

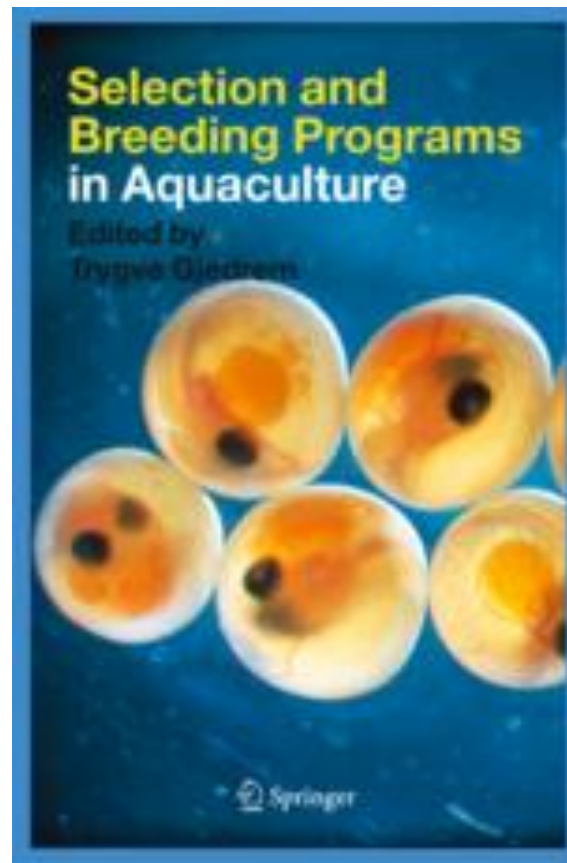
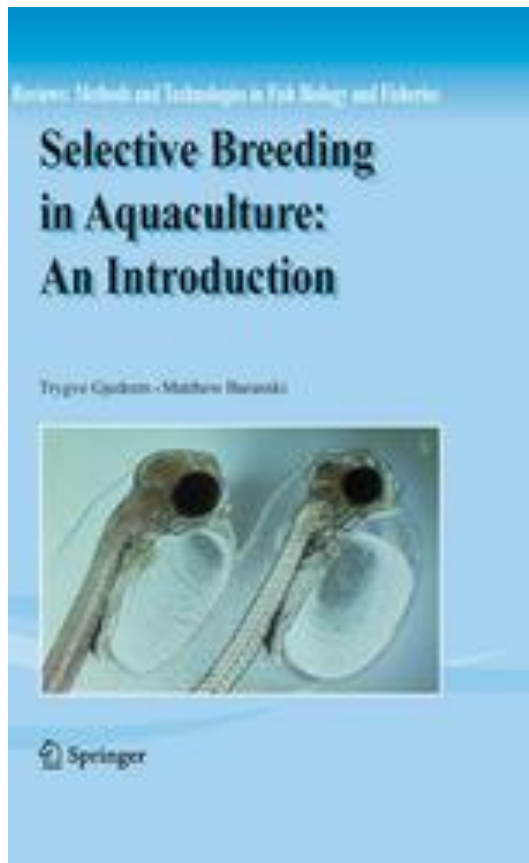
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA 'JÚLIO MESQUITA FILHO'
Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento Animal

MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES AQUÍCOLAS

Pós-Graduanda: Grazyella Massako Yoshida
Orientador: Pesq. Dr. Roberto Carneiro

Jaboticabal, 14 de setembro de 2015

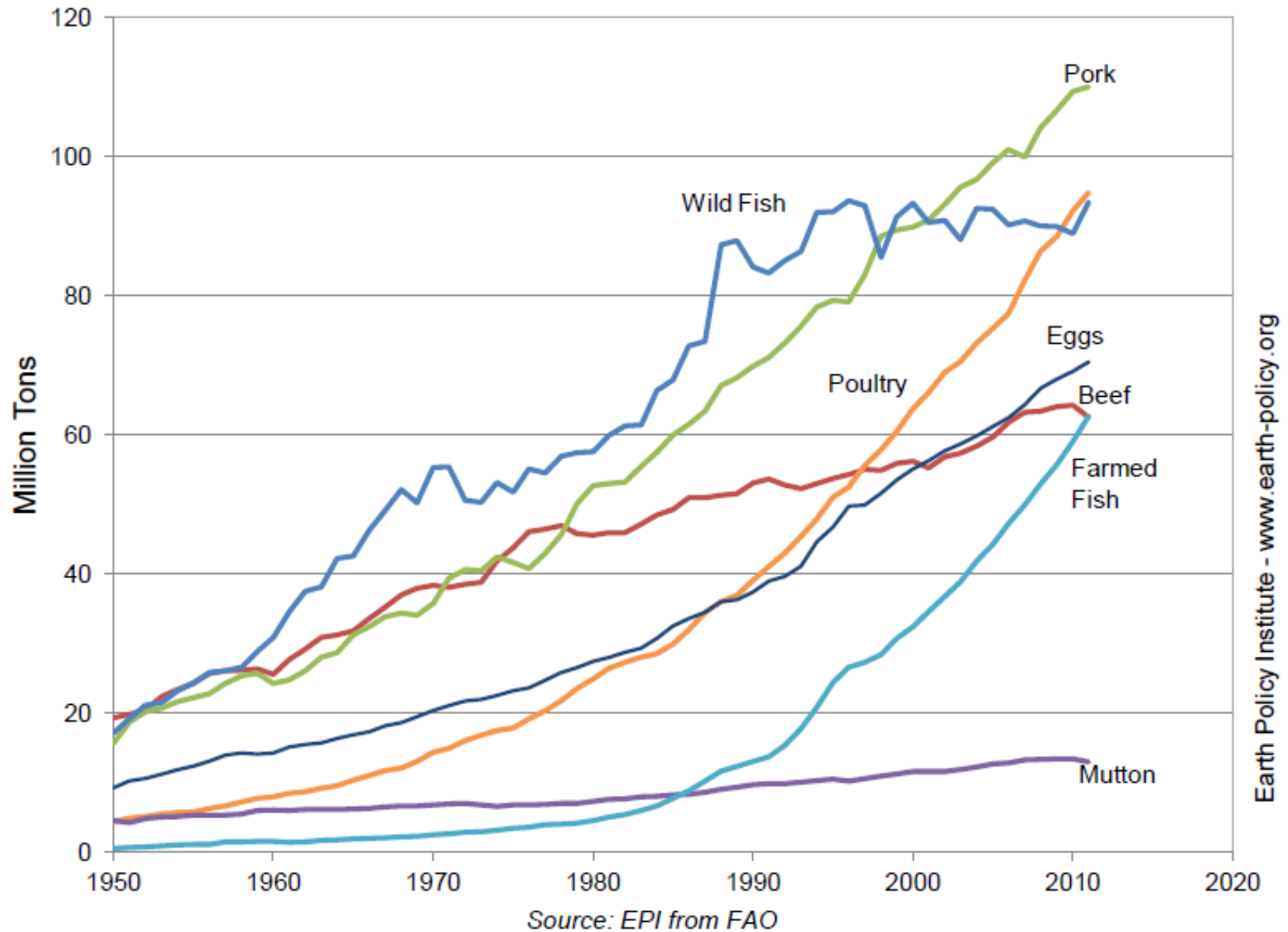
TEXTOS DE APOIO



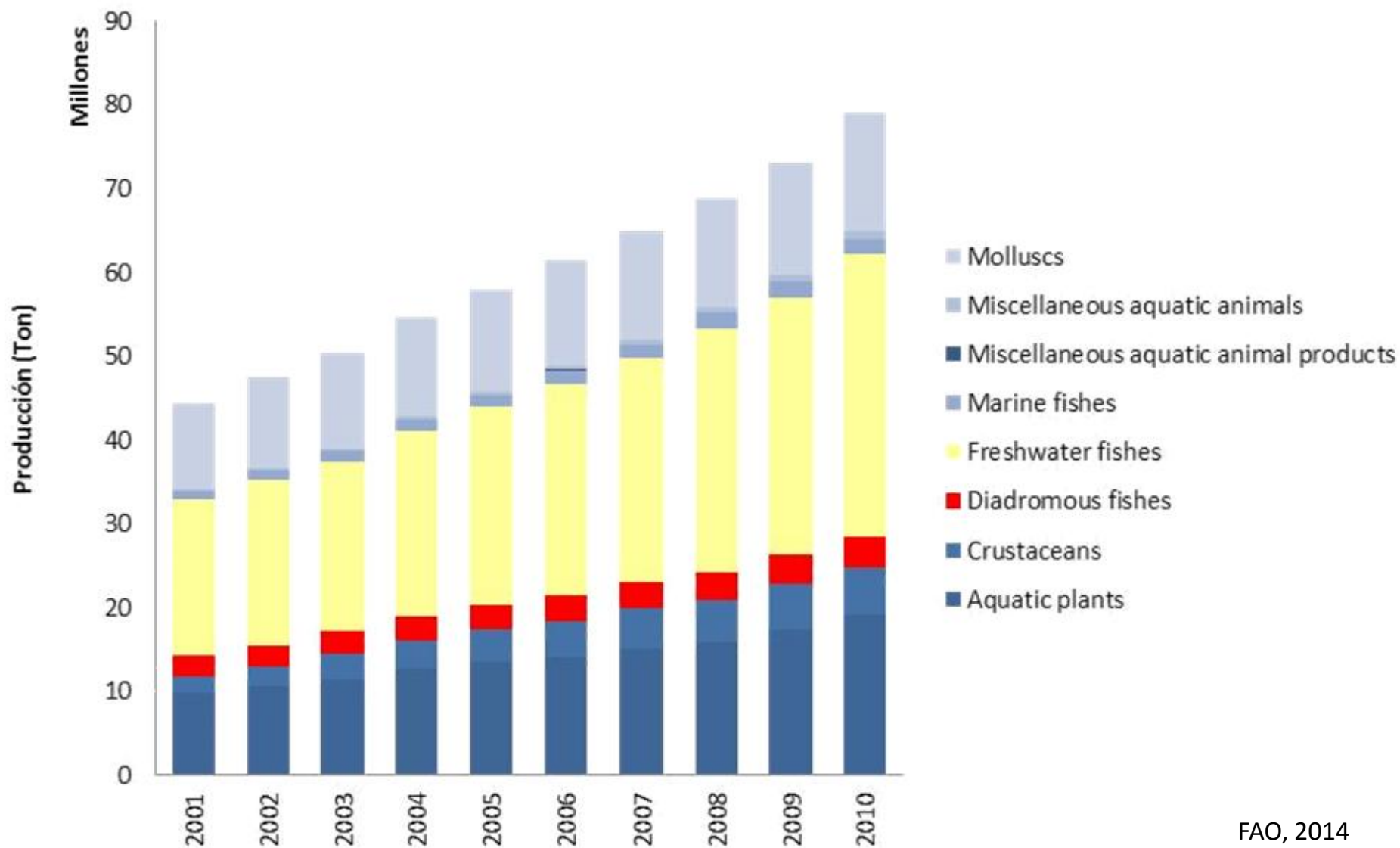
CRONOGRAMA

1. Evolução aquícola;
2. Produção aquícola;
3. Aquicultura no Brasil;
4. Histórico do Melhoramento Genético Aquícola;
5. Espécies aquícolas vs espécies terrestres;
6. Objetivos e critérios de seleção;
7. Melhoramento genético de salmonídeos:
 1. Ganhos com o melhoramento (Salmão Coho, Truta e Salmão do Atlântico);
8. Melhoramento genético de tilápias;
 1. Histórico;
 2. Fases do programa;
 3. Resultados;
9. Melhoramento genético de espécies nativas;
10. Melhoramento genético de camarões;
11. Melhoramento genético de ostras;
12. Perspectivas futuras;
13. Desafios futuros.

