



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL



SORGO SEM TANINO EM DIETAS DE JUVENIS DE TAMBAQUI

HILACY DE SOUZA ARAÚJO

MANAUS - AMAZONAS

Agosto, 2020

HILACY DE SOUZA ARAÚJO

SORGO SEM TANINO EM DIETAS DE JUVENIS DE TAMBAQUI

Orientadora: Cheila de Lima Boijink, Dra.

Coorientador: Jony Koji Dairiki, Dr.

Coorientadora: Cláudia Majolo, Dra.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal - PPGCAN da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal.

MANAUS - AMAZONAS

Agosto, 2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A663s Araújo, Hilacy de Souza
Sorgo sem tanino em dietas de juvenis de tambaqui / Hilacy de
Souza Araújo . 2020
42 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Cheila de Lima Bojjink
Coorientador: Jony Koji Dairiki
Coorientadora: Cláudia Majolo
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade
Federal do Amazonas.

1. Colossoma macropomum (tambaqui). 2. nutrição. 3. Sorghum
bicolor (sorgo). 4. substituição ao milho. I. Bojjink, Cheila de Lima.
II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Ata da Defesa de Dissertação de Mestrado do senhor Hilacy de Souza Araújo.

Aos vinte e oito dias do mês de agosto de dois mil e vinte às 14h00, **Hilacy de Souza Araújo**, realizou a Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada "Sorgo sem tanino em dietas de juvenis de tambaqui". Em face à Emergência Sanitária por COVID-19, tomando-se como base a Portaria da CAPES nº 36/2020 de 19/03/2020 e o Ofício Circular da PROPESP/UFAM nº 009/2020 de 30/03/2020, e diante da impossibilidade de realização da Defesa na forma Presencial, a Defesa da Dissertação foi realizada através de sessão de videoconferência utilizando a plataforma *Conferência Web*.

Banca Examinadora:

MEMBROS	PARECER	ASSINATURA
Dra. Cheila de Lima Boijink (EMBRAPA) – Presidente	Aprovado (X) Reprovado ()	Assinatura eletrônica no final do documento
Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto (UFAM) – Membro	Aprovado (X) Reprovado ()	Assinatura eletrônica no final do documento
Dr. Gustavo Moraes Ramos Valladão (UFAM) – Membro	Aprovado (X) Reprovado ()	Assinatura eletrônica no final do documento

Resultado Final: Aprovado (X)
Reprovado ()

em Manaus, 28 de agosto de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Pedro de Queiroz Costa Neto, Professor do Magistério Superior**, em 28/08/2020, às 17:19, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cheila de Lima Boijink, Usuário Externo**, em 28/08/2020, às 17:31, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Moraes Ramos Valladão, Usuário Externo**, em 10/09/2020, às 14:13, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0293460** e o código CRC **75B9BF49**.

Av. General Rodrigo Octávio, 6200 - Bairro Coroado I Campus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Sul, Bloco FCA/ICB (Pós-Graduação), 2º andar, Sala C12 - Telefone: (92) 99128-7971
CEP 69080-900, Manaus/AM, ppgcan.ufam@gmail.com

*À minha querida mãe Maria Badi de Souza
Teixeira pelo amor incondicional, pelas
orações, pelo apoio irrestrito e exemplo de
vida.*

*À memória de meu pai Joaquim Silva de
Araújo, esse momento lhe traria muito orgulho.*

Dedico.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por usufruir da divina proteção. Nos momentos mais difíceis, eram as orações e a presença dele que me fez seguir em frente apesar dos momentos de desespero, falta de sorte, nunca me faltou fé que momentos melhores iriam chegar. E nos momentos de alegria e confraternização com os amigos tinha plena certeza que era obra de Deus.

A Universidade Federal do Amazonas – Ufam, a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – Propesp e ao programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – PPGCAN pela oportunidade da formação, por proporcionar muitos conhecimentos através do corpo docente capacitado. Muita gratidão a nossa instituição Ufam pela formação acadêmica, científica e social.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, em particular a Embrapa Amazônia Ocidental pela oportunidade de participar da empresa como aluno de pós-graduação, pela estrutura, bom ambiente de trabalho, pelo tratamento respeitoso de todos profissionais que convivi.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes pela concessão de 13 meses de bolsas.

A minha orientadora professora Dra. Cheila de Lima Boijink e ao meu orientador professor Dr. Jony Koji Dairiki por todos ensinamentos, pela generosidade e pelos incentivos. Gratidão.

A minha coorientadora Dra. Claudia Majolo por toda ajuda e atenção, nunca deixou de me atender no Laboratório de Piscicultura da Embrapa, mesmo estando ocupada.

