

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA PARA A ORDENAÇÃO DA MELHOR ESPÉCIE DE PEIXE A SER UTILIZADA NO SISTEMA DE TANQUE ESCAVADO NO ESTADO DO TOCANTINS

Elves Brynner da Silva Alves¹, Juliana Mariano Alves²

RESUMO:

Desde tempos remotos, os seres humanos têm buscado meios de garantir sua subsistência por meio da obtenção de alimentos. Atualmente, essa dinâmica está passando por uma transformação devido à exaustão das fontes naturais de recursos. Portanto, torna-se imperativo encontrar métodos de produção que não apenas minimizem o impacto no meio ambiente, mas também proporcionem retornos financeiros significativos. Nesse novo paradigma, a gestão da sustentabilidade na piscicultura passa a envolver análises de decisão essenciais. Este estudo apresenta uma proposta de ordenação das espécies mais adequadas para a piscicultura em tanques escavados no estado do Tocantins. É crucial compreender que tomar a decisão correta nessa escolha tem um impacto direto no êxito da piscicultura. Nesse contexto, destaca-se que a aplicação de Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) é de grande utilidade na criação de quadros de representação e análise mental que são extremamente relevantes para o processo decisório. Assim, a metodologia "*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*" (MACBETH) foi empregada para orientar o processo de ordenação das diferentes espécies de peixes destinadas à produção em tanques escavados. Com base na literatura disponível e consultas a especialistas, foram identificadas três alternativas para a ordenação das espécies: o tambaqui (*Colossoma macropomum*), o grupo de híbridos redondos tambacu (*Piaractus mesopotamicus x Colossoma macropomum*) e tambatinga (*Colossoma macropomum x Piaractus brachypomus*) e a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). Essas alternativas foram submetidas a ponderações e avaliadas com base em critérios previamente definidos na metodologia da pesquisa. Com base nas pontuações obtidas para cada alternativa avaliada, conclui-se que a espécie tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a mais recomendada para atender às necessidades do sistema de tanques escavados no estado do Tocantins.

Palavras-chave: Problema de decisão em piscicultura, Modelagem MCDA, MACBETH, Sustentabilidade.

MULTICRITERIAL ANALYSIS APPLIED FOR ORDERING THE BEST FISH SPECIMEN TO BE USED IN THE EARTHEN POND SYSTEM IN THE STATE OF TOCANTINS

ABSTRACT:

Since ancient times, humans have sought ways to obtain food for their sustenance. In the current era, the dynamics are changing as natural resources are depleting. Therefore, it is necessary to seek production methods that reduce the environmental impact and provide financial returns. From this new perspective, sustainability management in pisciculture involves decision analysis. Accordingly, this study presents a proposal for ranking the best fish species for dug pond pisciculture in the state of Tocantins. It is understood that making the correct decision regarding this choice directly influences the success of fish farming. Considering these factors, it is worth highlighting that Multicriteria Decision Analysis (MCDA) methods allow for the creation of frameworks and mental analyses that are highly useful for decision-making. Thus, the Measuring

¹Bacharel em Engenharia Agrônoma da Universidade Estadual do Tocantins, Palmas-TO. elvesbrynneralves@gmail.com <https://orcid.org/0009-0002-3813-2095> ² Doutora em Desenvolvimento Regional, Professora da Universidade Estadual do Tocantins, Palmas-TO juliana.ma@unitins.br <https://orcid.org/0000-0002-7322-342X>

Attractiveness by a Category-Based Evaluation Technique (MACBETH) methodology was used to address the ranking process of different fish species for dug pond production. Based on literature and expert

Keywords: Decision Problem in Pisciculture, MCDA modelling, MACBETH, Sustainability.

INTRODUÇÃO

Desde os períodos mais remotos o ser humano tem procurado formas de obter alimentos para a sua subsistência. No período atual a dinâmica está se alterando à medida que as fontes naturais de recursos estão se extinguindo. Por esse motivo, é necessário buscar formas de produção que diminuam o impacto no meio ambiente e tragam também compensações financeiras. Dentro desse novo ideal está a piscicultura, que vem ganhando seu espaço no mercado mundial dos agronegócios. (Pereira et al., 2008).

Segundo o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural - SENAR (2017), a piscicultura é reconhecida como a produção de peixes em ambientes controlados. Trata-se de uma atividade aquícola que vem crescendo rapidamente no Brasil, sendo desenvolvida em praticamente todas as regiões do país em diversos sistemas de criação, tais como: viveiros escavados, açudes e tanques-rede.

A piscicultura continental, a carcinicultura marinha e a malacocultura são os ramos mais desenvolvidos da aquicultura brasileira, baseadas principalmente em espécies exóticas ou não nativas, sendo praticadas em diversos ambientes, modalidades e estratégias de produção. A carcinicultura de água doce, a ranicultura, a algicultura e a quelonicultura também contam com empreendimentos comerciais, apesar do número reduzido de iniciativas (Brasil, 2013b).

Dentre os países com maior potencial para a aquicultura, o Brasil tem papel de destaque, em especial por sua disponibilidade hídrica, clima favorável e ocorrência natural de espécies aquáticas que compatibilizam interesse zootécnico e mercadológico (BRASIL, 2013a).

Segundo o relatório intitulado "O Estado Mundial da Pesca e Aquicultura" (SOFIA) (FAO, 2020), estima-se que a produção total de peixes deva aumentar para 204 milhões de toneladas até 2030, representando um aumento de 15% em relação a 2018, com a participação da aquicultura aumentando dos atuais 46%. Além disso, de acordo com o PEIXE BR (2022), a produção brasileira de peixes de cultivo atingiu 860.355 toneladas em 2022, o que representa um aumento de 2,3% em comparação com o ano de 2021.

Diante dos desafios da comercialização da piscicultura nacional, Pedrazzani (2007) destaca a importância da percepção do produtor como parte

integrante de uma cadeia de produção. Neste contexto, o produtor deve estar atento aos anseios do mercado consumidor local e regional, a fim de redirecionar de forma mais eficiente o foco de comercialização, favorecendo a divulgação, aliada a uma eficiente e otimizada logística de distribuição do pescado.