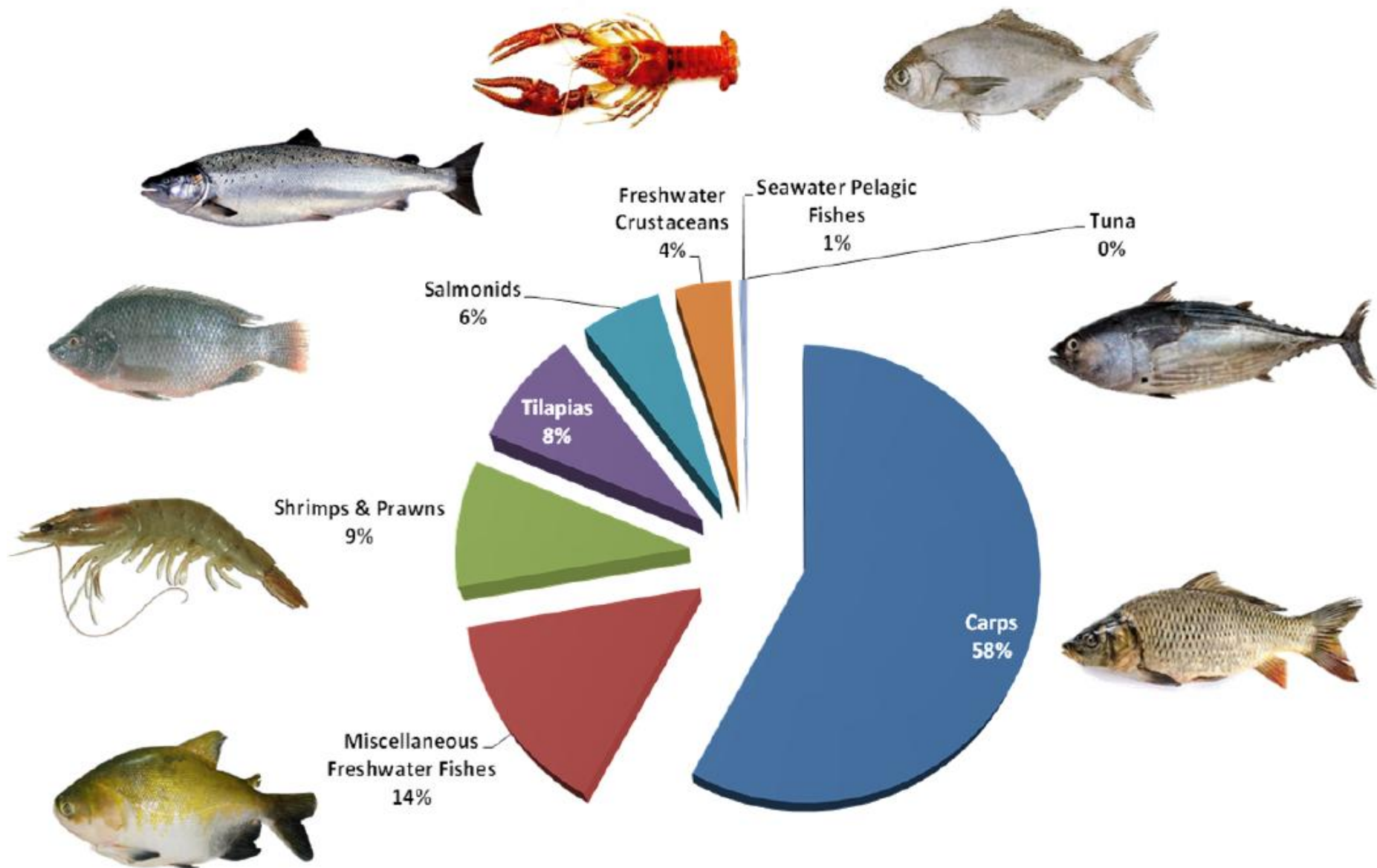
PRODUÇÃO MUNDIAL DE PROTEÍNA DE ORIGEM ANIMAL POR ESPÉCIE (1950-2011)



