo e a melhorar a projeção dos resultados obtidos.

A publicação de dados será realizada salvaguardando o sigilo profissional.

5. Referências bibliográficas

Bijo, P. A. (2007). Feasibility study of a recirculation aquaculture system. Malaysian Fisheries Development Authority. Kuala Lumpur, Malaysia

Birstein, V. J., Bauer, A. & Kaiser-Pohlmann, A. (1997). Sturgeon Stocks and Caviar Trade Workshop. IUCN (International Union for Conservation of Nature) Species Survival Commission.

Blancheton, J. P.(2002). *Developments in Recirculation System for Mediterranean Species*. Science Direct, Aquaculture Engineering Volume 22

Bronzi, P., Rosenthal, H. & Gessner, J. (2011). Global sturgeon aquaculture production an overview. *Journal of Applied Ichthyology*. 27: 169–175

Burtzev, I.A. (1999) The History of Global Sturgeon Aquaculture. *Journal oh Applied Ichthyology*. 15, 325.

Cassamo, A.I.X. (2012). *Aquicultura em Portugal, Produção intensiva de Pregado (Psetta maxima)*. Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Castro, P. S. C. (2008). *Determinação da melhor localização para implementação de jaulas oceânicas ao largo de Portugal continental com recurso a análise multi-critério geo-espacial*. Departamento de Biologia Animal, Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa, Lisboa.

Coppens (2007). *Manual on Sturgeon Reproduction*. Coppens International bv. Netherland.

Despacho Conjunto nº 420/2006, de 25 de Maio. *Diário da Republica nº 101 – II Série*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Lisboa.

Ercan, E. (2011). A glance on sturgeon farming potential of Turkey. *Internentional Aquatic Research*. 3: 117-124.

FAO, Fisheries and Aquaculture Department (2009). *Fish as feed inputs for aquaculture - Practices, sustainability and implications*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome

FAO, Fisheries and Aquaculture Department (2010). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome

FAO, Fisheries and Aquaculture Department (2012). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome

FAO, Fisheries and Aquaculture Department (2013). *Sturgeon Hatchery Manual*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Ankara

FAO, Fisheries and Aquaculture Department (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome

Froese, R. & Pauly, D. (eds.) 2005. *FishBase*, World Wide Web electronic publication. Disponível em [http: <www.fishbase.org>](http://www.fishbase.org), version (010/2013). Consulta em dezembro de 2013.

Helfrich, L. A., & Libey, G. (1990). Fish farming in recirculating aquaculture systems (RAS). Department of Fisheries and Wildlife Sciences, Virginia Tech. Virginia

Johnston C. & Jungalwalla P. (2005). Aquatic Animal Welfare Guidelines: Guidelines on welfare of fish and crustaceans in aquaculture and/or in live holding systems for human consumption. National Aquaculture Council Inc., Deakin, Australia.

Lenhardt, M., Jarić, I., Cvijanović, G., Smederevac-Lalić, M., Gačić, Z., Mićković, B. & Nikčević, M. (2010). Sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) as an object of research, fishery and aquaculture in Serbia. *38th Conference of the International Association for Danube Research*. Germany

Martins, C. I. M., Eding. E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., Roque d'Orbcastel, E. & Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*. 43 (3): 83-93.

Mestre, P. (2008). *Elaboração de um Projecto de uma Unidade de Piscicultura*. Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa.

Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas – Direcção-Geral das Pesca e Aquicultura. (2007). *Plano Estratégico Nacional para a Pesca 2007 – 2013*. MADRP-DGPA. Lisboa.

Ocean2012. (2012). *Dia da Dependência do Pescado – Portugal*.

Tidwell, J. H. (2012). *Aquaculture Production Systems*. Kentucky State University. Division of Aquaculture. Frankfort, Kentucky, USA

Williot, P., Brun, R., Rouault, T., Pelard, M., Mercier, D. & Ludwig, A. (2005). Artificial spawning in cultured sterlet sturgeon, *Acipenser ruthenus* L., with special emphasis on hermaphrodites. *Aquaculture* 246, 263-273.

IUCN, 2014. *Red List of Threatened Species*. Disponível em <www.iucnredlist.org> versão 2014.2. Consulta em Setembro de 2014.

6. Anexos

Apêndice A. – Quadros e figuras de informação complementar, que não servem os objetivos da tese.

Quadro 6.1 - Produção aquícola por região: quantidade e percentagem da produção mundial
(Adaptado de FAO, 2014).