Mais especificamente, no estado do Tocantins, a piscicultura representa uma das atividades agrícolas de maior potencial. Segundo o PEIXE BR (2023), o Tocantins registrou crescimento na atividade de piscicultura em 2022, onde foram produzidas 17.350 toneladas, 6,7% a mais que em 2021 (16.250 t).

Crepaldi et al. (2006), ressalta que dentre os ramos mais desenvolvidos da aquicultura brasileira, a piscicultura de água doce se sobressai. Sendo que a identificação da espécie a ser cultivada e o sistema de criação são determinantes para o sucesso do negócio. A escolha da espécie sempre deverá ter relação com o mercado-alvo, por exemplo: para um mercado que busca a produção de alimento, as espécies deverão ter características de boa quantidade de carne e carcaça, já em um mercado que vai ter como foco peixes ornamentais, os peixes terão que ter como característica a beleza.

Portanto, a escolha da melhor espécie de peixe para ser utilizada em um sistema de criação e o tipo de tanque adequado para essa espécie, faz parte de um contexto de tomada de decisão caracterizada por ambiente complexo, cuja análise deve ser fundamentada para diminuir o grau de incerteza do produtor.

Cabe destacar que as ações de tomada de decisão estão intrinsecamente ligadas às análises sistêmicas, e ambos os processos desempenham um papel crucial na escolha das alternativas a serem ponderadas "Tomar decisões é o processo de escolher uma dentre um conjunto de alternativas... E cabe ao tomador de decisão... reconhecer e diagnosticar a situação, gerar alternativas, avaliar as alternativas, selecionar a melhor alternativa, implementar a alternativa escolhida e avaliar os resultados." (Caravantes; Panno; Kloeckner, 2005).

Os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) têm sido apresentados na literatura como uma ferramenta útil para analisar processos complexos referentes à análise de decisão. Conforme Bana e Costa (1992), os MCDA são ferramentas que auxiliam no processo de tomada de decisão a partir de um quadro de representações mentais, nos quais estão presentes as percepções, valores, julgamentos e

preferências das pessoas que participam diretamente da construção dos modelos.

Neste contexto emerge a seguinte questão de pesquisa: Quais seriam as espécies de peixes mais adequadas para a produção em um sistema de tanque escavado no estado do Tocantins, levando em consideração os aspectos econômicos, culturais, técnicos, ambientais e logísticos?

MATERIAL E MÉTODOS

Tipo de pesquisa e método

Esta pesquisa segue uma abordagem metodológica quanti-qualitativa. Flick (2004) destaca que a combinação de métodos quantitativos e qualitativos proporciona maior credibilidade e legitimidade aos resultados, evitando a redução a apenas uma abordagem. Gatti (2002) enfatiza que quantidade e qualidade não são mutuamente excludentes na pesquisa. A quantidade representa uma medida, uma grandeza pela qual um fenômeno é descrito, mas, ao mesmo tempo, precisa ser interpretada qualitativamente, uma vez que carece de significado por si só, sem referência a algum contexto.

Quanto à natureza da pesquisa, ela é classificada como descritiva e exploratória, ou seja, um tipo de pesquisa com base empírica; concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (Thiollent, 1986).

Além disso, a estrutura da pesquisa aborda aspectos de natureza bibliográfica. De acordo com Neves, Jankosk e Schnaider (2013) a pesquisa bibliográfica é o levantamento de um determinado tema, processado em bases de dados nacionais e internacionais que contêm artigos de revistas, livros, teses e outros documentos.

Método MACBETH

O MACBETH é um método de apoio à decisão que permite avaliar alternativas levando em conta múltiplos critérios. Segundo Bana e Costa et al. (2013), distingue-se de outros métodos multicritérios

por basear a ponderação dos critérios e a avaliação das alternativas em julgamentos qualitativos sobre diferenças de atratividade. Dito de outra forma, O MACBETH fundamenta-se nas ponderações estabelecidas para diferentes aspectos e critérios, nos quais são definidos julgamentos qualitativos com pesos que variam de acordo com os objetivos da pesquisa.

O MACBETH consiste num processo sociotécnico com várias fases, conforme ilustrado na Figura 1. As diferentes fases combinam elementos técnicos da análise multicritério com aspectos sociais de *decision conferencing*² (Phillips & Bana e Costa, 2007)

Dessa forma, dadas duas opções (ou níveis de performance, desempenho ou impacto), com a primeira melhor do que a segunda, a diferença de atratividade entre elas poderá ser definida na seguinte escala semântica: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema. A origem do nome MACBETH decorre do uso destas categorias semânticas de diferença de atratividade: *Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*.

Posteriormente, esses julgamentos qualitativos são convertidos em valores quantitativos, que, após tabulação e análise apropriadas, são direcionados e usados para resolver a questão de interesse.

Desenvolvido por Bana e Costa & Vansnick (1995) é um modelo projetado para ser utilizado por um consultor, seja ele facilitador ou analista de decisão. Isso está em conformidade com o princípio construtivista, que preconiza que 'o problema e a solução pertencem ao decisor, e não ao consultor' (Schein, 1999).

A escolha do método é justificada por quatro fatores principais: (i) é capaz de transformar julgamentos qualitativos em quantitativos; (ii) verifica automaticamente a consistência dos julgamentos, oferecendo sugestões para resolver eventuais inconsistências; (iii) o software é de fácil uso e de fácil explicação para o decisor, incluindo, nesse caso, a explicação da base axiomática; (iv) permite explicitar as preferências do decisor.

²*Decision conferencing* é uma estratégia para melhorar a qualidade das decisões, especialmente quando há várias perspectivas e fatores a serem considerados. Ela se baseia na

interação e na comunicação entre os tomadores de decisão para tomar decisões mais informadas e equitativas.



Figura 1. Fases do processo MACBETH de apoio multicritério à tomada de decisão. **Fonte:** Phillips, Bana e Costa, (2007) *apud* Bana et al (2013).

Avaliação intracritério e intercritério

Avaliação intracritério

O processo de avaliação intracritério no MACBETH envolve a análise das categorias e escalas semânticas. As categorias dentro de cada critério representam os diferentes níveis de importância ou atratividade associados a esse critério.