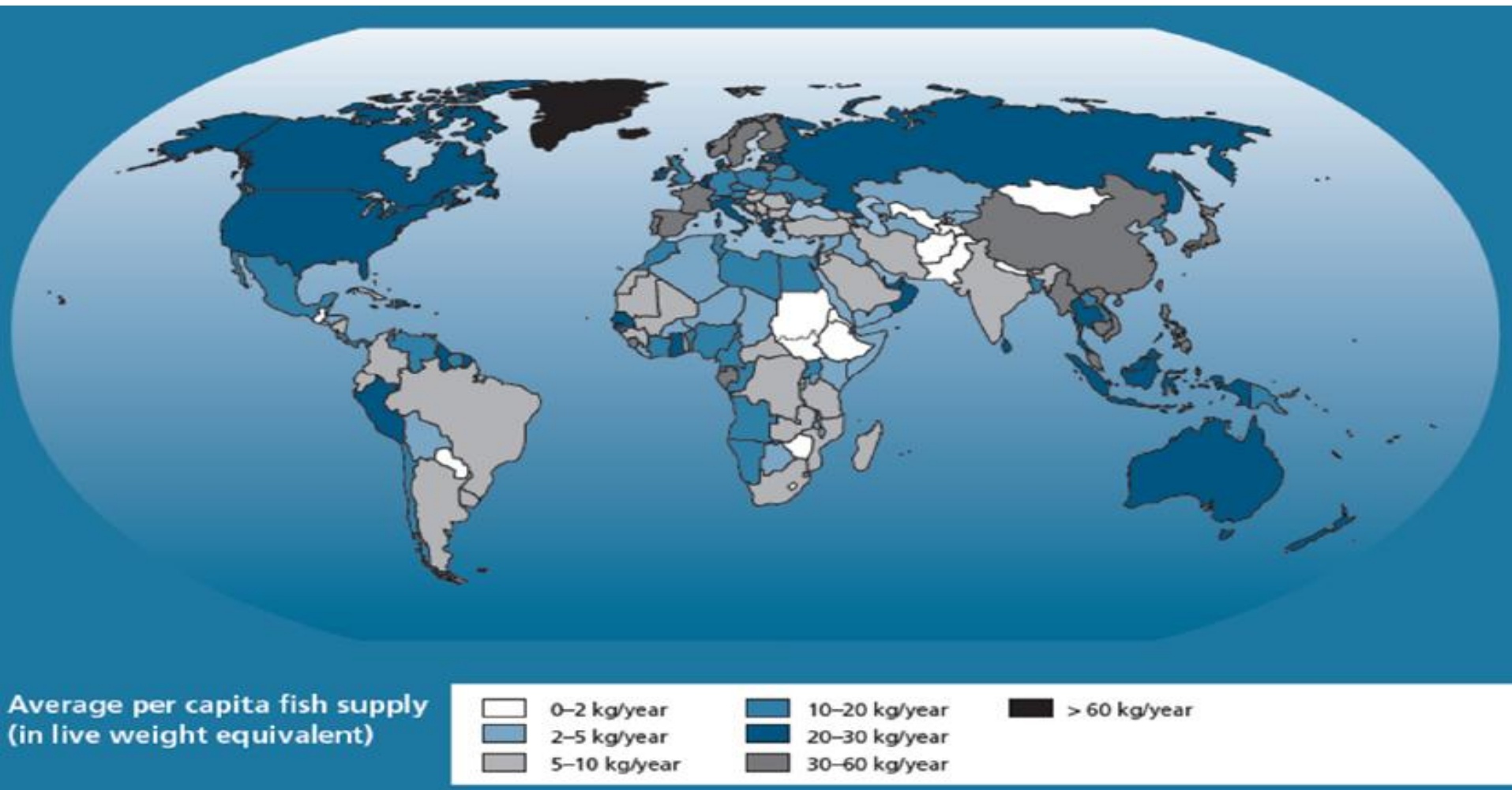
PRODUÇÃO AQUÍCOLA POR ESPÉCIE



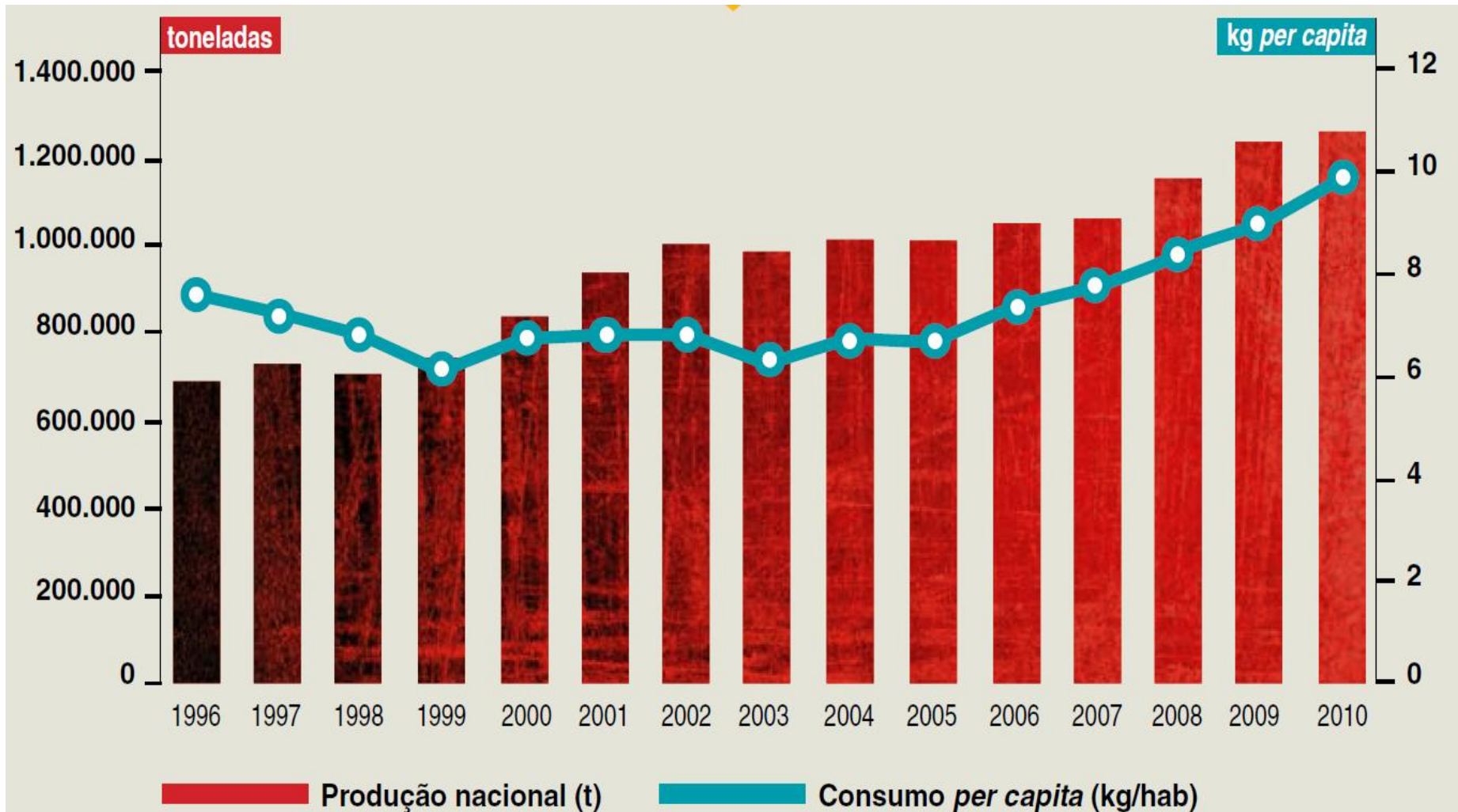
ESPÉCIES MAIS PRODUZIDAS



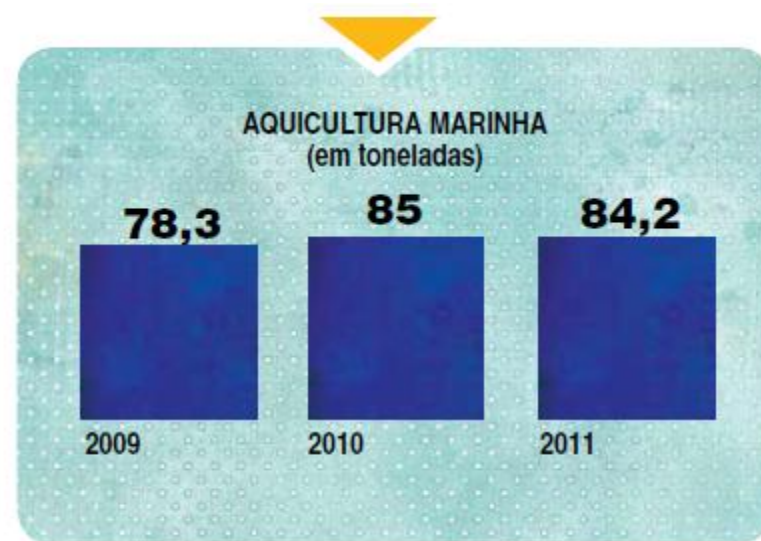
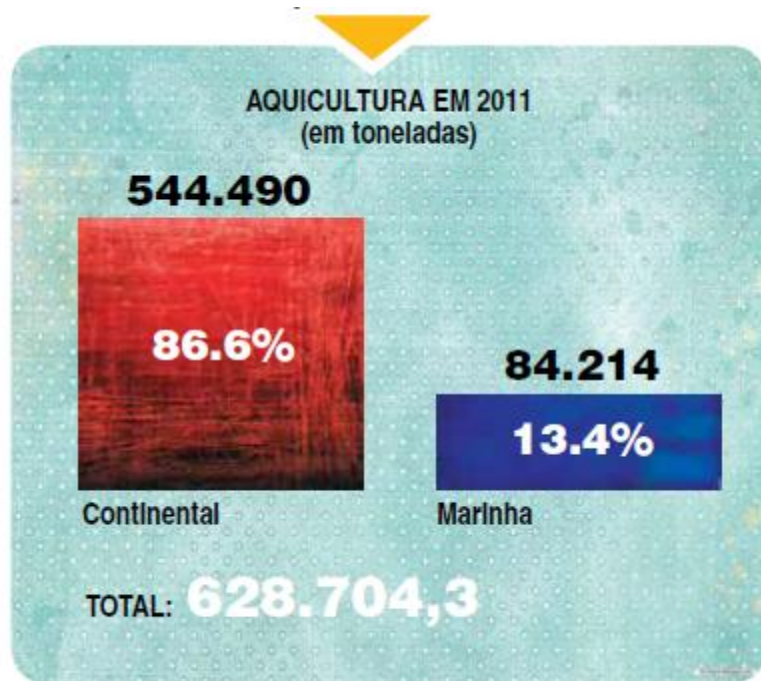
MÉDIA DO CONSUMO PER CAPITA DE PEIXE (2008-2010)



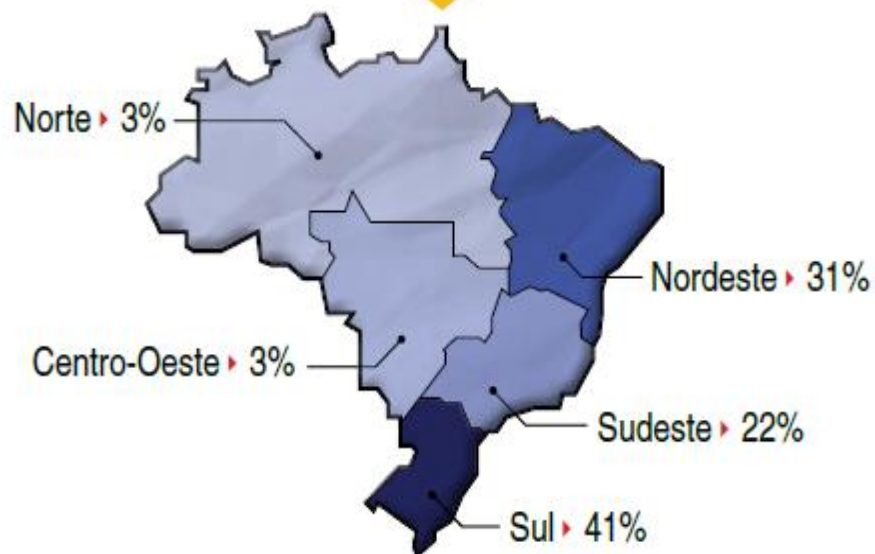
SITUAÇÃO ATUAL DA AQUICULTURA NO BRASIL



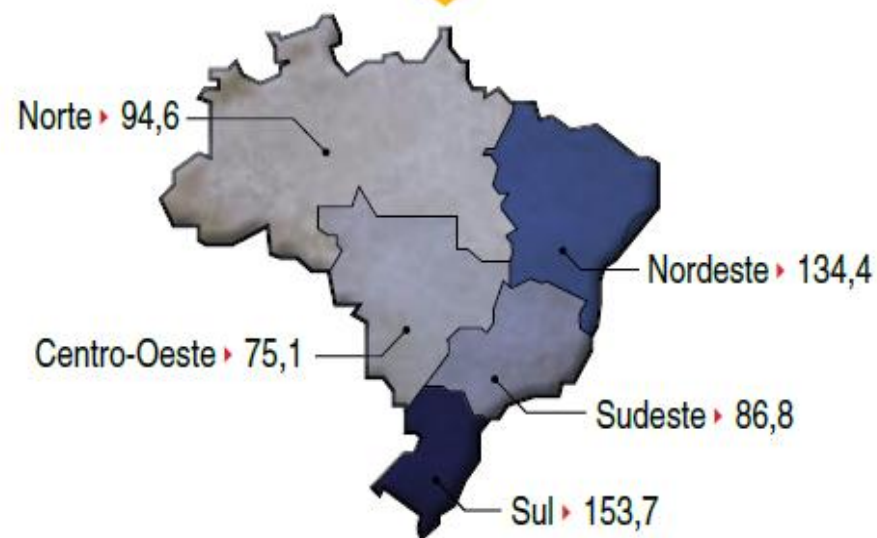
EVOLUÇÃO DA AQUICULTURA



PRODUÇÃO POR REGIÃO



PRODUÇÃO DA PISCICULTURA POR REGIÃO (2011) EM MIL TONELADAS

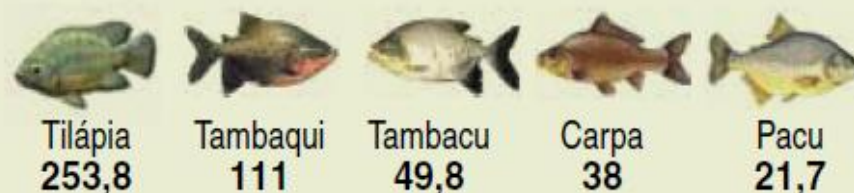


PRODUÇÃO NACIONAL EM TONELADAS



Fonte: Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011

PRODUÇÃO POR ESPÉCIES (2011) (em mil toneladas)



Fonte: Boletim Estatístico da Pesca e da Aquicultura 2011

HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO AQUÍCOLA

- ✓ 5.000 anos: Domesticação – seleção massal;
- ✓ 300 anos: China;
- ✓ 1919 – EUA:
 - ✓ *Salvelinus fontinalis* – taxa de sobrevivência;
- ✓ 1953 – Carpa comum:
 - ✓ Dropsy disease;
- ✓ 1963 – 1976 – Carpa comum:
 - ✓ Seleção individual;
 - ✓ Taxa de crescimento/5 gerações;
 - ✓ Sem respostas.



HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO AQUÍCOLA

- ✓ Iniciou-se em 1970 – salmão e truta (Gall & Cross, 1978);
- ✓ Alta herdabilidade, fecundidade e curto intervalo de gerações (Gjedrem, 2012);
- ✓ Ganhos genéticos 10-20%/geração (Gjedrem & Baranski, 2009);
- ✓ Em 2010, menos de 10% de animais melhorados (Gjedrem, 2012);



Salmón Atlántico
(*Salmo salar*)



Salmón Pacífico
(*Oncorhynchus kisutch*)



Trucha arcoiris
(*Oncorhynchus mykiss*)

ESPÉCIES AQUÍCOLAS vs ESPÉCIES TERRESTRES

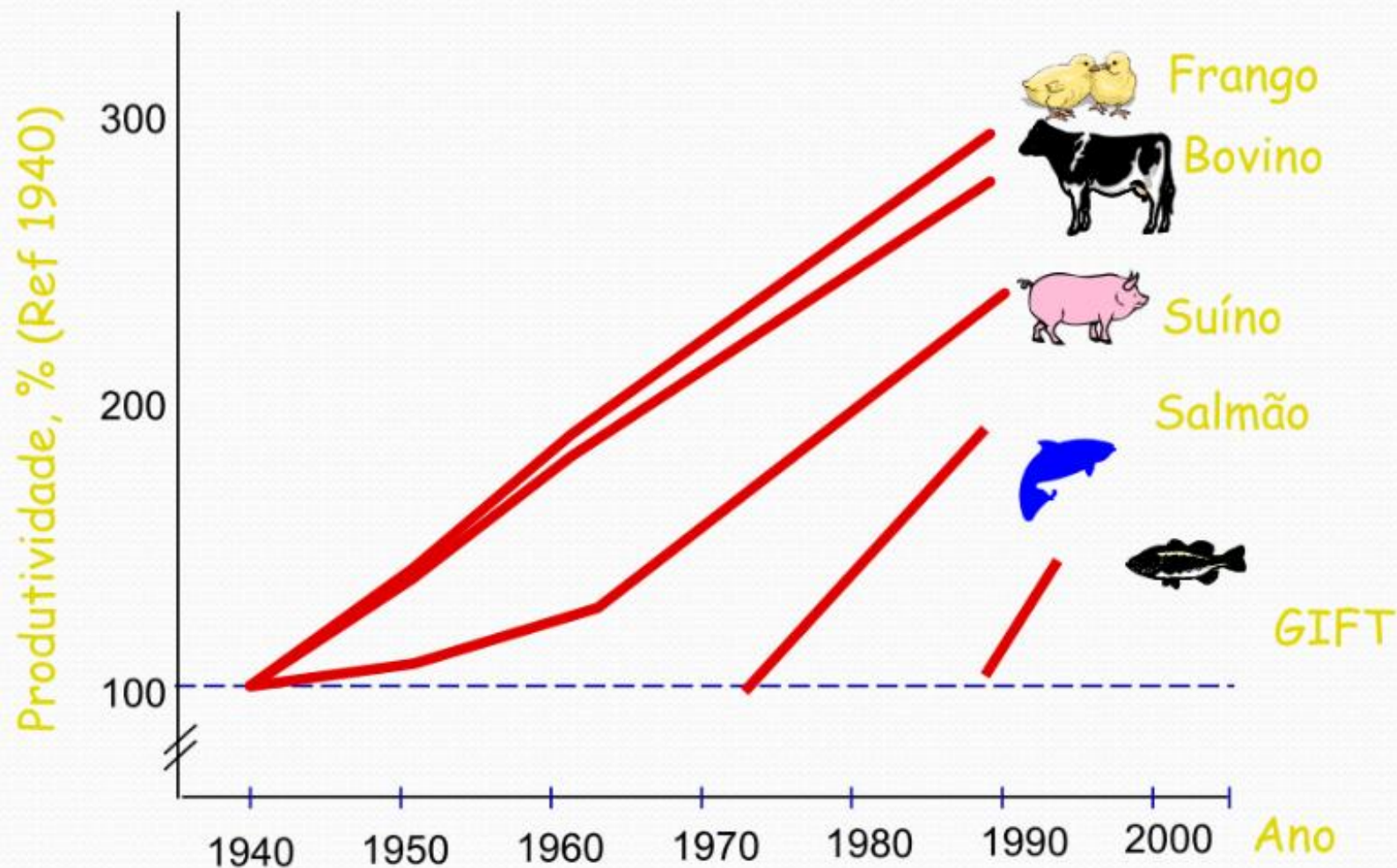
- ✓ Iniciou-se 1940: Aves, bovinos, suínos.....ovinos e caprinos;
- ✓ Ganhos de 1-4%/geração;
- ✓ Aquicultura: 10-20%;
- ✓ Alta fecundidade → maior intensidade de seleção;

Table 3.2 Body weight averages and coefficients of variation (CV) in different farmed species

Species	Body weight	CV ¹	Reference
Atlantic salmon, kg	6.61	19	Rye and Refstie (1995)
Rainbow trout, kg,	3.41	21	Gjerde and Schaffer (1989)
Rohu carp, kg	0.30	31	Gjerde (pers. comm.)
Shrimp, <i>P. vannamei</i> , g	20.3	20	Gitterle et al. 2005
Broiler, kg	1.51	8	Rensmoen (pers. comm.)
Pigs, age at 100 kg	151	10	Sehested (pers. comm.)
Cattle, bulls, kg	440	7	Steine (pers. comm.)

¹Coefficient of variation (CV) = (standard deviation/body weight) × 100.