A técnica do laboratório de piscicultura da Embrapa Msc. Irani, profissional dedicada, por toda ajuda nas análises.

Aos técnicos apoio de campo do setor de piscicultura da Embrapa Sr. Edson e Sr. Marconde.

A equipe Nutrição e Saúde (NS) de peixe que formamos na Embrapa, os mestrandos Eliena e Celso, os ICs Ádila, Gabriella, Gilberto, Kamilla, Larissa, João Marcos e Vanessa, as bolsistas AT Aline, Geysa, Géssica, Kedima e Lorena.

Ao amigo Marcos Froz, uma amizade construída através dos trabalhos realizados na Embrapa.

Aos amigos Alcilany Nascimento Paiva e Rubén Cusihuallpa pela ajuda e apoio.

Aos amigos Ruan Neves e Tasso Tavares pela manutenção de nossa amizade e mesmo de longe o apoio de vocês foi importante.

A Rosimery Frisso pelo apoio em todos os momentos, por dividir a bagagem do mestrado e pela parceria em tudo, obrigado meu bem.

A minha mãe Maria Badi de Souza Teixeira e aos meus irmãos Antônio Júlio, Denilza, Orlandina, Estelina, Solange, Angelina, Itelvina e a minha sobrinha Karina por toda ajuda, apoio, incentivo para não abrir mão de concluir o mestrado apesar das dificuldades. Amo vocês, gratidão.

MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS

RESUMO

Com o aumento do consumo de pescado pela população e como a pesca atingiu seu limite máximo, a forma mais viável de atingir a crescente demanda é através da piscicultura. No entanto, pesquisas devem ser desenvolvidas visando um maior desempenho dos animais e redução dos custos com alimentação. A substituição dos ingredientes convencionais, denota opção viável para redução dos custos com ração. O sorgo sem tanino é um ingrediente energético que possui similaridade nutricional ao milho. O presente estudo teve como objetivo avaliar a substituição de milho por diferentes níveis de sorgo sem tanino na dieta de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) no desempenho zootécnico e no custo da formulação das rações. O experimento foi conduzido no Setor de Piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, Brasil. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em 6 tratamentos (substituição do milho em 0, 20, 40, 60, 80 e 100% pelo sorgo) x 4 repetições. As unidades experimentais foram constituídas por lotes de juvenis de tambaqui com 7 peixes por gaiola de 70 L com peso médio inicial de 30 g e comprimento médio inicial de 10 cm, alojados em caixas d'água de 1.000 L. Para preparo das rações foram utilizados os ingredientes milho, farelo de soja, sorgo sem tanino (cultivar BRS 330), sal comum, óleo de soja, fosfato bicálcico, premix mineral e vitamínico. Formuladas no programa Super Crac versão 5.7, atendendo as exigências dos animais e de acordo com os níveis de substituição. Os peixes foram alimentados por 60 dias. Foram avaliados os índices de desempenho zootécnico (ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE) e as relações somáticas), aferição da glicose circulante e uma exploração do custo benefício da ração formulada. Os resultados demonstraram que para ganho de peso a substituição de 0 a 100% não apresentou diferença estatística. No parâmetro relação lipossomática, 100% de substituição apresentou menor deposição de gordura peritoneal. A substituição de 80% do milho pelo sorgo culminou em um menor custo de produção, sendo 27,4% inferior comparado ao controle. Os outros parâmetros avaliados não apresentaram diferença estatística. Concluiu-se que o sorgo pode substituir o milho em dietas para juvenis de tambaqui sem quaisquer alterações negativas no desempenho zootécnico, no entanto, a substituição mais recomendada corresponde a 85%, pois apresentou melhor desempenho, menor custo de produção e melhor qualidade da carcaça do peixe produzido.

Palavras-chave: *Colossoma macropomum*, nutrição, *Sorghum bicolor*, substituição ao milho