Verifica-se que através da comparação par a par da atratividade das alternativas, são atribuídos

'pesos' aos critérios a serem analisados. Em outras palavras, Rossoni (2011) explica que quando confrontadas duas alternativas, o tomador de decisão deve indicar qual delas é mais atrativa (recebendo a nota mais alta) e qual é o grau de atratividade, utilizando uma escala semântica (muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, extrema) que está relacionada com uma escala ordinal (Figura 2).

	op 1	op 2	op 3	op 4	op 5	MACBETH de base
op 1	nula 0	fraca 3	moderada 5	forte 9	mt. forte 10	10
op 2		nula 0	mt. fraca 2	forte 6	forte 7	7
op 3			nula 0	moderada 4	moderada 5	5
op 4				nula 0	mt. fraca 1	1
op 5					nula 0	0

0 nula	0 0
1 mt. fraca	1.00 2.00
2 fraca	3.00 3.00
3 moderada	4.00 5.00
4 forte	6.00 9.00
5 mt. forte	10.00 10.00

Figura 2. Escala e diferenças de pontuações MACBETH de base **Fonte:** Bana e Costa; Angulo-Meza e Oliveira (2013).

Nesta pesquisa a comparação par a par das alternativas foi realizada com apoio de especialistas/analistas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, especializados em pesca e aquicultura. Os especialistas e os autores da pesquisa, desempenharam o papel de analistas na matriz de julgamentos dos critérios relacionados ao objeto de estudo.

É fundamental garantir a consistência e a lógica das comparações para a par e, se necessário, fazer ajustes. As notas atribuídas são, então, tabuladas para análise posterior, permitindo quantificar a importância relativa das categorias dentro de cada critério, o que é fundamental para a classificação das alternativas em relação a esses critérios. Esse processo ajuda a tornar as avaliações mais objetivas e

a considerar os aspectos qualitativos e subjetivos na tomada de decisão multicritério

Avaliação intercritério

Segundo Almeida (2011), a avaliação intercritério considera a combinação dos diferentes critérios no modelo de decisão. Trata-se de uma etapa essencial para fornecer uma visão clara de como os critérios se relacionam e qual é a sua influência relativa na decisão final.

Assim, uma vez que a avaliação intracritério foi definida, os especialistas comparam os critérios entre si, estabelecendo relações de preferência. Isso significa que avaliam se um critério é mais importante que outro, contribuindo para a construção de uma matriz de julgamento que registra essas preferências (vide Figura 7).

Matriz de julgamentos

Para elaborar a matriz de julgamento, considerou-se a hipótese de tomada de decisão em um contexto de produção de peixes na fase de terminação, que abrange o período que vai desde a fase de alevinos até a fase de terminação no processo produtivo dos peixes. Além disso, assume-se que a produção será realizada em um sistema semi-intensivo, uma escolha motivada pela familiaridade com essa abordagem, semelhante ao processo de escolha de viveiros/tanques de produção.

A seleção das alternativas de espécies de peixes foi baseada na quantidade de produção no estado do Tocantins, obtida a partir de dados do Centro de Inteligência e Mercado em Aquicultura (CIAqui), um recurso online sob a gestão da EMBRAPA.

De acordo com Almeida (2011), quando se diz que o decisor pretende ter uma posição sobre as alternativas de um determinado conjunto, refere-se a uma avaliação de acordo com uma das problemáticas. Por sua vez, uma problemática consiste numa forma de classificar o tipo de problema de decisão a partir da forma como o decisor deseja ter uma posição comparativa sobre o conjunto de alternativa.

Nesta pesquisa, assim como em Chaves & Gomes (2014) o resultado pretendido pode ser identificado como Problemática Gama ($P.\gamma$), que tem por objetivo ordenar as classes avaliadas de forma completa ou parcial, resultando em um procedimento de ordenação das melhores alternativa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados qualitativos referentes a escolha dos critérios foram classificados de acordo com nível de atratividade conforme objetivo da pesquisa que é o de ordenar as espécies de peixe que podem ser utilizadas em tanque/viveiro escavado.

Destaca-se que as espécies de peixes foram identificadas a partir de siglas, sendo Tilápia Tanque Escavado (TITE), Tambaqui Tanque Escavado (TATE), Tambatinga e Tambacu Tanque Escavado (TTTE). Os critérios dentro dos aspectos foram determinados e ponderados em mais indicado, mediantemente indicado e pouco indicado, conforme apresentado no Quadro 1.

Os critérios presentes nos aspectos econômico e técnico foram ponderados com base em estimativas de valores encontrados na literatura para anos próximos (dados quantitativos), refletindo uma abordagem qualitativa desses dados, juntamente com insights dos especialistas mencionados anteriormente. Da mesma forma, o critério inserido no aspecto ambiental foi ponderado por meio da análise dos julgamentos dos especialistas sobre o potencial de impacto ambiental associado às espécies, dentro de uma perspectiva sistêmica.

No que se refere ao critério do aspecto cultural, a ponderação foi determinada com base na produção das espécies, utilizando dados obtidos a partir do site CIAqui. Quanto ao aspecto logístico, a avaliação incorporou dados do CIAqui, juntamente com informações provenientes de pesquisas bibliográficas relacionadas ao "escoamento de peixes no Tocantins."

Com relação às escolhas das espécies para serem utilizadas em consórcio com os viveiros/tanques escavados, foi levado em consideração a produção tocantinense durante três ciclos anuais de produção (2019, 2020 e 2021).

Além disso, para a delimitação das alternativas de espécies de peixes, foram consideradas as orientações técnicas dos especialistas da EMBRAPA, com a finalidade de dimensionar a equidade entre eles. Posteriormente, as informações contidas na página online foram tabuladas e redirecionadas a atividade de piscicultura.

Quadro 1. Matriz de julgamentos inicial dos critérios analisados de acordo com as alternativas avaliadas.