PROGRESSO GENÉTICO AQUÍCOLA FRENTE OUTRAS FONTES DE PROTEÍNA



IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DE PROGRAMAS DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE PEIXES

- ✓ Descrição do sistema de produção;
- ✓ Escolha das espécies, linhagens e sistemas de acasalamentos;
- ✓ Formulação dos objetivos e critérios de seleção;
- ✓ Delineamento do sistema de avaliação genética;
- ✓ Seleção dos animais e definição do sistema de acasalamento;
- ✓ Organização do sistema para multiplicação e disseminação dos estoques melhorados;
- ✓ Monitoramento do programa de melhoramento;

(Ponzoni, 2005)

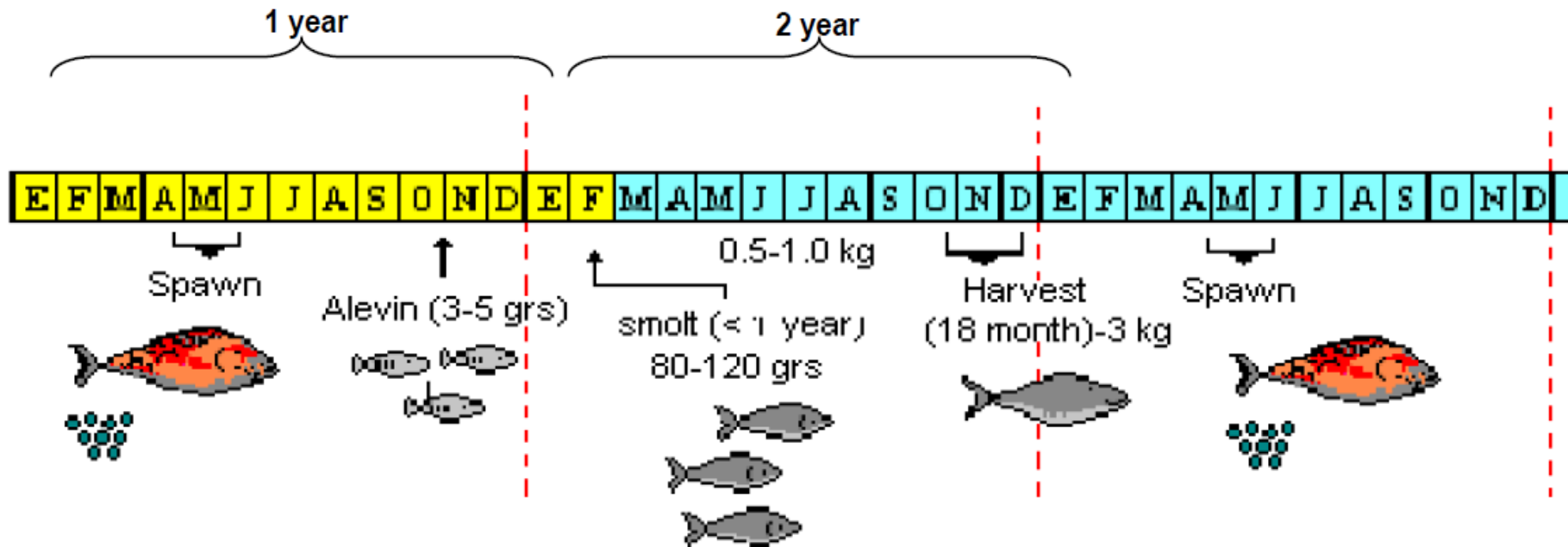
OBJETIVOS E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Espécies	N progra ma	Média N Fam/ger	Média N caract.	Características ADD além da taxa de crescimento como objetivo de seleção				
				Resistência a doenças	Qualidade de carcaça	Idade a maturaçã o sexual	Tolerância ao frio ou salinidade	Outros
Tilápia	28	105 (51-225)	1,9 (1-4)	3	7	-	5	4
Salmão do Atlântico	13	280 (100-800)	5,4 (3-13)	10	9	1	-	2
Truta arco-íris	13	206 (100-400)	5,2 (2-11)	5	7	9	-	2
Carpa Comim	8	125 (80-200)	2	-	1	-	-	-
Sea Bream	4	100	6	1	1	-	-	1
Bacalhau	3	110 (50-200)	4 (2-8)	2	1	-	-	1
Sea Bass	3	100	5	1	1	-	-	1
Salmão Chinook	2	100	1,5	-	1	-	-	-
Turbot	2	60	1	-	-	2	-	-
CatFish	2	140 (70-200)	1,5 (1-2)	1	1	-	-	-
Channel Catfish	1	200	4	1	1	1	-	-
Peixe branco	1	70	2	-	2	-	-	-
Carpa Rohu	1	50	2	1	-	-	-	-
Silver Barb	1	?	1	-	-	-	-	-
Total	86	147	1,4					

Adaptado

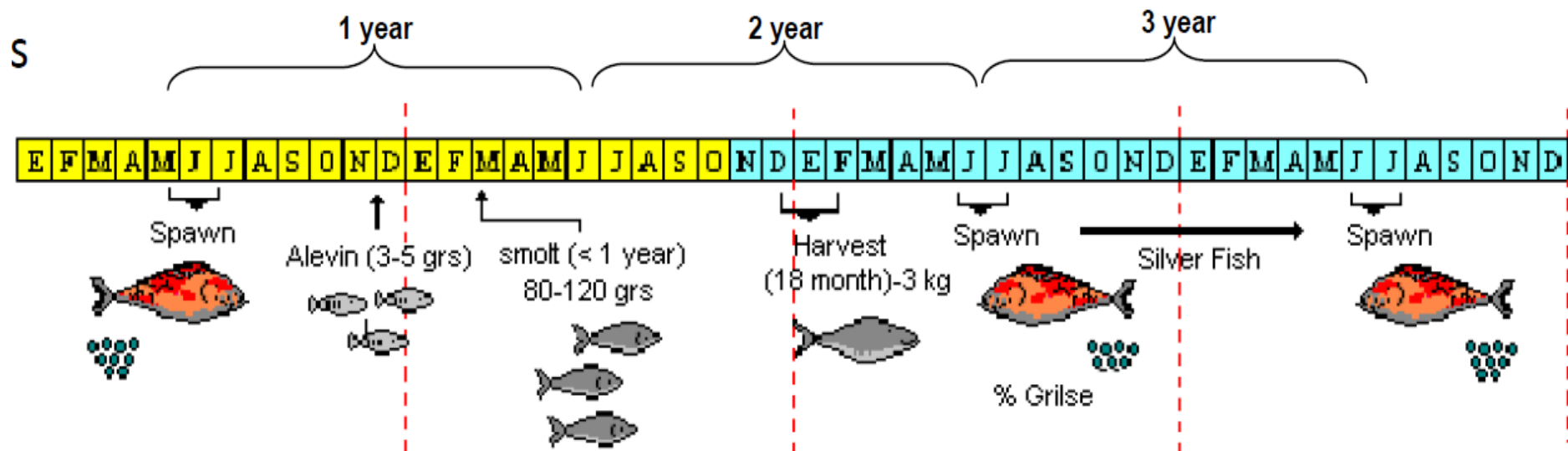
MELHORAMENTO DE SALMONÍDEOS

- ✓ **SISTEMA PRODUTIVO:**
Salmão Coho (2 anos):



MELHORAMENTO DE SALMONÍDEOS

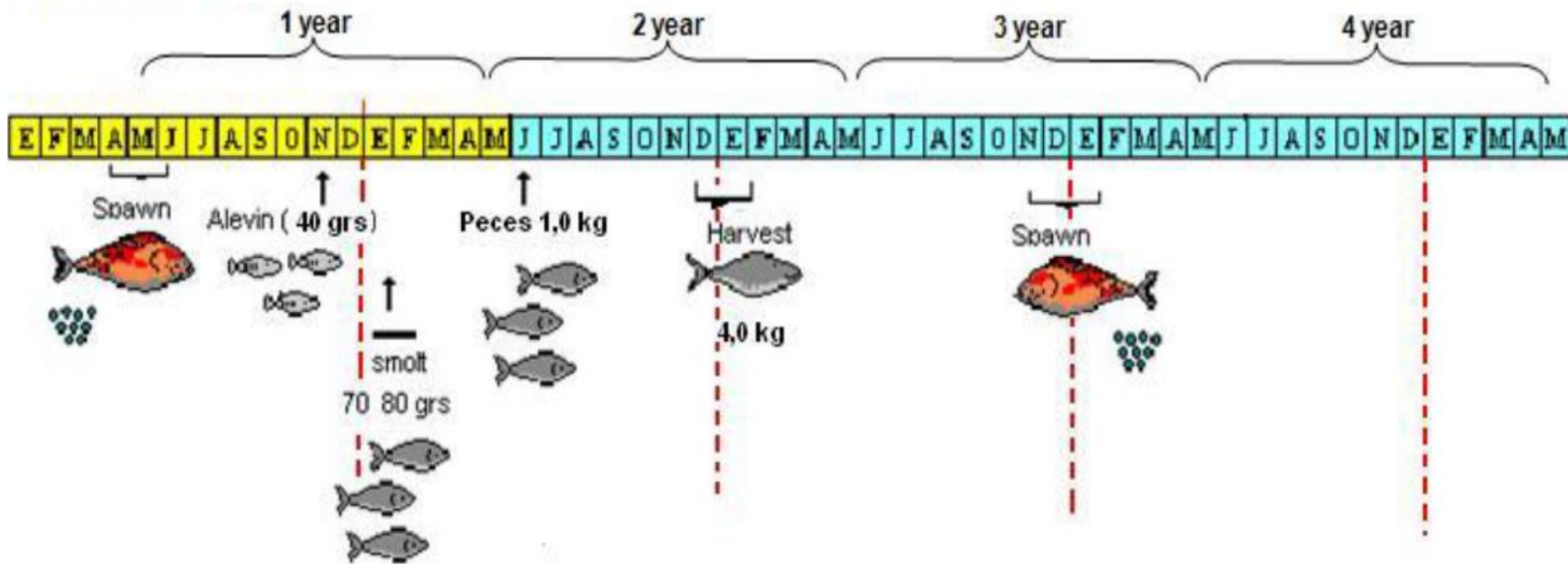
- ✓ **SISTEMA PRODUTIVO:**
Truta arco-íris (3 anos):