ABSTRACT

With the increase in the consumption of fish by the population and as the fishing reached its maximum limit, the most viable way to reach the growing demand is through fish farming. However, research must be carried out with a view to improving animal performance and reducing feed costs. The substitution of conventional ingredients denotes a viable option to reduce feed costs. Sorghum without tannin is an energetic ingredient that has nutritional similarity to corn. The present study aimed to evaluate the replacement of corn by different levels of sorghum without tannin in the diet of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*) in zootechnical performance and in the cost of formulating the feed. The experiment was conducted in the Fish Farming Sector of Embrapa Amazônia Occidental, Manaus, and Amazonas, Brazil. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC) in 6 treatments (replacement of corn in 0, 20, 40, 60, 80 and 100% by sorghum) x 4 replicates. The experimental units consisted of lots of juvenile tambaqui with 7 fish per 70 L cage with an initial average weight of 30 g and an initial average length of 10 cm, housed in 1,000 L water tanks. Ingredients corn, soybean meal, sorghum without tannin (cultivar BRS 330), common salt, soybean oil, dicalcium phosphate, mineral and vitamin premix. Formulated in the Super Crac version 5.7 program, meeting the requirements of the animals and according to the replacement levels. The fish were fed for 60 days. The zootechnical performance indexes (weight gain (GP), apparent feed conversion (CAA), specific growth rate (TCS) and somatic relationships), measurement of circulating glucose and an exploration of the cost benefit of the formulated feed were evaluated. The results showed that for weight gain, the substitution of 0 to 100% did not present statistical difference. In the liposomal relation parameter, 100% replacement showed less deposition of peritoneal fat. The replacement of 80% of corn by sorghum resulted in a lower production cost, being 27.4% lower compared to the control. The other parameters evaluated showed no statistical difference. It was concluded that sorghum can replace corn in diets for tambaqui juveniles without any negative changes in zootechnical performance, however, the most recommended substitution corresponds to 85%, as it presented better performance, lower production cost and better carcass quality of the fish produced.

Keywords: *Colossoma macropomum*, corn replacement, nutrition, *Sorghum bicolor*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjo das unidades experimentais	21
Figura 2 - Medidor de glicose	24
Figura 3 - Regressão polinomial (●) para relação lipossomática (RLS) em função do nível de sorgo em substituição ao milho	28
Figura 4 - Regressão polinomial (●) para conversão alimentar aparente (CAA) em função do nível de sorgo em substituição ao milho	29
Figura 5 - Regressão polinomial (◆) para ganho de peso unitário (GPU) de peixe por tratamento em função do nível do sorgo em substituição ao milho	29
Figura 6 - Perfil do aminograma do ingrediente sorgo sem tanino (cultivar BRS 330) e comparação com valores de literatura de sorgo baixo tanino e milho	31
Figura 7 - Regressão para custo do quilo de peixe produzido em função do nível de sorgo em substituição ao milho	32
Figura 8 – Certificado de conduta de ética do projeto – Embrapa Amazônia Ocidental (CEUA/CPAA – Protocolo nº09/2018)	40
Figura 9 – Acesso ao patrimônio genético dos animais envolvidos na presente pesquisa regularizados por meio do cadastro A8E019E na plataforma SISGEN do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água, temperatura, oxigênio dissolvido e pH	21
Tabela 2 - Níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho e as fontes alimentares para formulação das rações	22
Tabela 3 - Composição bromatológica das rações experimentais com níveis crescentes de sorgo em substituição ao milho	23
Tabela 4 - Parâmetros de desempenho e mensuração da glicose de juvenis de tambaqui (<i>Collossoma macropomum</i>) alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho	25
Tabela 5 - Comprimento total, padrão e relações somáticas de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho	26
Tabela 6 - Composição aminoacídica do ingrediente sorgo sem tanino utilizado no experimento e comparação com dados da literatura	30
Tabela 7 - Custo do quilo de peixe produzido, relação do custo da ração produzida multiplicado pela conversão alimentar aparente (CAA) de cada tratamento	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>)	16
3.2 Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>)	17
3.3 Sorgo na alimentação de peixes	18
4 MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 Experimento	20
4.2 Preparo das rações	22
4.3 Avaliação do desempenho zootécnico	23
4.4 Colheita de sangue e análise de glicose	23
4.5 Análise estatística	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1 Desempenho zootécnico	25
5.2 Composição aminoacídica	30
5.3 Custos da formulação de ração	31
6 CONCLUSÕES	34
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35
8 ANEXOS	40

1 INTRODUÇÃO

A produção de peixes em cativeiro vem apresentando uma maior taxa de crescimento decorrente do aumento do consumo de pescado pela população e pela diminuição da disponibilidade de peixes oriundos do extrativismo. Técnicas estão sendo desenvolvidas e/ou aprimoradas para maximizar a produção de peixes, para atender esta demanda. O tambaqui *Colossoma macropomum* é a espécie nativa que vem ganhando destaque, sendo a segunda espécie mais criada em âmbito nacional e a primeira espécie mais produzida na região norte. O principal centro consumidor de tambaqui é Manaus, com aproximadamente 2,3 milhões de habitantes, onde o consumo é da ordem de 60.000 toneladas/ano, o que corresponde a mais de 26 kg/habitante/ano. Sendo que, mais de 95% do tambaqui consumido neste mercado é proveniente da criação em cativeiro. Portanto, devem se propagar técnicas que propiciem um maior desempenho dos animais, com a diminuição do custo de produção e que forneçam as melhores condições sanitárias, pois as criações comerciais trabalham com densidades mais elevadas que as encontradas na natureza.