Grupos e países selecionados	Quantidade	Anos					
		1990	1995	2000	2005	2010	2012
África	(Toneladas)	81 015	110 292	399 688	646 182	1 286 591	1 485 367
	(Percentagem)	0,62	0,45	1,23	1,46	2,18	2,23
Norte de África	(Toneladas)	63 831	75 316	343 986	545 217	928 530	1 030 675
	(Percentagem)	0,49	0,31	1,06	1,23	1,57	1,55
África Subsariana	(Toneladas)	17 184	34 976	55 702	100 965	358 062	454 691
	(Percentagem)	0,13	0,14	0,17	0,23	0,61	0,68
América	(Toneladas)	548 479	919 571	1 423 433	2 176 740	2 581 089	3 187 319
	(Percentagem)	4,19	3,77	4,39	4,91	4,37	4,78
Caraíbas	(Toneladas)	12 169	28 260	39 704	29 790	37 301	28 736
	(Percentagem)	0,09	0,12	0,12	0,07	0,06	0,04
América Latina	(Toneladas)	179 367	412 650	799 234	1 478 443	1 885 965	2 565 107
	(Percentagem)	1,37	1,69	2,47	3,34	3,19	3,85
América do Norte	(Toneladas)	356 943	478 661	584 495	668 507	657 823	593 476
	(Percentagem)	2,73	1,96	1,80	1,51	1,11	0,89
Ásia	(Toneladas)	10 801 531	21 677 062	28 420 611	39 185 417	52 436 025	58 895 736
	(Percentagem)	82,61	88,90	87,67	88,46	88,82	88,39
China	(Toneladas)	6 482 402	15 855 653	21 522 095	28 120 690	36 734 215	41 108 306
	(Percentagem)	49,58	65,03	66,39	63,48	62,22	61,69
Ásia Central e Ocidental	(Toneladas)	72 164	65 602	122 828	190 654	259 781	311 133
	(Percentagem)	0,55	0,27	0,38	0,43	0,44	0,47
Ásia do Sul e Oriental (excluindo China)	(Toneladas)	4 246 965	5 755 807	6 775 688	10 874 073	15 442 028	17 476 296
	(Percentagem)	32,48	23,61	20,90	24,55	26,16	26,23
Europa	(Toneladas)	1 601 649	1 581 359	2 052 567	2 137 340	2 548 094	2 880 641
	(Percentagem)	12,25	6,49	6,33	4,83	4,32	4,32
União Europeia (28 Membros)	(Toneladas)	1 033 857	1 182 098	1 400 667	1 269 958	1 280 236	1 259 971
	(Percentagem)	7,91	4,85	4,32	2,87	2,17	1,89
Outros Países Europeus	(Toneladas)	567 792	399 261	651 900	867 382	1 267 858	1 620 670
	(Percentagem)	4,34	1,64	2,01	1,96	2,15	2,43
Oceânia	(Toneladas)	42 005	94 238	121 482	151 466	185 617	184 191
	(Percentagem)	0,32	0,39	0,37	0,34	0,31	0,28
Mundo	(Toneladas)	13 074 679	24 382 522	32 471 781	44 297 145	59 037 416	66 633 253

Quadro 6.2 - Produção e utilização dos produtos da pesca e aquicultura (Adaptado de FAO, 2014).

		2007	2008	2009	2010	2011	2012
PRODUÇÃO		(milhões de toneladas)					
Captura	Em Terra	10,1	10,3	10,5	11,3	11,1	11,6
	No Mar	80,7	79,9	79,6	77,8	82,6	79,7
	Total de Captura	90,8	90,1	90,1	89,1	93,7	91,3
Aquicultura	Em Terra	29,9	32,4	34,3	36,8	38,7	41,9
	No Mar	20,0	20,5	21,4	22,3	23,3	24,7
	Total de Aquicultura	49,9	52,9	55,7	59,0	62,0	66,6
Total Mundial de Pescas		140,7	143,1	145,8	148,1	155,7	158,0
UTILIZAÇÃO							
Consumo Humano		117,3	120,9	123,7	128,2	131,2	136,2
Utilização não-alimentar		23,4	22,2	22,1	19,9	24,5	21,7
População (mil milhões)		6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1
Fornecimento de peixe <i>per capita</i> (Kg)		17,6	17,9	18,1	18,5	18,7	19,2

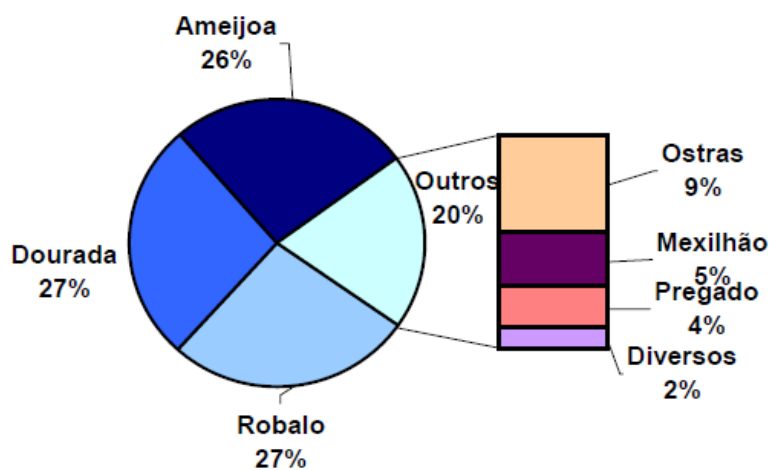


Figura 6.1 - Composição específica da produção aquícola de Portugal no ano de 2005 em águas salgadas e salobras (fonte: MADRP-DGPA, 2007)