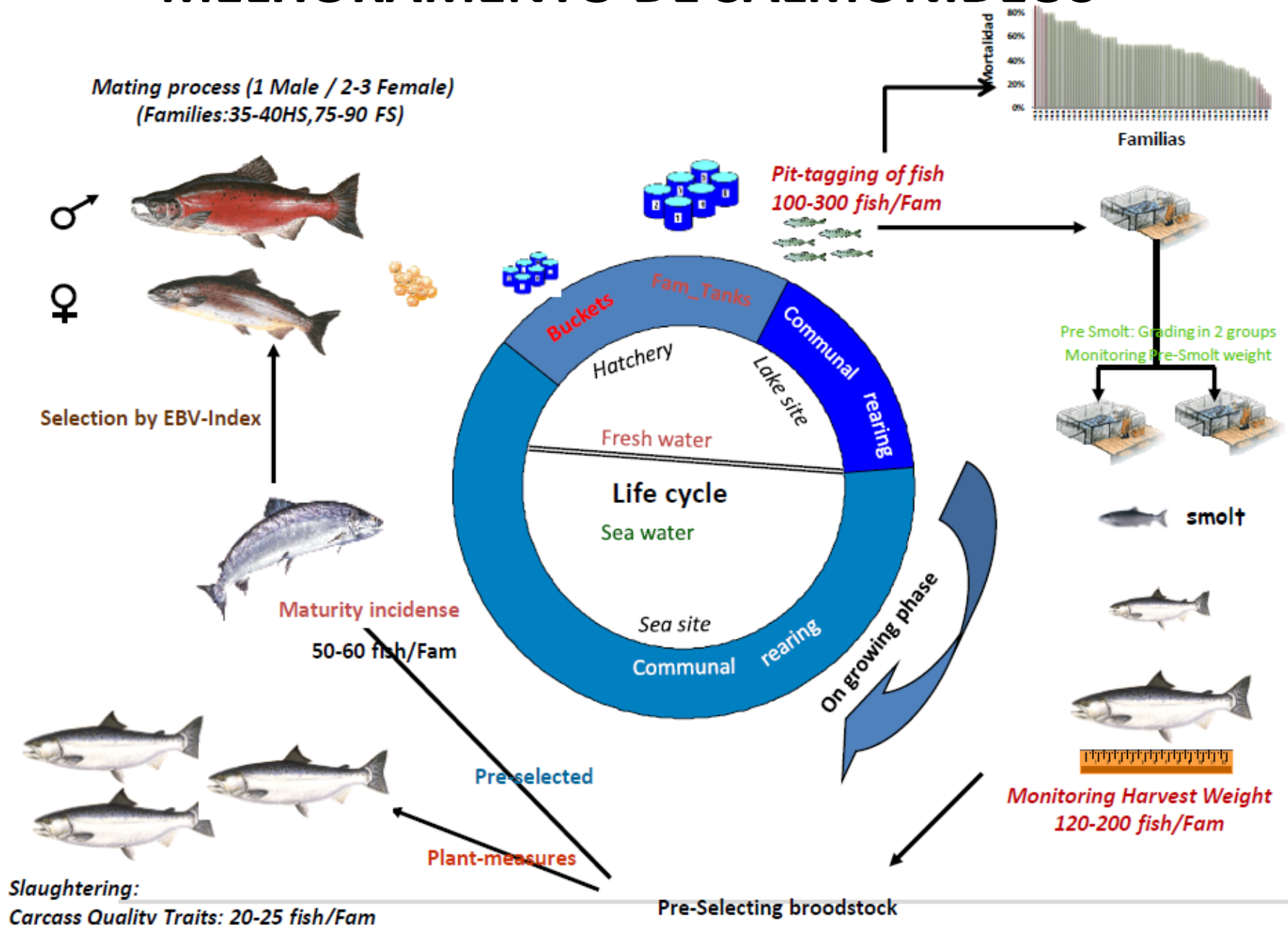
MELHORAMENTO DE SALMONÍDEOS

✓ SISTEMA PRODUTIVO:

Salmão do Atlântico (3 anos):



MELHORAMENTO DE SALMONÍDEOS



SALMÃO COHO – MELHORA PROJETADA PARA 20 MIL TO

GG en crecimiento (11%): + 460 g

Parámetros	Unidad	Sin Genética	Con Genética	Variación %
<u>Producción</u>				
Talla de Cosecha	kg	3,200	3,200	
Supervivencia	%	88,44%	88,91%	0,52%
Tiempo de Cultivo	Días	307	294	-4,23%
Biomasa Cosechada	ton	20.000	20.234	
Biomasa para venta	ton	15.000	15.277	1,84%
<u>Ingresos Totales</u>	MMUSD	106,4	107,6	1,17%
<u>Costos Operacionales</u>				
Costo de smolt	MMUSD	2,14	2,14	
Costo de alimento	MMUSD	27,96	26,89	
Costo de pigmento	MMUSD	1,92	1,84	
Costo de mano de obra	MMUSD	1,85	1,77	
Depreciación	MMUSD	2,49	2,39	
Gastos Varios	MMUSD	3,88	3,71	
Costo Post-Cosecha	MMUSD	2,30	2,33	
Costo de Genética (Royalty)	MMUSD	0	0,24	
Costos Genética (Operativos)	MMUSD	0	0,20	
<u>Costos totales</u>	MMUSD	42,5	41,5	
<u>Rentabilidad por Ciclo</u>	MMUSD	63,9	66,1	3,56%
<u>Costo Unitario de Producción</u>	USD kg ⁻¹	2,84	2,72	-4,18%

TRUTA– MELHORA PROJETADA PARA 23 MIL TO

GG en crecimiento (8%): +330 g

Parámetros	Unidad	Sin Genética	Con Genética	Variación %
<u>Producción</u>				
Talla de Cosecha	kg	3,200	3,448	
Supervivencia	%	80,03%	80,87%	1,05%
Tiempo de Cultivo	Días	305	288	-5,57%
Biomasa Cosechada	ton	23.000	23.315	
Biomasa para venta	ton	20.240	20.634	1,94%
<u>Ingresos Totales</u>	MMUSD	160,4	162,6	1,37%
<u>Costos Operacionales</u>				
Costo de smolt	MMUSD	2,70	2,70	
Costo de alimento	MMUSD	36,92	35,16	
Costo de pigmento	MMUSD	2,87	2,73	
Costo de mano de obra	MMUSD	2,32	2,20	
Depreciación	MMUSD	3,14	2,97	
Gastos Varios	MMUSD	4,88	4,61	
Costo Post-Cosecha	MMUSD	2,65	2,69	
Costo de Genética (Royalty)	MMUSD	0	0,30	
Costos Genética (Operativos)	MMUSD	0	0,20	
<u>Costos totales</u>	MMUSD	55,5	53,6	-3,47%
<u>Rentabilidad por Ciclo</u>	MMUSD	105,0	109,1	3,93%
<u>Costo Unitario de Producción</u>	USD kg ⁻¹	2,74	2,60	-5,31%

SALMÃO DO ATLÂNTICO – MELHORA GENÉTICA



✓ Ganhos:

- ✓ Tempo de cultivo reduziu pela metade;
- ✓ Conversão alimentar reduziu de 3 kg para 1,2 kg;
- ✓ GG de 15% na G1 para taxa de crescimento;
- ✓ GG de 13-15% nas cinco primeiras gerações;

Gjedrem, 2012

Table 1

Genetic gain in Atlantic salmon over five generations of selection (from Thodesen et al., 1999).

Trait	Selected over wild (%)
Growth rate	+ 113 [*]
Food consumption	+ 40 [*]
Protein retention	+ 9
Energy retention	+ 14 [*]
FCR ^a	− 20 [*]

^a Feed conversion ratio or kg feed per kg body weight produced.

^{*} $P < 0.05$.

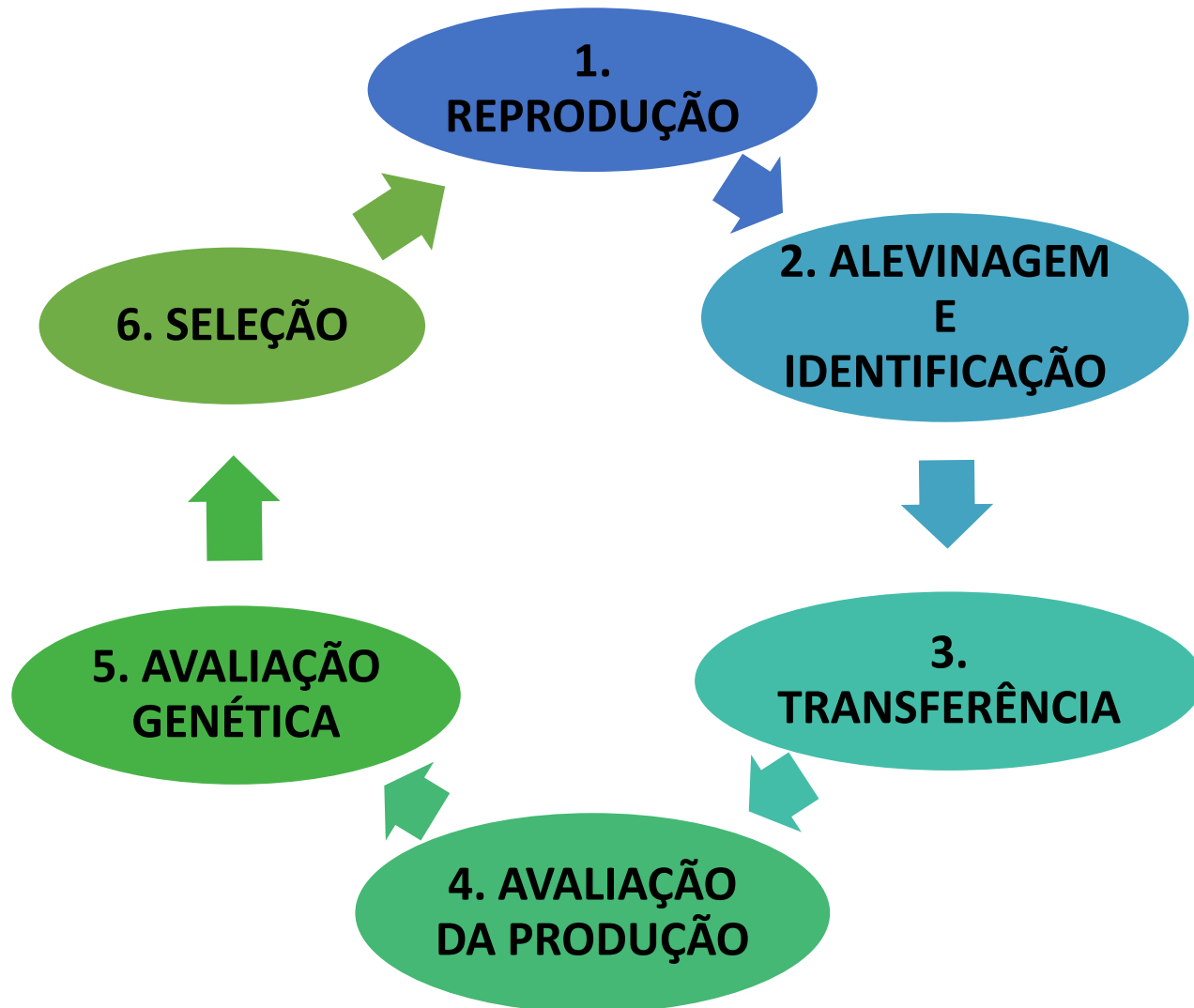
MELHORAMENTO GENÉTICO DE TILÁPIAS DO NILO

- ✓ **Iniciou-se em 1985 – Africa (ICLARM);**
- ✓ **Cruzamento de oito variedades (4 selvagens da África e 4 domesticadas das Filipinas);**
- ✓ **20 anos de seleção**

BRASIL:

- ✓ **Iniciou-se em 2005;**
- ✓ **30 famílias importadas da Malásia;**
- ✓ **Núcleo de melhoramento - Universidade Estadual de Maringá;**
- ✓ **Condições brasileiras de cultivo.**

FASES DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO DE TILÁPIAS DO NILO