Um dos principais entraves na produção do pescado é o custo com a alimentação, este pode chegar a mais de 60% dos custos de produção da espécie. Medidas para redução do dispêndio por meio de formulações de rações mais econômicas são imprescindíveis para o estabelecimento da piscicultura, especialmente a estadual. A substituição dos ingredientes convencionais pode ser uma relevante opção para propiciar a almejada redução do custo da ração e conseqüentemente da produção do tambaqui. O cultivo do sorgo *Sorghum bicolor* e sua utilização nas rações para peixes onívoros pode ser uma alternativa para a oferta sustentável de um alimento de boa qualidade para a alimentação animal em conjunto com o baixo custo, beneficiando desta forma os piscicultores, bem como a agroindústria de rações para peixes. Aliado a isso, a rusticidade da cultura do sorgo tem sido uma excelente opção para a produção de grãos em todas as situações em que há condições de baixa fertilidade dos solos, déficit hídrico que oferecem riscos para outras culturas, especialmente o milho. O sorgo sem tanino possui similaridade no âmbito nutricional ao milho, sem o antinutricional que mais afeta a aceitabilidade e a digestibilidade do sorgo.

Diante do exposto, é notória a relevância da pesquisa buscando responder os efeitos em substituir o milho pelo sorgo sem tanino, por meio da análise do desempenho zootécnico, das relações somáticas e o custo benefício na formulação das rações para juvenis de tambaqui.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a substituição de milho por diferentes níveis de sorgo sem tanino em dieta de juvenis de tambaqui.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho;

Determinar o melhor nível de sorgo sem tanino em substituição ao milho nas rações experimentais;

Caracterizar o balanço de aminoácidos do ingrediente sorgo utilizado na formulação das rações com diferentes níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho;

Mensurar o custo da ração formulada com diferentes níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum*)

O tambaqui, da ordem Characiforme e da família Characidae, foi coletado pela primeira vez pelo naturalista português Alexandre Rodrigues Ferreira, em sua expedição à Amazônia, em 1783-1798. A espécie foi descrita por George Coveiro em 1818 (BALDISSEROTTO, 2013). É considerado o segundo maior peixe de escamas da América do Sul, podendo atingir 1 metro de comprimento e pesar mais de 30 kg, é originário das bacias dos rios Orinoco e Amazonas, com abrangência em toda a região amazônica. Possui hábito alimentar onívoro, alimenta-se, na natureza, de frutos e sementes da floresta alagada e pequenos organismos. Na fase jovem, é filtrador, alimentando-se de zooplânctons, no qual encontra maior oferta de proteína animal para os primeiros anos de vida (SILVA et al., 2000; COSTA et al., 2001; ARAÚJO-LIMA, 2005; GOMES et al., 2013; RODRIGUES, 2018).

É a espécie nativa de maior importância na pesca e piscicultura da Amazônia, muito apreciada na região Norte do país (SANTOS, 2009). Este fato se deve à espécie apresentar facilidade a reprodução e, conseqüentemente ofertas de juvenis, resistência ao manejo, possui bons índices zootécnicos, tem boa aceitação no mercado. Geralmente, são comercializados “in natura”, eviscerados, resfriados e congelados (TROMBETA e MATTOS, 2013).

O ciclo de produção do tambaqui, em clima tropical, compreende de 10 a 12 meses, e pode ser dividido em larvicultura, produção de formas juvenis e engorda. A larvicultura abrange a fase em que os peixes são criados da eclosão até o peso médio individual de 0,5 a 1 g durante o período de 30 a 45 dias. A fase juvenil compreende cerca de 60 dias, e os peixes encontram-se com peso médio inicial entre 40 e 50 g. Na engorda, o tempo depende do peso desejado para o abate (DAIRIKI e SILVA, 2011). A espécie é reofílica, porém a tecnologia de sua propagação artificial já está dominada, não ocorrendo limitações na oferta de seus juvenis (ARAÚJO-LIMA e GOMES, 2005; STREIT Jr et al., 2012).

O tambaqui é a segunda espécie mais criada no Brasil, com 19,7% do total de peixes produzidos em 2018, com despesca de 102,55 mil toneladas (IBGE, 2019). Sendo, a espécie mais criada na região norte, e representou 73,1%, produziu 74,99 mil toneladas do total nacional de criação em 2018. O estado de Rondônia é o principal produtor da espécie no Brasil, representou 40,6% da produção nacional, 82,8% da produção do estado corresponde a tambaqui. Maranhão e Roraima aparecem em seguida no ranking de estados. Dos dez municípios maiores produtores de tambaqui, seis estão localizados em Rondônia. Ariquemes

(RO) seguiu liderando a produção, seguido de Almas (TO), Clube (RO), Amajari (RR) e Paragominas (PA) (IBGE, 2019).