Alternativas/critérios	Aspecto Econômico (custo do ciclo produtivo das espécies)	Aspecto Ambiental (impactos ambientais que as espécies podem causar)	Aspecto Cultural (aceitabilidade espécies no mercado consumidor)	Aspecto Técnico (exigência de técnicas para operação e controle dos processos)	Aspecto Logístico (Escoamento da produção das espécies)
Tilápia-do-Nilo em tanque escavado (TITE)	Mais indicado	Mediamente indicado	Pouco indicado	Mais indicado	Pouco indicado
Tambaqui em tanque escavado (TATE)	Mediamente indicado	Mais indicado	Mais indicado	Pouco indicado	Mais indicado
Grupo de híbridos redondos em tanque escavado Tambacu e Tambatinga (TTTE)	Pouco indicado	Pouco indicado	Mediamente indicado	Mediamente indicado	Mediamente indicado

Dessa maneira foi possível delimitar a seguintes alternativas de espécies com maior índice de produção que podem ser utilizados no viveiro/tanque escavado no estado do Tocantins, que são: a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), o

tambaqui (*Colossoma macropomum*), e o grupo dos híbridos redondos, tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum*) e tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) (Figura 3).

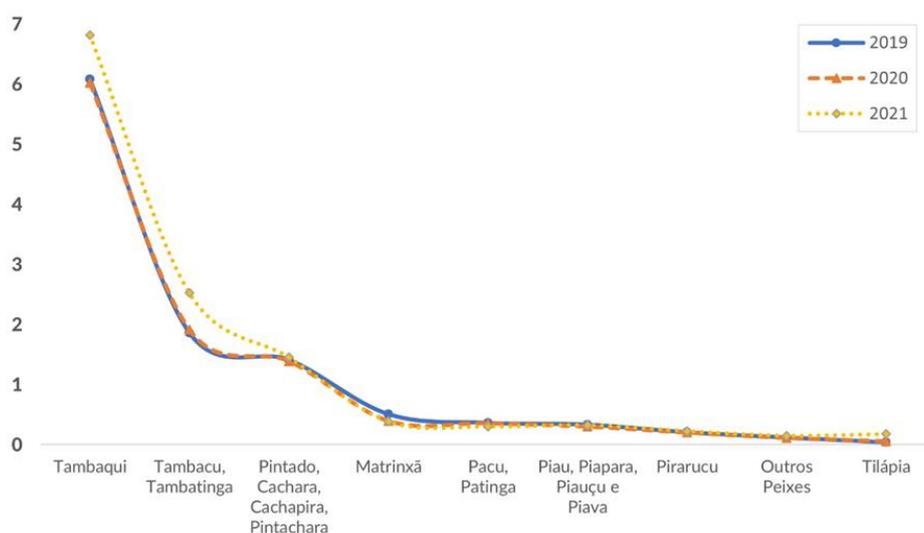


Figura 3. Produção de peixes no estado do Tocantins em toneladas (t) por espécie nos anos de 2019 a 2021. **Fonte:** Elaborado pelos autores a partir de dados do SIDRA/IBGE (2023).

Conforme observa-se na Figura 4, na etapa inicial da aplicação do método obteve-se a árvore de aspectos com a finalidade de delimitar os critérios trabalhados no *software* M-MACBETH: custo do ciclo produtivo das espécies, aceitabilidade das

espécies no mercado consumidor, exigência de técnicas para operação e controle dos processos, impactos ambientais que as espécies podem causar e escoamento da produção das espécies.

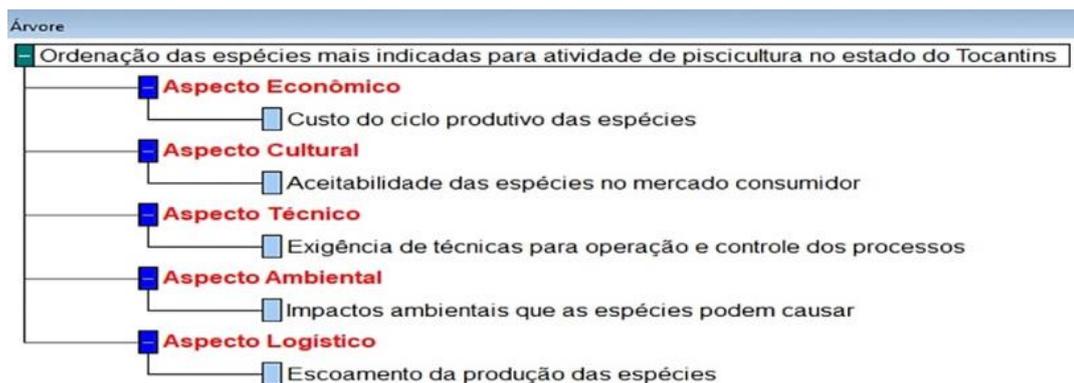


Figura 4. Árvore de aspectos de avaliação das alternativas para a ordenação das espécies de peixes mais indicadas para a atividade de piscicultura em tanque escavado no estado do Tocantins.

No software M-MACBETH, os aspectos, denominados "nós", foram conectados ao "nó global" e aos respectivos "critérios". Assim, os aspectos econômicos (APE), culturais (APC), técnicos (APT), ambientais (APA) e logísticos (APL) foram ponderados com base em sua importância, conforme o julgamento dos especialistas/analistas.

Os resultados da avaliação intracritério permitiram um pré-julgamento das alternativas (TITE), (TATE) e (TTTE), agrupando-as em referência superior, representada pela coloração verde, referência média, na cor branca, e referência inferior, destacada em azul, vide exemplos na Figura 5).

Ao conduzir a análise intracritério, foi possível obter o julgamento de cada aspecto com seu respectivo critério, revelando as prioridades dos especialistas/analistas. A alternativa (TATE) se destacou entre as demais, obtendo três referências superiores nos cinco critérios analisados, nos critérios culturais, ambientais e logísticos. No entanto, não demonstrou superioridade nos aspectos econômicos e técnicos.

Essa conclusão foi embasada por meio dos dados de produção das espécies no estado do Tocantins, obtidos no CIAqui, bem como por meio das entrevistas semi-estruturadas com os especialistas/analistas da Embrapa, que apontaram a referida alternativa como a mais atrativa. Esse padrão semelhante de atratividade ocorreu também com as

alternativas (TTTE) e (TITE). Posteriormente, foram realizadas as avaliações intercritério, com o objetivo de apresentar as diferentes classificações das alternativas de acordo com cada critério, conforme ilustrado nas Figura 7.