1. REPRODUÇÃO



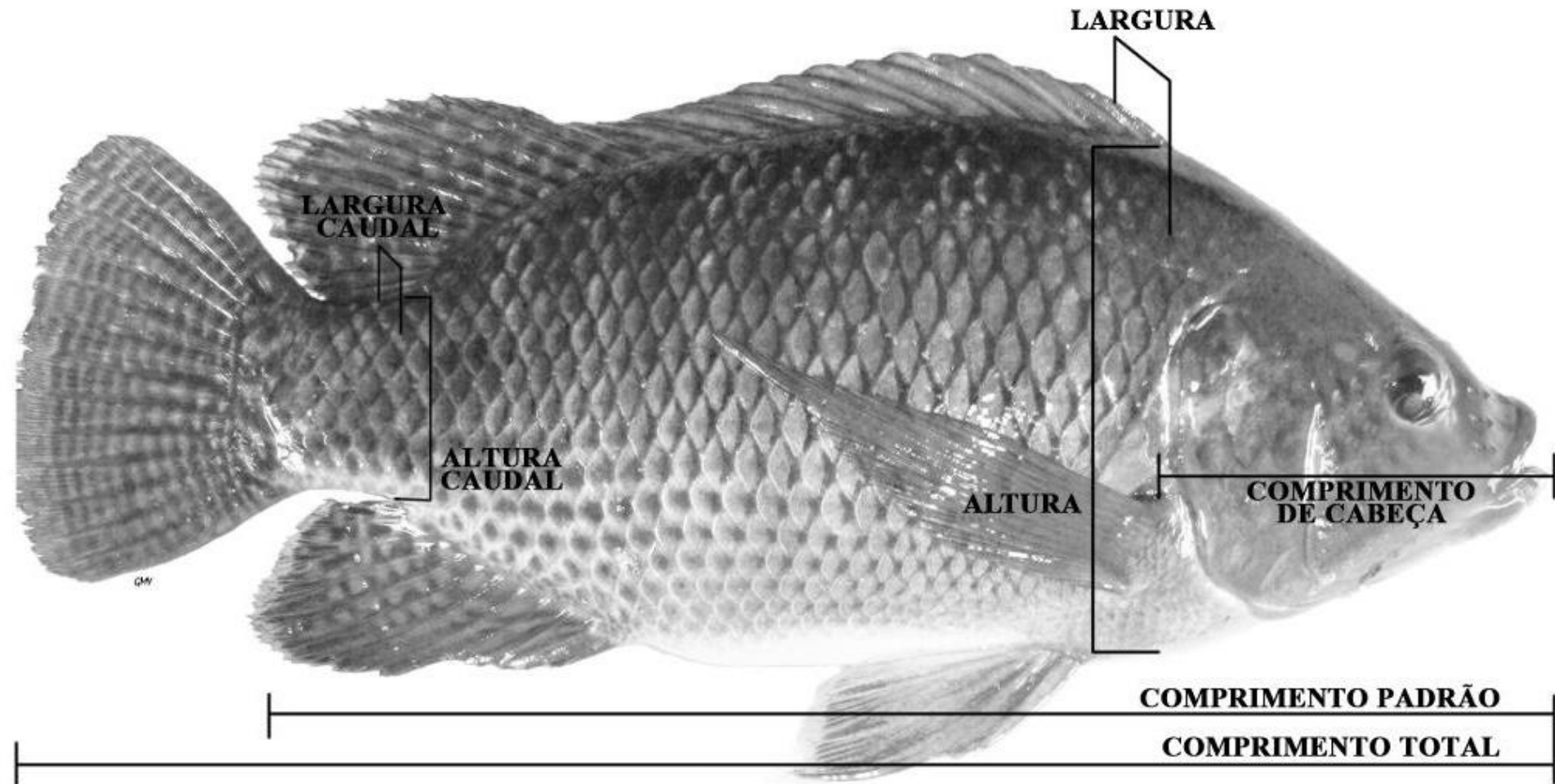
2. ALEVINAGEM E IDENTIFICAÇÃO



3. TRANSFERÊNCIA PARA O SISTEMA DE CULTIVO



4. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO



5. AVALIAÇÃO GENÉTICA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	ANIMAL	FAMILIA	PAI	MAE	RAND	NALEV	TR	SEXO	IDADE1	IDADE2	IDADE3	IDADE4	IDADE5	GPD1	GPD2	GPD3	GPD4	
2	30392845	5709	309711	341221	223	556	3	2	131	185	225	271	300	0.0916031	0.3888889	0.275	0.34782609	0.7
3	30326929	9709	326388	334325	245	105	4	1	64	118	158	204	233	0.203125	0.7962963	0.425	0.63043478	1.5
4	30307387	6109	370127	324613	226	390	4	2	103	157	197	243	272	0.1650485	0.9444444	1.05	0.86956522	1.6
5	30429579	15909	344267	303347	285	182	4	2	64	118	158	204	233	0.296875	1.0555556	1.25	1.17391304	2.4
6	30369374	8409	335373	316544	242	1629	4	2	64	118	158	204	233	0.234375	0.8888889	0.975	0.63043478	1.8
7	30342185	16809	345288	338313	291	397	4	2	125	179	219	265	294	0.184	1.0925926	1.275	0.97826087	1.7
8	30402359	4509	331649	360704	217	444	3	2	89	143	183	229	258	0.258427	0.8148148	0.85	0.84782609	2.1
9	30384652	7209	343911	303587	233	472	3	1	121	175	215	261	290	0.1818182	1.1666667	1.1	2.19565217	3.2
10	30324329	15309	325365	339386	280	264	3	2	97	151	191	237	266	0.1752577	0.8888889	1.45	1.56521739	3.2
11	30422774	16809	345288	338313	290	397	3	1	125	179	219	265	294	0.184	1.2592593	1.3	1.54347826	1.1
12	30414692	17209	317344	306346	294	772	3	1	89	143	183	229	258	0.2247191	0.9444444	1.225	1.97826087	2.6
13	30371353	3709	364751	371797	212	250	3	1	138	192	232	278	307	0.1449275	1.1666667	1.55	1.7826087	3.8
14	30391453	13609	366718	313987	262	417	4	1	138	192	232	278	307	0.2463768	1.4074074	1.75	1.95652174	3.6
15	30333750	10809	344628	335917	249	640	4	1	125	179	219	265	294	0.16	1.0555556	1.35	1.58695652	2.8
16	30322676	12709	335979	314323	301	999	4	1	134	188	228	274	303	0.1716418	0.8518519	0.9	1.63043478	3.4
17	30424689	7509	335146	328463	235	76	3	2	125	179	219	265	294	0.224	1.3518519	1.375	1.15217391	2.5
18	30310778	17509	305049	364121	297	354	3	1	125	179	219	265	294	0.144	0.9814815	1.225	1.76086957	3.4
19	30390376	15609	316583	320766	283	530	4	1	131	185	225	271	300	0.2290076	1.2777778	1.825	1.69565217	4.3
20	30336929	17709	305049	369797	299	746	3	1	103	157	197	243	272	0.1165049	0.8888889	0.875	1.30434783	2.6
21	30403938	10809	344628	335917	248	640	3	1	125	179	219	265	294	0.12	0.9814815	0.975	1.56521739	2.8
22	30398044	4009	333137	335641	215	831	4	1	75	129	169	215	244	0.2133333	1.3333333	1.35	1.56521739	1.7
23	30337953	1209	340502	370960	200	361	3	2	138	192	232	278	307	0.1231884	0.8703704	0.8	1.2173913	2.2
-	Dados 2009	MFpeso	CP4	ALTMF2	MFGPT	MFLAR	MACHO	FÊMEA	+									



13



14

✓ Programa computacional MTGSAM

6. SELEÇÃO

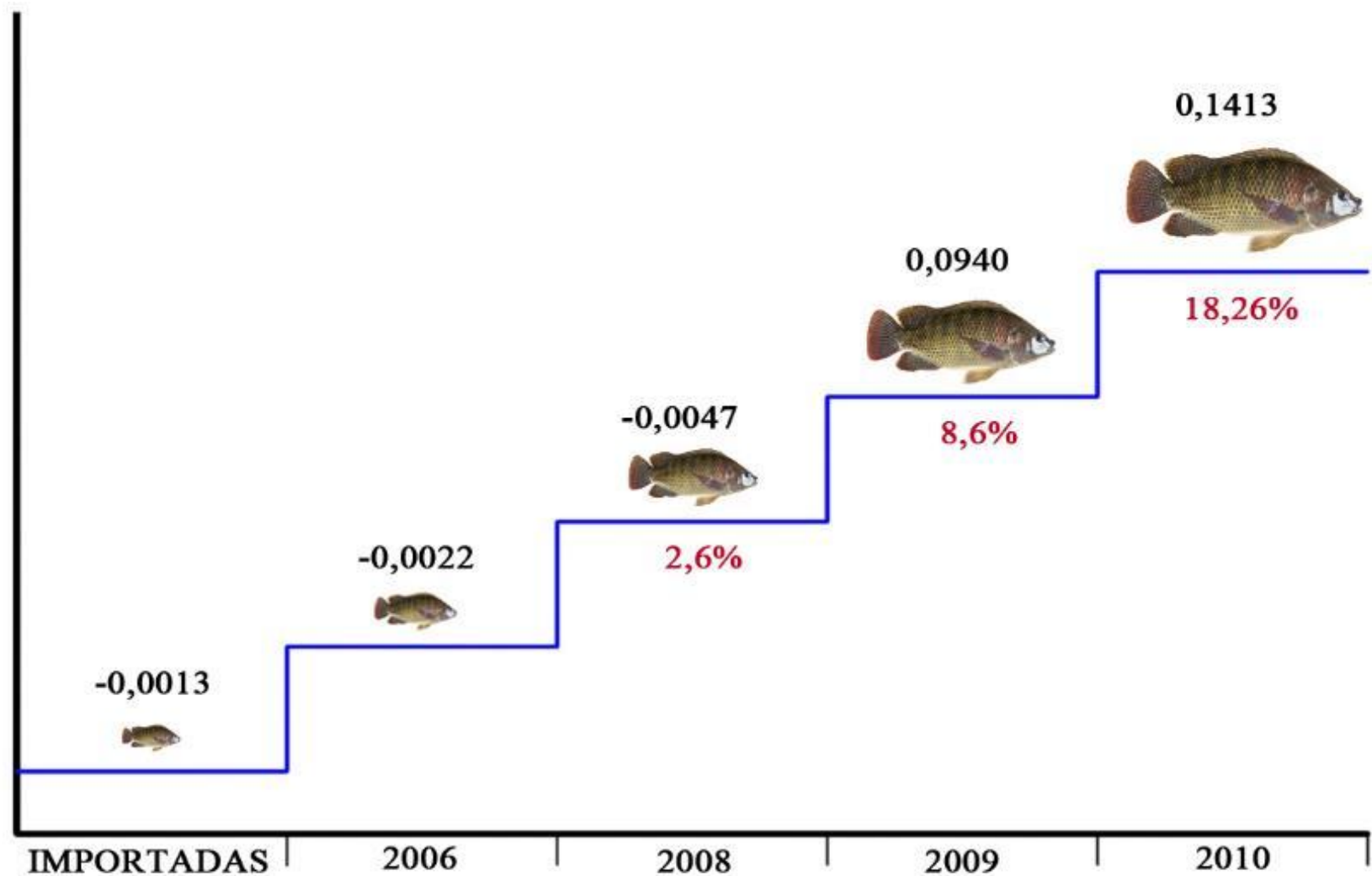
	A	B	C	D	E
1	animal	fam	vg	sexo	
2	600013016	42012	0.211512	1	
3	600012877	42012	0.034685	1	
4	600012596	42012	0.088064	2	
5	600012717	42012	0.06663	2	
6	600012051	42012	0.039838	2	
7	600012195	42012	0.030908	2	
8	600013584	42012	0.025549	2	
9	600012248	42012	-0.02446	2	
10	600013009	72011	0.39339	1	
11	600013141	72011	0.351418	1	
12	600013289	72011	0.419073	2	
13	600013586	72011	0.357064	2	
14	600012904	72011	0.340851	2	
15	600013492	72011	0.338025	2	
16	600013908	72011	0.318987	2	
17	600013227	72011	0.315814	2	
18	600013293	72011	0.310179	2	
19	600013523	72011	0.303722	2	
20	600013186	72011	0.303602	2	

♀/♂	30371360	30390606	30413169	30320793
30337953	SIM	SIM	SIM	SIM
30347174	SIM	SIM	SIM	SIM
30307911	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
30314589	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO
30333685	YES	YES	YES	YES
30342808	NO	NO	NO	NO

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	ANO	HERDABILIDADE	FONTE
Peso a identificação	2008	0,20	Santos, 2009
Peso a despesca	2008	0,24	Santos, 2009
Peso a despesca	2009	0,12	Yoshida et al., 2013
GPD	2009	0,13	Yoshida et al., 2013
Sobrevivência	2008	0,40	Santos, 2009
Comp. Total	2009	0,14	Kunita et al., 2013
Comp. Padrão	2009	0,13	Kunita et al., 2013
Altura	2009	0,14	Kunita et al., 2013
Comp. Cabeça	2009	0,12	Kunita et al., 2013
Área de Corpo	2006/08/09	0,30	Reis et al, 2014
Volume corporal	2006/08/09	0,31	Reis et al, 2014
Densidade	2012	0,18	Kunita, 2014
Rendimento de filé	2012	0,21	Kunita, 2014
Sucesso de desova	2012	0,14	Yoshida, 2013
Desovas múltiplas	2012	0,16	Yoshida, 2013
Volume de ovos	2012	0,02	Yoshida, 2013

RESULTADOS



Evolução genética da linhagem GIFT

RESULTADOS



Rendimento de filé de 39,2% e conversão alimentar de 1,35 kg de ração. Massaranduba /SC – 2012.

Fonte: <http://www.epagri.sc.gov.br/>



GIFT



TAILANDESA



BOUAKÉ

Redução de 21 dias de cultivo.