O estado do Amazonas tem alta demanda pelo tabaqui, o estado brasileiro onde há maior consumo de peixes no país, com média de 54 kg de peixe habitante/ano (ARRUDA, 2017), notoriamente absorve a maior parte da produção dos estados produtores da região norte (IBGE, 2017). No entanto, a produção do estado não supre com essa demanda crescente, aproximadamente 90% do pescado comercializado na capital do estado vêm dos estados de Rondônia e Roraima.

3.2 Sorgo (*Sorghum bicolor*)

A cultura do sorgo atingiu na safra 2018 uma produção acima de 2,25 milhão de toneladas, com uma área plantada de 813.856 hectares (IBGE, 2019). De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento no último ano agrícola a cultura apresentou leve declínio, atingindo em 2019 a produção de 2,17 milhões de toneladas. No entanto, a estimativa é de expansão. Este crescimento é explicado, do ponto de vista agrônomo, pelo alto potencial de produção de grãos, de matéria seca, além da importante capacidade da cultura de suportar estresses ambientais (CONAB, 2020).

O grão de sorgo (*Sorghum bicolor* (L). *Moench*) é fonte de energia em dietas de monogástricos e ruminantes, podendo substituir cereais como o trigo e o milho atendendo as exigências energéticas dos animais (CABRAL FILHO, 2004). Comparativamente apresenta de 90 a 95% do valor nutritivo do milho, teor de proteína um pouco superior ao milho, em torno de 8 a 9%, sendo levemente inferior em valor energético (NRC, 1994).

O sorgo é reconhecido como o principal grão alternativo ao milho na produção de silagem para ruminantes e na confecção de rações para monogástricos. Ingrediente fundamental para manter o mercado de rações abastecido com grãos de qualidade confiável e custo acessível (SELLE et al., 2017), tendo em vista que o milho, principal ingrediente para alimentação animal no país, está em crescente valorização, em especial pela exportação do produto (PAIVA, 2010). Do ponto de vista do mercado, o sorgo é o produto que apresenta liquidez para o agricultor e vantagem para a indústria na busca de alternativas para compor suas rações com qualidade e melhor custo (CONAB, 2020).

O sorgo como ingrediente energético deixou de ser somente uma mera cultura fonte de matéria prima alternativa para alimentação animal, chegando a um patamar de ingrediente valioso nas indústrias de ração animal. Embora o valor nutritivo do sorgo seja em média 2 a

4% menor comparado ao milho, o preço do sorgo nas praças agrícolas é de 10 a 15% inferior a do milho. Aliado a isso, há incentivos econômicos e ambientais para o uso do sorgo, devido a boas características agronômicas, como na eficiência do uso da água, além do avanço científico com o melhoramento das cultivares, maior entendimento das práticas agronômicas e adequado processamento do grão, com esses avanços o futuro do sorgo como principal grão é promissor (RONDA et al., 2019).

Numa compilação de experimentos na comparação de sorgo e milho para a alimentação de suínos mostrou que a eficiência nutricional do sorgo em relação ao milho está na faixa de 91 a 99%, com uma média de 95%. No entanto, estudos recentes não apresentaram diferenças no ganho de peso médio diário e na ingestão média diária de ração de suínos alimentados com sorgo e dietas à base de milho (JORDAN et al., 2015).

A presença do tanino no grão de sorgo é um fator genético, os genótipos que possuem os genes dominantes B1 e B2 são responsáveis pela presença de tanino no grão. A vertente desejável do tanino no grão, propicia algumas vantagens agronômicas, como resistência a ataques de pássaros, insetos e doenças pela sua adstringência. Outra vertente contrária, tem relação a problemas na digestão dos animais monogástricos, por formarem complexos com proteínas, reduzindo a sua palatabilidade e digestibilidade (RODRIGUEZ et al., 1999). O sorgo sem tanino é nutricionalmente mais adequado para animais monogástricos, pois não há o efeito antinutricional do tanino, que interage com proteínas e carboidratos, reduzindo o aproveitamento dessas macromoléculas pelo organismo, influenciando o desempenho com menor ganho de peso dos animais. Existindo correlação negativa entre a presença de tanino no grão e a digestibilidade do alimento (MAGALHÃES et al., 1997).