Pode-se argumentar que, no resultado da avaliação do critério econômico, a alternativa TITE foi considerada a mais atrativa entre as alternativas. Essa conclusão leva em consideração que a espécie presente na alternativa TITE já possui uma estrutura estabelecida em sua cadeia produtiva. Isso inclui rações específicas adaptadas para cada estágio de crescimento da espécie, bem como programas de cruzamento entre diferentes raças para aumentar a produtividade e a resistência da espécie, entre outros fatores. Esses elementos, por sua vez, resultam em um aumento da produtividade da espécie e uma redução dos custos associados ao ciclo produtivo.

Além disso, é evidente que entre as alternativas TITE e TATE, existe uma diferença de atratividade considerada "muito significativa". Essa distinção foi corroborada por informações obtidas durante as entrevistas com os especialistas/analistas da EMBRAPA. A alternativa TATE é composta por uma espécie nativa do Brasil, que apresenta limitações em termos de pesquisa e práticas de manejo destinadas a melhorar sua produtividade. Isso resulta em custos mais elevados ao longo do ciclo produtivo em comparação com a alternativa TITE.

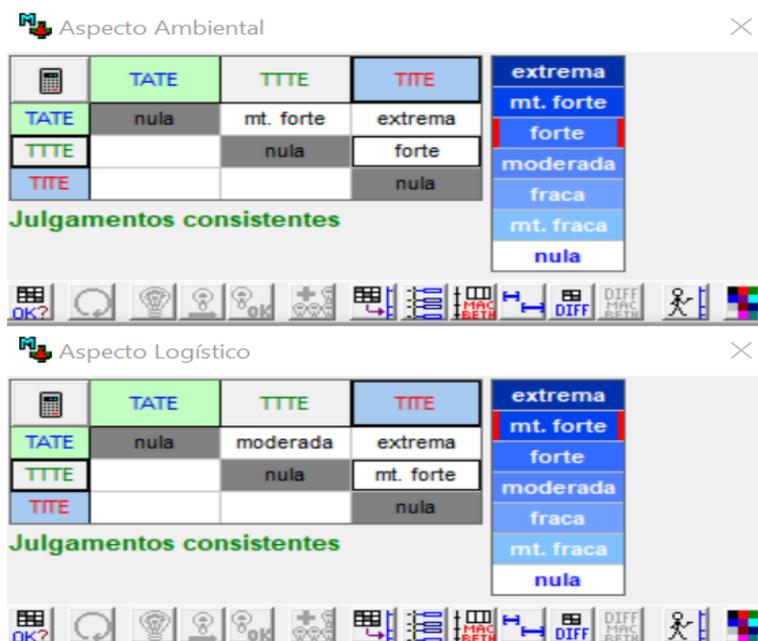


Figura 5. Exemplos da avaliação intracritério das alternativas elencadas para os aspectos ambiental e logístico.

É possível afirmar que, no que diz respeito ao critério econômico, a alternativa TITE foi considerada a mais atrativa entre as alternativas (vide Figura 5). Essa conclusão leva em conta o fato de que a espécie presente na alternativa TITE possui uma cadeia produtiva já estabelecida, incluindo rações adequadas para cada estágio de crescimento da espécie, programas de cruzamento que aumentam a produtividade e resistência, entre outros fatores. Isso, por sua vez, resulta em um aumento da produtividade da espécie e na redução dos custos associados ao ciclo produtivo.

Da alternativa TITE para a alternativa TTTE, há uma diferença de atratividade considerada "extrema". Além das questões mencionadas na alternativa TATE, a alternativa TTTE pode apresentar algumas espécies com deformidades estruturais devido ao fato de serem híbridas. Isso pode incluir a ausência de nadadeiras laterais ou desuniformidade significativa na parte encefálica, o que aumenta as perdas de espécies aptas para venda e encarece o ciclo produtivo.

O critério cultural desempenha um papel essencial nas discussões da pesquisa. Em relação ao seu julgamento, as informações foram obtidas por meio de pesquisa no site online CIAqui com o objetivo de avaliar a produtividade da espécie no estado do Tocantins, conforme observa-se na Figura 3. Essas informações foram corroboradas durante

entrevistas com os especialistas/analistas da EMBRAPA. Consequentemente, foi observado que a alternativa TATE é a mais aceitável no mercado consumidor, em grande parte devido à forte tradição das comunidades indígenas na pesca extrativista e no consumo de peixes da categoria "redondos".

Da alternativa TATE para a alternativa TTTE, há diferenças de atratividade consideradas "moderadas", principalmente devido à grande semelhança entre as espécies e, como resultado, são mais apreciadas pelo consumidor. Por outro lado, da alternativa TATE para a alternativa TITE, existem diferenças consideradas "muito significativas". Isso se baseia na baixa produtividade da espécie no estado, agravada pela falta de interesse dos consumidores.

O julgamento do critério técnico se assemelha ao critério econômico e é baseado nas entrevistas com os especialistas/analistas da EMBRAPA. A alternativa TITE é a mais atrativa, principalmente devido à resistência da espécie e à tecnologia já estabelecida, que pode reduzir a necessidade de técnicas avançadas de manejo. Vale destacar que da alternativa TITE para a alternativa TATE, há diferenças de atratividade consideradas "significativas" devido às características distintas resultantes do cruzamento, como no caso do tambacu, que possui maior resistência a temperaturas frias devido ao cruzamento com o pacu.

Com relação ao critério ambiental, a alternativa TATE foi considerada a mais atrativa com base em entrevistas com especialistas/analistas da EMBRAPA. Isso se deve ao fato de que a alternativa TATE é composta por uma espécie endêmica do Brasil, o que significa que qualquer impacto ambiental associado a ela seria relativamente baixo em comparação com as demais alternativas. Da alternativa TATE para a alternativa TTTE, existem diferenças "muito significativas" devido à composição da alternativa com espécies híbridas não encontradas naturalmente no ambiente. Já da alternativa TATE para a alternativa TITE, as diferenças são consideradas "extremamente significativas", já que a espécie da alternativa TITE é exótica, ou seja, não é nativa do Brasil, e isso poderia ter um impacto significativo na biodiversidade local.