Média da 2ª geração



Média da 4ª geração



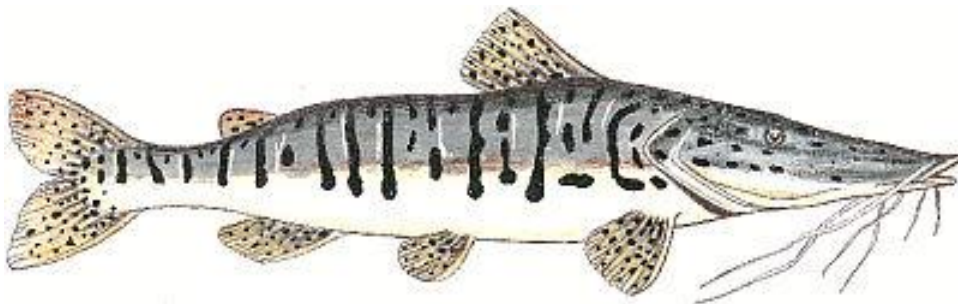
Média da melhor família da 4ª geração

Oliveira et al. (2012)

MELHORAMENTO GENÉTICO DE ESPÉCIES NATIVAS

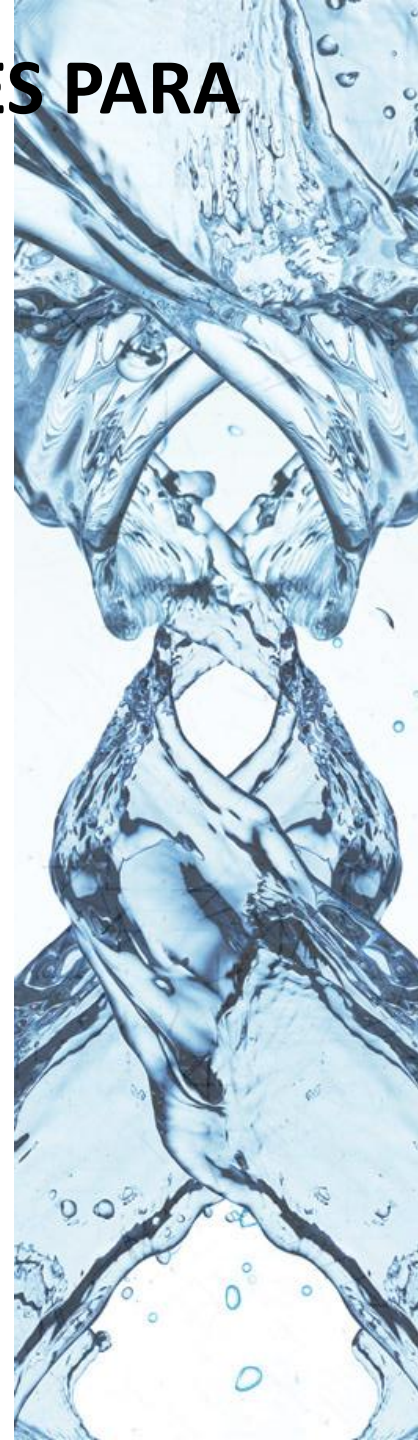
POR QUE MELHORAR ESPÉCIES NATIVAS???

- ✓ Estão adaptadas ao ambiente;
- ✓ É provável que sejam aceitas pelos produtores e consumidores mais rapidamente;
- ✓ Menor risco de dano ao ambiente e à biodiversidade;
- ✓ Por seu valor cultural.



CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS DAS ESPÉCIES PARA INICIAR O MELHORAMENTO

- ✓ Hábito alimentar (carnívora x omnívora);
- ✓ Adaptação ao ambiente de cultivo;
- ✓ Mudanças na produção:
 - Crescimento
 - Qualidade da carne (demanda de consumidores)
- ✓ Reprodução:
 - Controle
 - Eficiência (idade à maturação sexual, taxa reprodutiva)
- ✓ Facilidade de identificação.



MELHORAMENTO GENÉTICO DO TAMBAQUI

- ✓ Iniciou-se 2007 – Projeto AquaBrasil (Embrapa);
- ✓ Reprodutores de MT, MS, TO, RO e AM;
- ✓ Objetivo de seleção;
- ✓ Acasalamentos 2 machos: 1 fêmea;
- ✓ Estação reprodutiva de 2009/10/11 = 62 famílias;

RESULTADOS:

- ✓ Animais avaliados em 2010-2012;
- ✓ GPD;
- ✓ Herdabilidade = 0,46;
- ✓ Ganho genético de 21,6;
- ✓ Redução no período de cultivo de 17,7%.

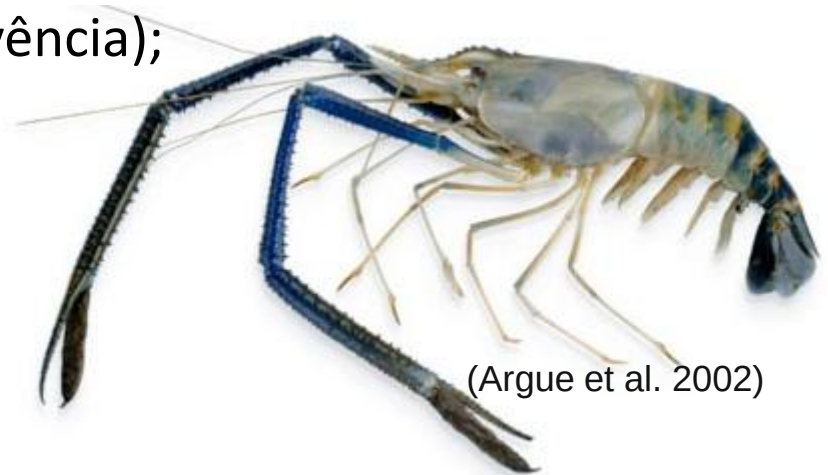
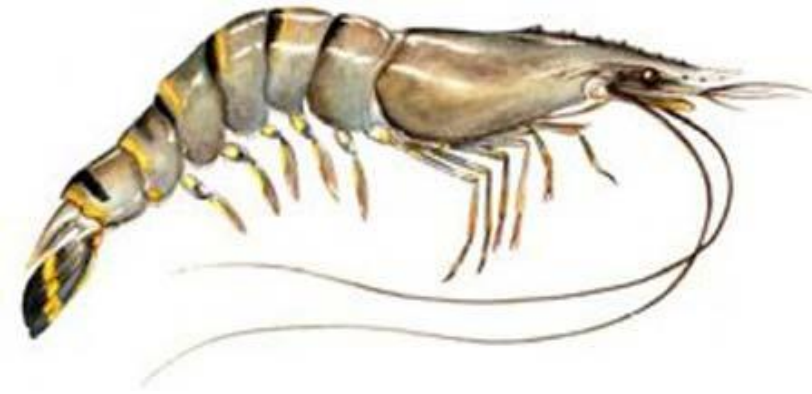


MELHORAMENTO GENÉTICO DE CAMARÃO

Camarão branco (*Litopenaeus vannamei*);
Gigante da Malásia (*Macrobrachium rosenbergii*);
Camarão tigre gigante (*Penaeus monodon*);



- ✓ Iniciou-se em 1993 – Havaí;
- ✓ Duas linhas de seleção: taxa de crescimento e índice de seleção com pesos de 0,70 para TSV vírus e 0,30 para taxa de crescimento;
- ✓ Uma geração de seleção:
 - ✓ Linha crescimento: ganho de 21%;
 - ✓ Linha índice: ganho de 18% (sobrevivência);



(Argue et al. 2002)

MELHORAMENTO GENÉTICO DE CAMARÃO

Objetivos de seleção:

- ✓ Crescimento;
- ✓ Morfotipo;
- ✓ Sobrevivência;
- ✓ Cor corporal



Tabela 7. Estatísticas descritivas de estimativas de herdabilidade, por categoria de característica.

Categoria	Nº de estimativas	Frequência (%)	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Crescimento	354	79,37	0,32	0,22	0,00	0,97
Morfotipo	5	1,12	0,47	0,33	0,09	0,98
Reprodução	25	5,61	0,22	0,19	0,00	0,71
Sobrevivência	58	13,00	0,19	0,18	0,00	0,72
Cor Corporal	4	0,90	0,36	0,18	0,11	0,55

MELHORAMENTO GENÉTICO DE OSTRAS

- ✓ Iniciou-se em 1980s - Japão;
- ✓ *Pinctada fucata*;
- ✓ Objetivos de seleção:
 - ✓ Crescimento;
 - ✓ Sobrevivência;

- ✓ 2002 – China;
- ✓ *Pinctada fucata*;
- ✓ Crescimento (peso 3-15 meses);
 - ✓ Média de 16% GG;

He et al., (2008)

- ✓ *Pinctada martensii*;
 - ✓ Crescimento (comprimento);

- ✓ **Resultados:**
 - ✓ Terceira geração de seleção:
 - ✓ Comprimento da concha – 25% GG
 - ✓ Altura da concha – 22% GG



Qingheng et al., (2011)

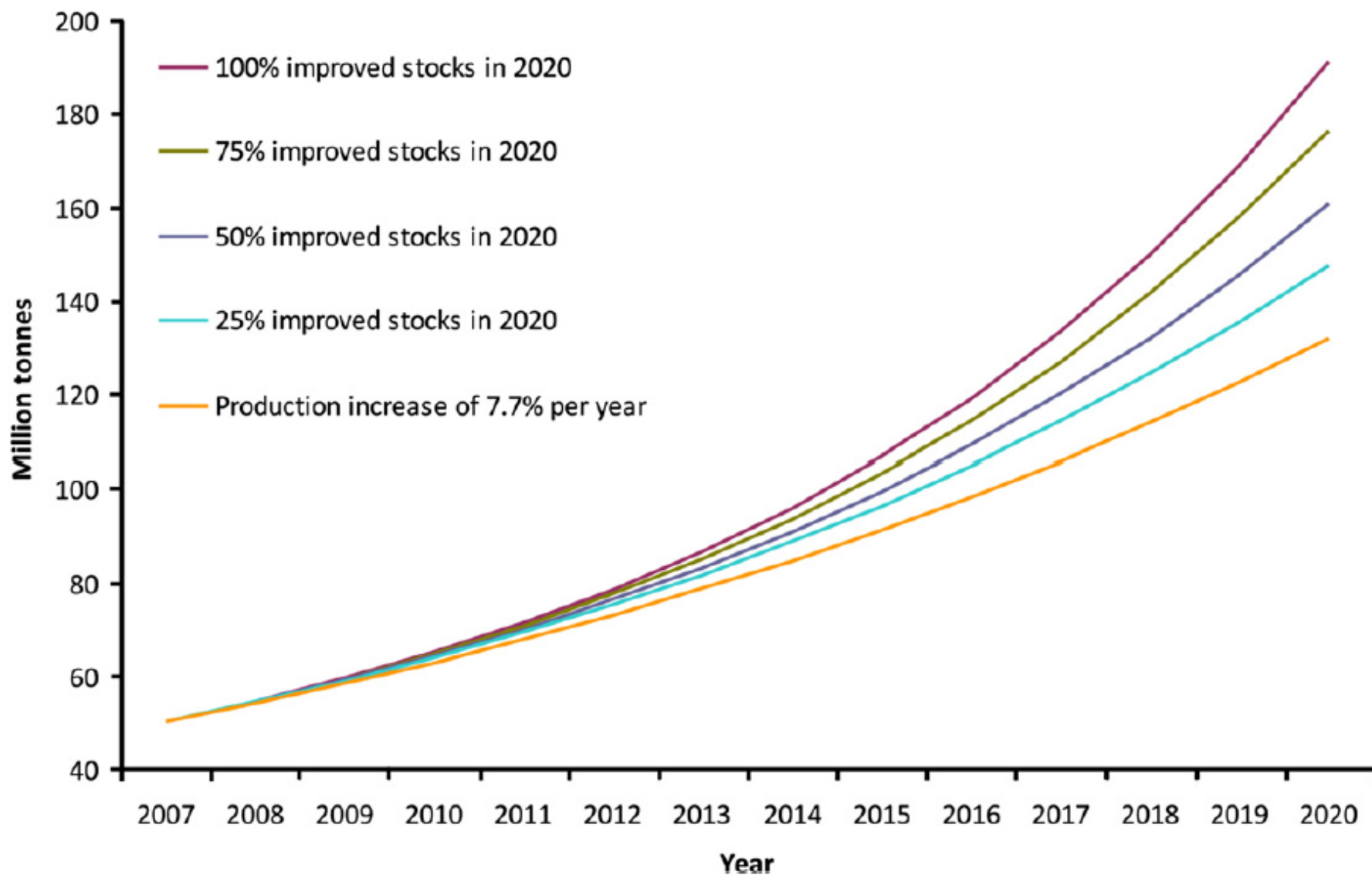
PERSPECTIVAS FUTURAS

- ✓ **Aquicultura tem o maior crescimento: 7,7%;**
- ✓ **Taxa de crescimento pode ser dobrada em 6-7 gerações;**
- ✓ **Carpa Rohu: 3,5 gerações;**
- ✓ **Ganhos genéticos na ordem de 20%;**