O híbrido de sorgo granífero BRS 330, apresenta grão de cor vermelha e sem tanino, possui porte baixo, ciclo de 120 dias, boa tolerância ao estresse hídrico, teor de proteína superior a 10% no grão. Uma característica que chama atenção é a estabilidade de produção e tolerância ao alumínio tóxico (EMBRAPA, 2010), produtividade média de 4,84 t/ha (SILVA, 2013). Segundo Mendonça et al. (2018), estudando o sorgo BRS 330 em sistema de plantio direto utilizando doses diferentes de fertilizantes organomineral, chegou a produtividade de 233,97 sacas por hectare na dose de 750 kg/ha.

3.3 Sorgo na alimentação de peixes

Analisando o valor nutritivo dos alimentos utilizados na formulação de rações para peixes tropicais, concluiu que o sorgo alto tanino é o alimento concentrado energético com

menor coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%). Isso deve ser atribuído a ação antinutricional do tanino, visto que o sorgo sem tanino apresenta valores digestíveis melhores que aqueles encontrados para o farelo de trigo e, levemente inferiores aos CDA do milho e do arroz (FURUYA et al., 2001; PEZZATO et al., 2009). A restrição da substituição total do milho pelo sorgo, deve-se ao seu teor de tanino. O teor desse antinutricional classifica o sorgo em alto tanino (>1,2%), médio (0,5 a 1,2%) ou baixo tanino (<0,5%). São pertencentes ao grupo dos taninos condensados, presente no pericarpo do grão, conferindo baixa palatabilidade dependendo da classificação do tanino, ocasionado pelo sabor adstringente (PINTO, 2001).

Todas as pesquisas envolvendo a substituição do milho pelo sorgo nas dietas de peixes fizeram o uso de variedades com tanino no grão. Há escassez de trabalhos publicados que avaliou o uso do sorgo sem tanino em dietas para peixes onívoros. Sanchez et al. (2016) testando a substituição do milho pelo sorgo baixo tanino em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), ressaltam que o sorgo apresenta coeficiente de digestibilidade aparente semelhante ao milho e pode substituí-lo totalmente, além de diminuir o custo da formulação. Castro et al. (1998) avaliando rações de crescimento para tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus var.*) testaram níveis de inclusão de 20 e 40% de sorgo. Segundo esses autores, o nível de inclusão máximo testado não comprometeu o ganho de peso desses animais.

Avaliando o peso vivo e comprimento total de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com milho e diferentes níveis de sorgo baixo tanino em substituição ao milho (25, 50, 75 e 100%) não apresentaram diferenças estatísticas entre si demonstrando que a inclusão de sorgo na ração não influenciou tais parâmetros (PAIVA, 2010). Também trabalhando com tilápia do Nilo em fase juvenil Furuya et al. (2003), não observaram efeitos significativos sobre a conversão alimentar, taxa de eficiência proteica, índice hepatossomático, gordura visceral e taxa de sobrevivência, quando compararam a substituição de milho por silagem de sorgo baixo tanino e silagem de sorgo alto tanino.

Rabelo (2016) trabalhando com sorgo em dietas para jundiá, ressaltaram que 80% de substituição de sorgo pelo milho não causou prejuízos no desempenho zootécnico. Hussein et al. (2016) avaliando o efeito da substituição do milho pelo sorgo em quatro dietas com níveis de inclusão (25, 50, 75, 100%), sobre o desempenho e composição da tilápia do Nilo, o nível 75% apresentou o melhor ganho de peso, comparado ao controle e aos demais tratamentos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Experimento

O experimento foi conduzido no Setor de Piscicultura da Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, Amazonas, Brasil (03°06'07"S;60°01'30"W; altitude 92 m). Os procedimentos experimentais utilizados na pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética do Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Amazônia Ocidental (protocolo n° 09/2018) e o acesso ao patrimônio genético dos animais envolvidos na presente pesquisa regularizados por meio do cadastro A8E019E na plataforma SISGEN do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Os juvenis de tambaqui foram adquiridos de uma propriedade localizada no Km 113 da AM-010, Município de Rio Preto da Eva-AM, transportados para o Setor de Piscicultura da Embrapa. Uma amostra de 10% do plantel de peixes passou por testes sanitários no Laboratório de Piscicultura da Embrapa, com confirmação de peixes saudáveis, ausência de parasitos monogenóides e acantocéfalos.