Por fim, no que diz respeito ao critério logístico, o julgamento se baseou em entrevistas semi-estruturadas com os especialistas/analistas da EMBRAPA. A alternativa TATE se destacou como a

mais atrativa, principalmente devido ao maior escoamento da espécie no Tocantins, por meio de feiras locais, peixarias, mercados e quiosques de praias. Vale ressaltar que da alternativa TATE para a alternativa TTTE, existem diferenças consideradas "moderadas". Isso se deve ao fato de que a alternativa TTTE contém espécies híbridas presentes na alternativa TATE, que são mais aceitas pelo mercado local. Por outro lado, da alternativa TATE para a alternativa TITE, existem diferenças "extremamente significativas", principalmente devido à menor aceitação da espécie da alternativa TITE no estado do Tocantins, apesar de sua ampla comercialização em outras regiões do Brasil.

Após a realização dos julgamentos intra e intercritério, tornou-se mais eficiente e confiável identificar como os critérios influenciam a composição dos dados. Esses julgamentos desempenharam um papel fundamental na atribuição de pesos quantitativos a cada escala, como mostrado na Figura 7.

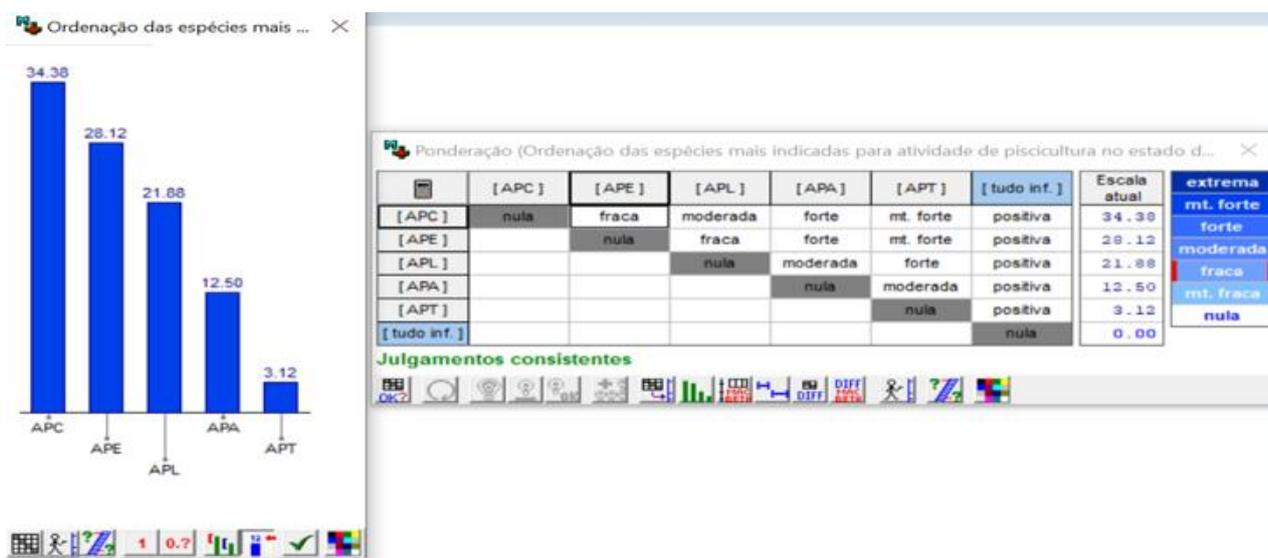


Figura 7. Aplicação do M - MACBETH para construir a escala de ponderação de peso de cada aspecto.

Esses pesos foram atribuídos com base na importância de cada critério na ordenação final das espécies estudadas. O critério cultural recebeu o maior peso, uma vez que a aceitação das espécies no mercado consumidor desempenha um papel fundamental no sucesso da piscicultura. A demanda do mercado em absorver as produções é essencial para viabilizar essa atividade.

O critério econômico recebeu o segundo maior peso devido ao impacto do custo do ciclo produtivo das espécies. Os custos podem influenciar

a viabilidade da escolha da espécie, afetando tanto o sistema de produção quanto a cadeia produtiva.

O critério logístico obteve o terceiro maior peso, levando em consideração o escoamento da produção das espécies. A disponibilidade de locais para venda e revenda dos produtos e subprodutos é crucial para o desenvolvimento da atividade.

O critério ambiental recebeu o quarto maior peso e considerou os possíveis impactos ambientais que as espécies podem causar no meio ambiente. Embora tenha um peso menor, sua importância está

relacionada à preocupação com o meio ambiente e à análise das espécies que podem causar danos ambientais.

O critério técnico obteve o quinto e menor peso. Esse critério considerou a necessidade de técnicas para operação e controle dos processos, avaliando quais espécies exigem maior cuidado em todo o ciclo produtivo. Essa exigência pode afetar os

custos de mão de obra e encarecer o ciclo de produção das espécies.

A partir das análises intra e intercritérios, foram obtidas as pontuações que refletem o julgamento da atratividade global das alternativas (TATE), (TITE) e (TTTE), classificadas de acordo com seu valor de atratividade. Os pesos correspondentes aos critérios são apresentados na última linha do Quadro 2.

Quadro 2. Pontuações para cada aspectos analisado e peso dos mesmos.

Quadro de pontuações						
Opções	Global	Aspecto Econômico	Aspecto Cultural	Aspecto Técnico	Aspecto Ambiental	Aspecto Logístico
		Custo do ciclo produtivo das espécies	Necessidade de maior mão de obra especializada	Exigência de técnicas para operação e controle dos processos	Impactos ambientais que as espécies podem causar	Escoamento da produção das espécies
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
TITE	36.80	100.00	0.00	100.00	44.44	0.00
TATE	81.26	44.44	100.00	0.00	100.00	100.00
TTTE	37.93	0.00	66.67	42.86	0.00	62.50
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fatores de escala:		0.2812	0.3438	0.0312	0.1250	0.2188

Através da análise do quadro, ficou evidente que a alternativa (TATE) se destaca como a mais atrativa entre todas as opções, obtendo a melhor pontuação, atingindo 81.26. Esse resultado é significativamente influenciado pelos pesos atribuídos a cada critério, com a alternativa se destacando em três critérios de maior importância: cultural, logístico e ambiental, que detêm os três maiores pesos na análise.