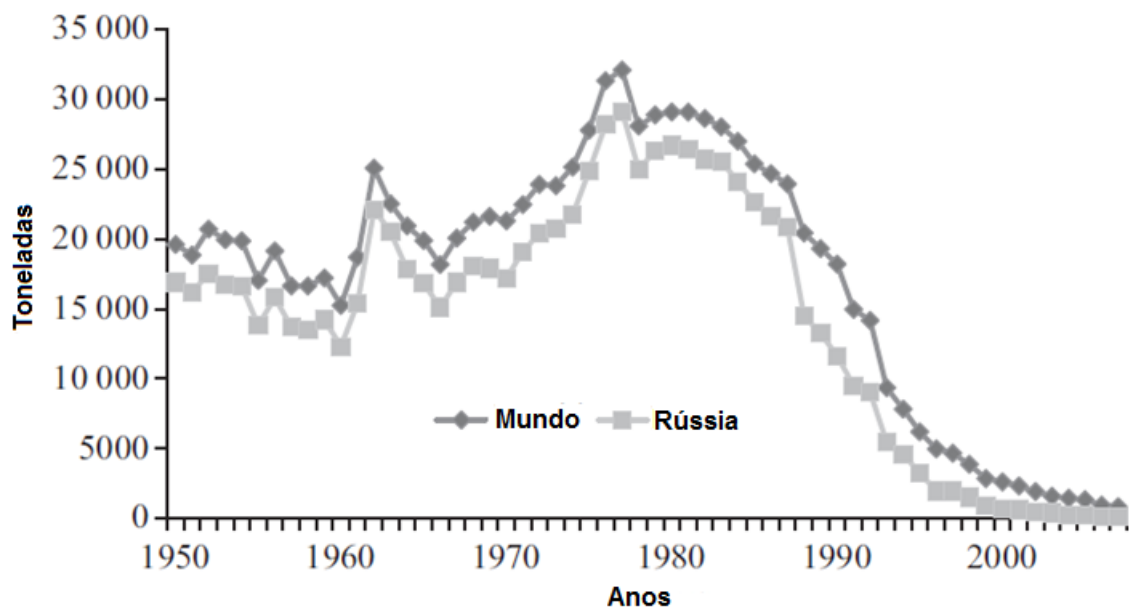


Figura 6.2 - Tendência geral da pesca de esturjão a nível mundial, destacando-se a dominância da Rússia (adaptado de Bronzi *et al*, 2011).

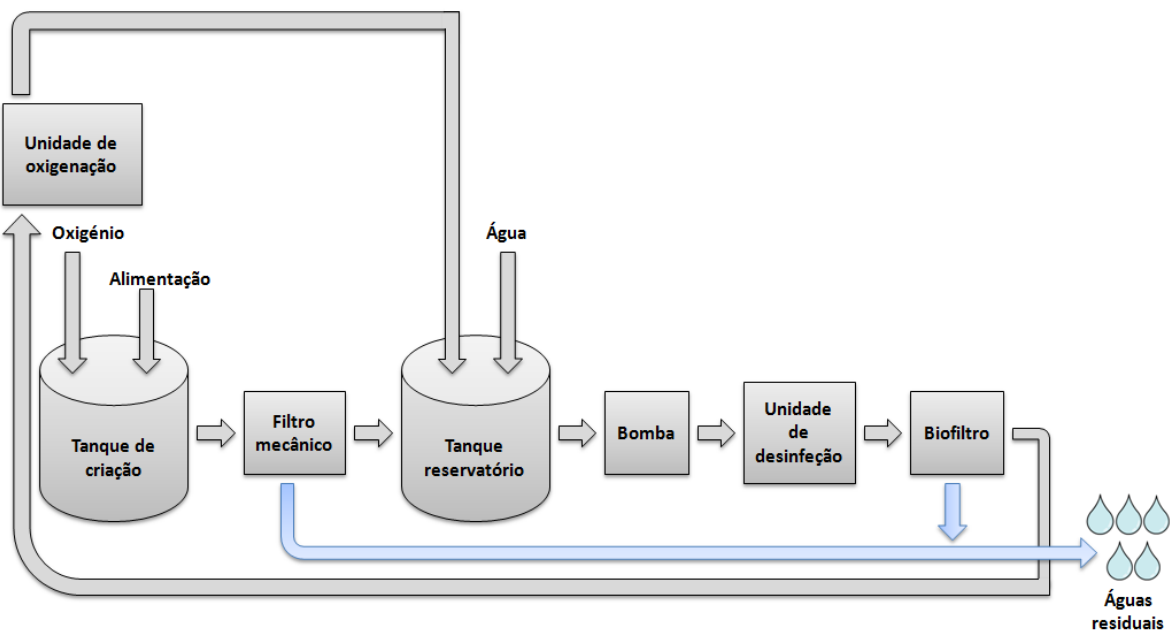


Figura 6.3 - Esquema de um RAS (adaptado de Blancheton, 2002).