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em 6 tratamentos (substituição do milho em 0, 20, 40, 60, 80 e 100% pelo sorgo) x 4 repetições. As unidades experimentais foram constituídas por lotes de juvenis de tambaqui com 7 peixes por gaiola de 70 L com peso médio inicial de 30 g e comprimento médio inicial de 10 cm, alojados em caixas d'água de 1.000 L. Em cada caixa foram alocadas seis gaiolas distribuídas aleatoriamente em quatro caixas (figura 1), correspondentes as quatro repetições, com adoção de rigorosa manutenção dos parâmetros de qualidade da água em ambas repetições, sem quaisquer alterações relevantes denotando ambientes igualitários. A aleatorização das unidades experimentais foi realizada com a ferramenta eletrônica Edgar II (2015). Os peixes foram alimentados por 60 dias com rações peletizadas até à saciedade aparente com duas refeições diárias (08h00min e às 15h00min).



Figura 1 – Arranjo das unidades experimentais
 Fonte: Araújo, S. H. (2019)

Os parâmetros de qualidade de água como o pH, o oxigênio dissolvido e a temperatura foram medidos por meio de aparelhos oxímetro e potenciômetro semanalmente. Cada caixa foi equipada com dois termostatos com aquecedores de 300 W, compressores de ar e entrada de água constante proveniente de poço artesiano. Foram obtidos os valores médios de temperatura, de oxigênio dissolvido e pH (tabela 1). Além disso, foram monitorados quinzenalmente os níveis de amônia, nitrito, alcalinidade e dureza da água, todos os parâmetros estavam dentro da faixa aceitável.

Tabela 1 - Parâmetros de qualidade de água, temperatura, oxigênio dissolvido e pH

Caixas d'água	T (°C)	OD (mg/L)	pH
CX1	28,63 ± 0,75	5,49 ± 0,31	6,72 ± 0,53
CX2	28,91 ± 0,40	5,78 ± 0,35	6,53 ± 0,57
CX3	28,18 ± 0,38	5,63 ± 0,46	6,59 ± 0,46
CX4	28,11 ± 0,63	5,67 ± 0,65	6,52 ± 0,38

T: Temperatura, OD: oxigênio dissolvido, pH: potencial hidrogeniônico
 Média das parcelas (n=8), ± desvio padrão

Os valores aferidos para os parâmetros físico-químicos da água, em todos os tratamentos estão de acordo com os sugeridos para a espécie criada em ambiente tropical (KUBITZA, 2003; ARIDE et al., 2004; SÁ, 2012).

4.2 Preparo das rações

As rações foram preparadas com milho, farelo de soja, sorgo sem tanino (cultivar BRS 330), sal comum, óleo de soja, fosfato bicálcico, premix mineral e vitamínico, com variação da quantidade dos ingredientes dependendo do nível de substituição adotado (tabela 2). Foram divididos em seis tratamentos, esses consistiram em seis níveis de substituição de milho pelo sorgo sem tanino (0, 20, 40, 60, 80, 100%). As rações foram formuladas no programa Super Crac versão 5.7, no mesmo programa também foi possível calcular simultaneamente os custos das rações, fornecendo um relatório do total de ingredientes gastos e o custo por quilo de ração produzida, com base no preço dos ingredientes no mercado local.

O custo por quilo de peixe produzido foi estimado pelo custo dos ingredientes da ração formulada, multiplicado pela conversão alimentar aparente (CAA). Os dados de custo não levaram em consideração os custos fixos, o custo com mão-de-obra, somente o custo com ração e a CAA. Após a formulação, os ingredientes foram misturados e passaram pelo processo de peletização, obtendo as rações experimentais. As mesmas foram secas em estufa de ventilação forçada à 45°C por 24 horas. Todas as rações foram armazenadas em sacos plásticos e conservadas ao abrigo de luz em ambiente refrigerado (4° C) até o momento do uso. As análises bromatológicas (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral) das rações prontas (tabela 4), foram realizadas no Laboratório de Tecnologia do Pescado da Universidade Federal do Amazonas, conforme metodologia descrita (AOAC, 2007).

Tabela 2 - Níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho e as fontes alimentares para formulação das rações

Ingredientes	0 (%)	20 (%)	40 (%)	60 (%)	80 (%)	100 (%)
Milho grão	50,0	40,0	30,0	20,0	10,0	0
Sorgo grão	0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0
Farelo de Soja	38,5	38,5	38,5	37,67	38,20	38,5
Farinha de Sangue	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0
Fosfato Bicálcico	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Premix	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sal Comum	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Óleo de Soja	0,0	0,0	0,0	0,72	0,29	0,0
Total	100	100	100	100	100	100

Ingredientes formulados para 100kg de ração, de acordo com as exigências

Tabela 3 - Composição bromatológica das rações experimentais com níveis crescentes de sorgo em substituição ao milho e valores de energia bruta calculados