A alternativa (TTTE) conquistou a segunda posição, com uma pontuação de 37.93. Embora não se sobressaia em nenhum critério de atratividade, ela obteve classificações mais favoráveis nos critérios de maior peso, ou seja, cultural, logístico e ambiental, que ocupam a segunda posição nas respectivas análises.

A alternativa (TITE) ficou em terceiro lugar, com uma pontuação de 36.80. Isso se deve ao seu desempenho superior no critério econômico, que possui o segundo maior peso, e no critério técnico, o de menor peso na análise. No entanto, ela apresenta

pontuações mais baixas nos critérios cultural e logístico, que são de grande importância.

É importante ressaltar que a obtenção de um resultado global não encerra o processo de apoio multicritério à decisão. É necessário realizar análises de sensibilidade e robustez. A análise de sensibilidade do critério econômico foi escolhida para ilustrar como as mudanças nos pesos afetam a classificação das alternativas.

Conforme mostrado na Figura 8, quando o peso atribuído ao critério econômico é de 28.12, a alternativa (TITE) se torna a mais atrativa, seguida por (TATE) e (TTTE). No entanto, ao observar o ponto de interseção e a mudança nos pesos das alternativas, a dinâmica se altera. No início da análise, (TITE) é menos atrativa em relação a (TATE) devido ao peso atribuído. No entanto, após um ponto de interseção, (TITE) se torna a alternativa mais atrativa. Uma situação semelhante ocorre com (TTTE), que inicialmente é mais atrativa que (TITE) até o ponto de interseção, onde a escala média é de 35.4

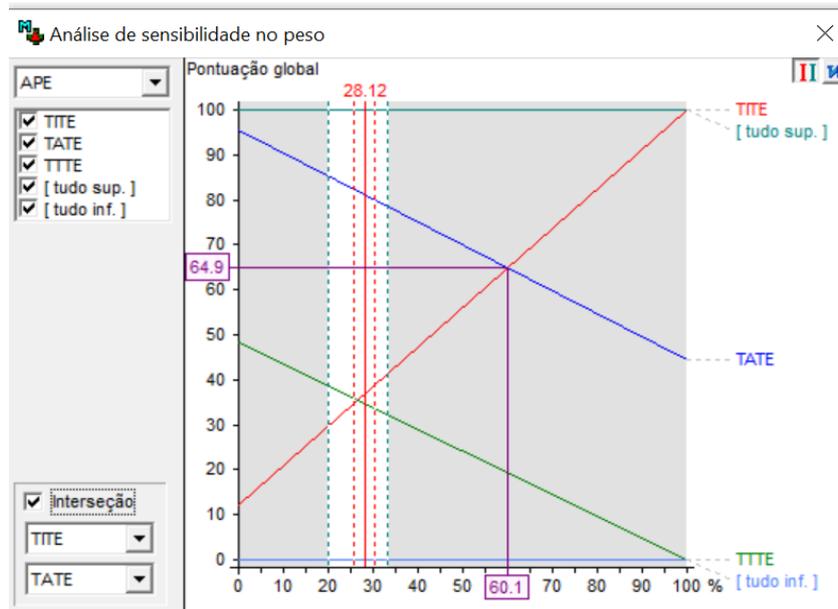


Figura 8. Resultado da análise de sensibilidade no peso para o critério econômico.

No processo de análise de decisão multicritério utilizando o MACBETH, a análise de robustez foi conduzida para fortalecer e confirmar os resultados encontrados. Conforme ilustrado na Figura 9, a alternativa (TATE) se destacou como a melhor entre as opções, considerando os critérios

estabelecidos na análise. A dominância aditiva é representada pelo símbolo de adição verde, indicando que essa alternativa supera as demais. No entanto, essa dominância não é totalitária, uma vez que a dominância totalitária é representada por um triângulo vermelho.

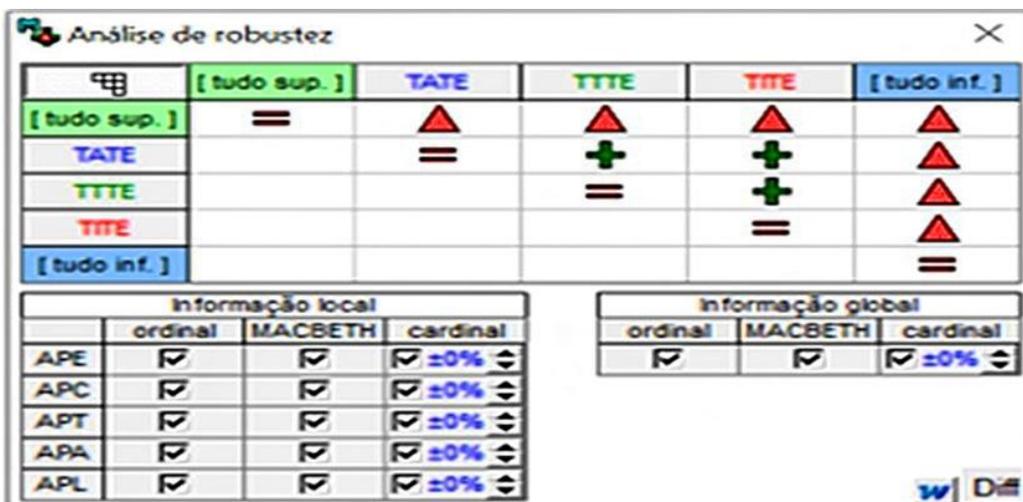


Figura 9. Aplicação do M - MACBETH para construir a análise de robustez.

No que diz respeito às alternativas (TTTE) e (TITE), elas apresentam aspectos superiores e inferiores entre si com base nos critérios definidos na análise. No entanto, conforme observado, a alternativa (TTTE) se mostrou mais atrativa do que (TITE), como indicado pela simbologia utilizada e levando em conta os critérios abordados na análise.