Gjedrem, 2012

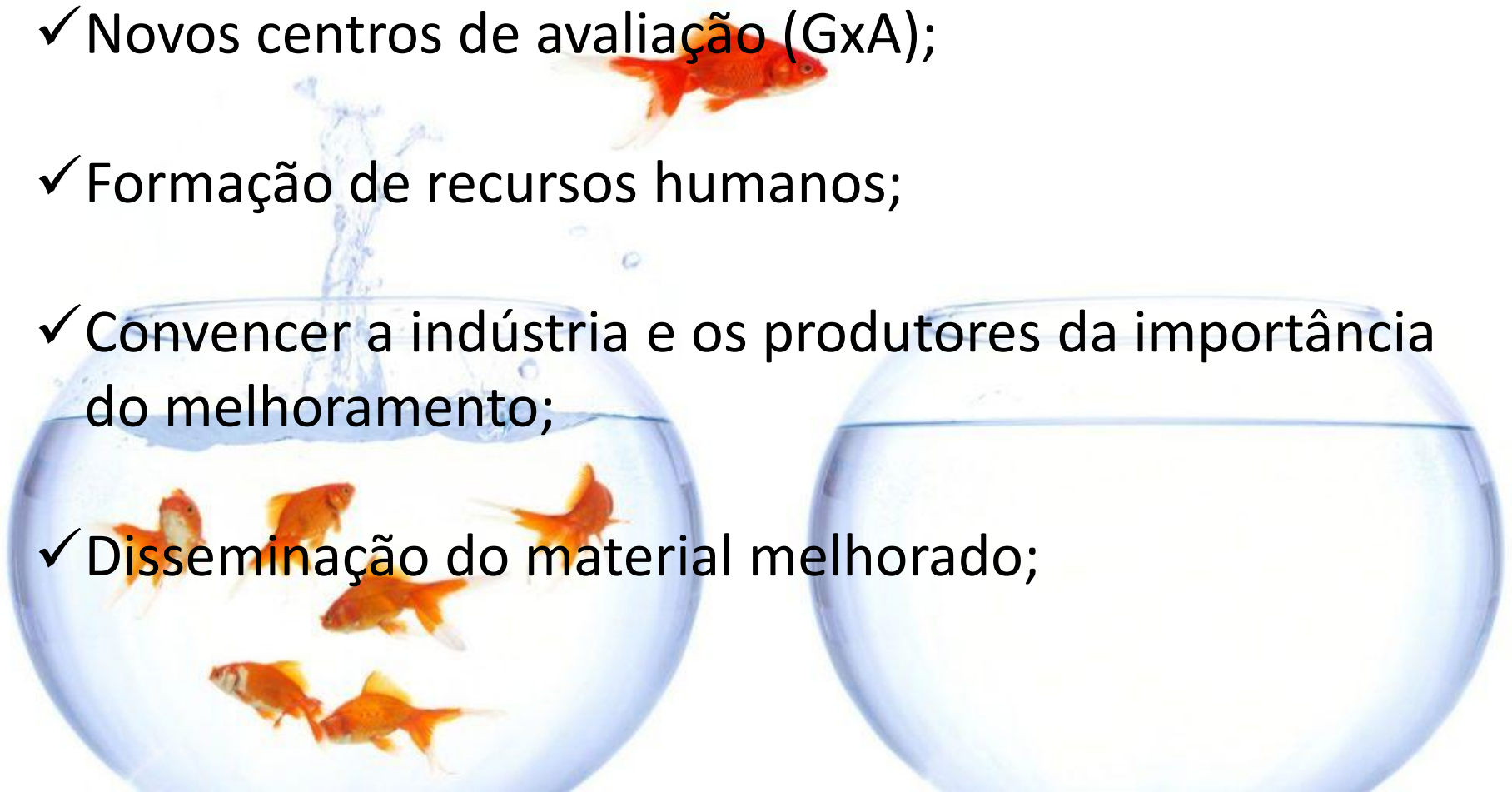


PERSPECTIVAS FUTURAS



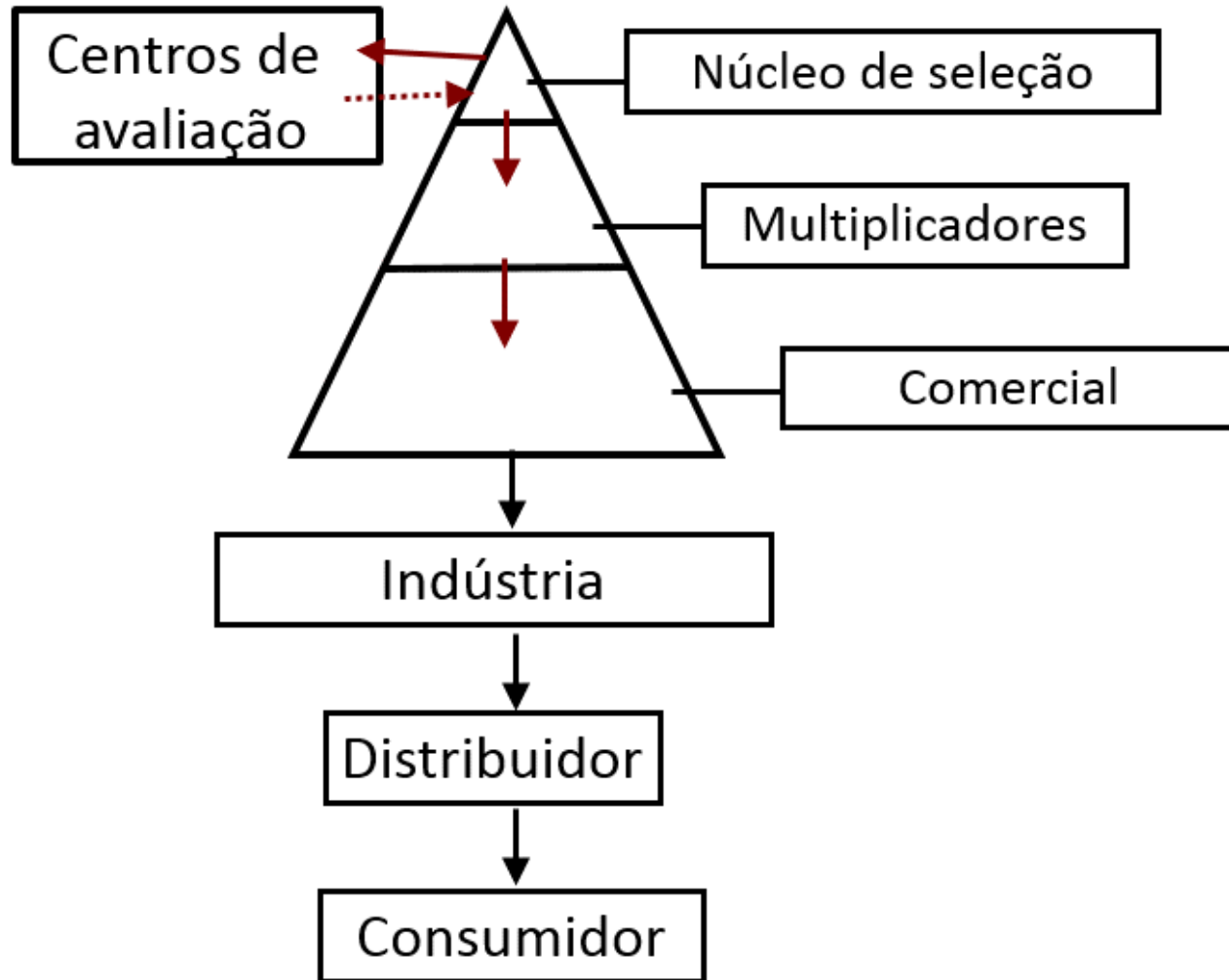
DESAFIOS FUTUROS

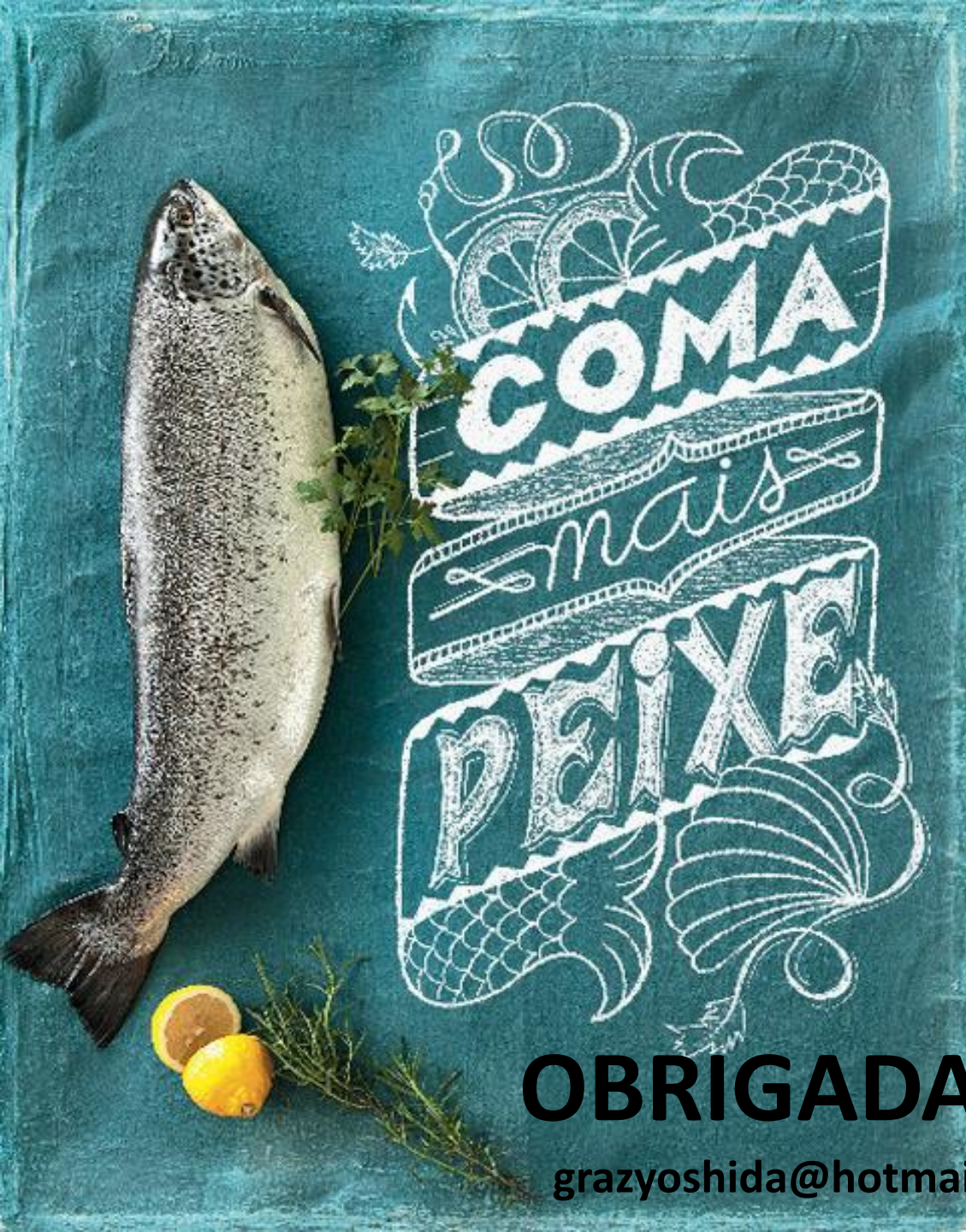
- ✓ Estabelecer novos critérios de seleção;
- ✓ Novos centros de avaliação (GxA);
- ✓ Formação de recursos humanos;
- ✓ Convencer a indústria e os produtores da importância do melhoramento;
- ✓ Disseminação do material melhorado;



DESAFIOS FUTUROS

✓ Organização da cadeia produtiva.





OBRIGADA!!!!

grazyoshida@hotmail.com