A análise multicritério, conduzida por meio do método MACBETH, sugere que a alternativa

(TATE), que envolve o cultivo da espécie tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados, é a opção mais recomendada para utilização no estado do Tocantins. Isso se deve aos aspectos, critérios e pesos considerados na pesquisa.

É importante destacar que as classificações obtidas com as pontuações totais para cada espécie e tipo de viveiro não invalidam o uso das outras duas alternativas analisadas. Essa ordenação específica foi

obtida após a aplicação da metodologia MACBETH e reflete as considerações feitas com base nos critérios e pesos definidos neste estudo.

CONCLUSÃO

O tambaqui (*Colossoma macropomum*) foi ordenado como a espécie mais indicada para ser criada em sistemas de tanque escavado no estado do Tocantins. Essa ordenação se baseou na notável diferença nas pontuações entre as alternativas avaliadas. Em seguida, foram ordenados o grupo de híbridos redondos, incluindo o Tambacu (*Piaractus mesopotamicus* x *Colossoma macropomum*) e o Tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), seguidos da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Ressalta-se que o peso atribuído aos critérios desempenhou um papel fundamental na ordenação das espécies. O critério cultural, em particular, foi considerado o mais relevante, devido à sua conexão direta com a demanda do mercado para as espécies produzidas no estado do Tocantins. Além disso, a análise de sensibilidade destacou a importância desses pesos na classificação das alternativas avaliadas, fornecendo uma visualização gráfica que ilustra a essencialidade dos pesos no processo de ordenação.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Dra. Carmen Belderrain e à Dra. Fernanda O'Sullivan pelo valioso apoio e pelas contribuições ao nosso trabalho. Da mesma forma, expressamos nossa gratidão a todos os pesquisadores da Embrapa que se envolveram na pesquisa, tornando-a possível e enriquecedora. Suas colaborações foram fundamentais para o sucesso desta pesquisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A. T. (2013). **Processo de decisão nas organizações: construindo modelos de decisão multicritério**. 1. Ed. São Paulo: Atlas.

Bana e Costa, C. A. (1992). **Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'aide à la decision**. (Tese de Doutorado em Engenharia de Sistemas) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. p. 378.

Bana e Costa, C. A.; Vansnick, J. C. (1995). **Uma nova abordagem ao problema da construção de uma função de valor cardinal: MA-CBETH**. *Investigação Operacional*, 15,15-35.

Bana Consulting. (2005). **M-MACBETH Versão 1.1: Manual do usuário [Online]**, Disponível em: <http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-MACBETH%20Manual%20do%20usuario.pdf>.

Brasil. Ministério da Pesca e Aquicultura. (2013b). **Censo aquícola nacional, ano 2008**. Brasília: República Federativa do Brasil.

Caravantes, G; Panno, C; Kloeckner, M. (2005) **Administração: teorias e processo**. São Paulo: Pearson. p. 572.

Chaves, M. C. de C.; Gomes, C. F. S. (2014). **Avaliação de biocombustíveis utilizando o apoio multicritério à decisão**. *Production*, v. 24, n. 3, p. 495-50.

Crepaldi, D.V.; Teixeira, E.A.; Faria, P.M.C.; Ribeiro, L.P.; Melo, D.C.; Carvalho, D.; Sousa, A.B.; Saturnino, H.M. (2006). Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.86-99.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *Estado Mundial da Pesca e Aquicultura*. Roma: FAO.

Flick, U. (2004). **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman,

Gatti, B. A. (2002). **A construção da pesquisa em educação no Brasil**. Brasília: Plano Editora.

Gomes, L. F. A. M; et al. (2022). Apoio à administração universitária: aplicação dos métodos Macbeth e Uta na Universidade Federal Fluminense. RAM. **Revista de Administração Mackenzie**, v. 3, p. 155-174.

Neves, B. M. L.; Jankoski, A. D.; Schnaider, J. M. (2013). **Tutorial de Pesquisa Bibliográfica Este Tutorial faz parte da programação de treinamentos da Biblioteca de Ciências da Saúde**. acervodigital.ufpr.br, Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3>

4321/Pesquisa_bibliografica.pdf?sequence=1&isAll
owed=y.

Oliveira, R. (2009). O panorama da aquicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.2, n.1.

Pedrazzani, A. S.; Molento, C. F. M.; Carneiro, P. C. F.; Castilho, M. F. (2007). **Sensciência e bemestar de peixes: uma visão de futuro do mercado consumidor**. Panorama da Aquicultura. Rio de Janeiro, Disponível em: <http://www.prp.ufla.br/wpcontent/uploads/2011/08/bem-estar-em-peixes.pdf>.

Peixe BR. **Anuário Peixe-BR** da piscicultura 2023. São Paulo. 2023.

Peixe BR. **Anuário Peixe-BR** da piscicultura 2022. São Paulo. 2022.

Pereira, F. M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. E Brandão, L.V. (2008). **Nutrição e boas práticas de manejo em aquicultura**, PUBVET. Disponível em: http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=384.

Phillips, L. D. & Bana e Costa, C. A. (2007). Transparent prioritisation, budgeting and resource

allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. **Annals of Operations Research**, 154, 51-68.

Rossoni, C. F. (2011). **DECISÃO MULTICRITÉRIO: Uma pesquisa experimental para avaliação da percepção dos gestores de MPE acerca do modelo de tomada de decisão multicritério T-ODA quanto à sua aplicabilidade**. (Projeto de Pesquisa para obtenção do título de Mestre em Administração). Campo Limpo Paulista - SP: FACCAMP.

Schein, E. (1999). **Process consultation revisited: building the helping relationship**, Reading, MA, Addison-Wesley.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2017). **Piscicultura: fundamentos da produção de peixes**. Brasília. p. 7, p. 9.

SIDRA: Banco de Tabelas Estatísticas. SIDRA, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca/brasil>. Acesso em: 17 set. de 2023.

Thiollent, M. (1986). **Metodologia da pesquisa - ação**. 2. ed. São Paulo: Cortez.