Variáveis	Níveis de sorgo sem tanino em substituição ao milho					
	0 (%)	20 (%)	40 (%)	60 (%)	80 (%)	100 (%)
MS (%)	89,53	89,71	89,32	89,62	89,61	89,81
PB (%)	32,09	32,01	32,55	32,81	33,37	33,49
EE (%)	3,55	3,49	3,56	3,75	3,77	4,27
MM (%)	4,50	4,67	4,66	4,71	4,68	4,85
	Valores calculados					
EB (kcal/kg)	4079	4091	4103	4153	4143	4140

Valores apresentados com médias. MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral
Valores calculados no SuperCrac 5.7. EB: energia bruta

4.3 Avaliação do desempenho zootécnico

No final do período experimental foram coletados o peso total do lote de peixes e de cada unidade experimental foram retirados três juvenis de tambaqui para determinação das relações corporais. Foram avaliados os seguintes índices de desempenho: Peso inicial (PI), Peso final (PF), Ganho de peso (GP) = [(peso final) – (peso inicial)], Consumo de ração (CR), Conversão alimentar (CA) = [(consumo de ração) / (ganho de peso)], taxa de crescimento específico (TCE) = {[In peso final – In peso inicial) / período] x 100}, Sobrevivência (S) = [(número de animais final / número de animais inicial) x 100], para esses dados considerou-se o lote de cada unidade experimental.

Para as análises das relações corporais pesou-se os peixes carcaça inteira, seguido pela pesagem do fígado, da gordura intraperitoneal e o peso das vísceras para aplicação da fórmula matemática de cada índice corporal respectivo. Relação hepatossomática (RHS) = [(peso do fígado / peso da carcaça) x 100]; Relação lipossomática (RLS) = [(peso do gordura intraperitoneal / peso da carcaça) x 100]; Relação viscerossomática (RVS) = [(peso das vísceras / peso da carcaça) x 100], para os dados de relações somáticas foram coletados doze peixes por tratamento.

4.4 Colheita de sangue e análise de glicose

Três peixes de cada unidade experimental foram selecionados aleatoriamente ao término do período experimental, anestesiados com solução do anestésico eugenol (0,4 ml/L) diluído em água. A colheita do sangue foi realizada, segundo Paiva et al. (2013), pela punção

da veia caudal, com uso de seringas e agulhas, umedecidas internamente com o anticoagulante heparina.

Para mensurar a glicose sanguínea foi utilizado o aparelho portátil medidor de glicose (Accu-Chek® Active) ou comumente conhecido como glicosímetro. O aparelho utilizado foi o de leitura calorimétrica, faz a leitura por uma fotocélula no monitor, usa um biossensor fotométrico em contato com a glicose (TONYUSHKINA e NICHOLS, 2009). O medidor é dividido em duas partes essenciais, a tira-teste e o monitor. A tira-teste onde foi depositado uma gota de sangue com auxílio da seringa, em seguida, acoplada no suporte do leitor (figura 2), após aproximadamente cinco segundos, o medidor fez a leitura da glicose sanguínea em mg/dL. Medir os níveis de glicemia nos peixes é uma medida importante para avaliar o estado de saúde desses animais, tendo em vista que a glicose é uma molécula que está relacionada a aspectos fisiológicos e morfológicos, como o estado nutricional.



Figura 2 – Medidor de glicose
Fonte: Araújo, S. H. (2019)

Foi adotado o manejo de bem-estar animal no momento de captura e colheita do sangue, para evitar os efeitos do estresse causado pelo manejo como um agravante na alteração da glicose circulante. Dentre as respostas de estresse estão as mudanças em parâmetros como a glicose, íons no sangue e parâmetros hematológicos (WENDERLAAR BONGA, 1997).

4.5 Análise estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($\alpha=0,05$) e em caso de diferença estatística, foi aplicado o teste de Tukey. Foi realizada uma análise exploratória para determinação dos melhores níveis de inclusão, por meio do uso de regressão polinomial. O sistema computacional utilizado foi o Minitab 18 Statistical Software (MINITAB, 2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desempenho zootécnico

Os resultados de ganho de peso (GP), conversão alimentar aparente (CAA), taxa de crescimento específico (TCE) estão apresentados na Tabela 4, assim como, a glicose aferida.

Tabela 4 - Parâmetros de desempenho e mensuração da glicose de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho

Tratamento	GP (g)	CAA	TCE (%/dia)	Gli (mg/dL)
0 %	19,01 ± 4,16 a	2,65 ± 0,48 a	0,84 ± 0,14 a	68,08 ± 8,77 a
20 %	22,58 ± 3,59 a	2,08 ± 0,14 a	0,97 ± 0,12 a	72,25 ± 4,73 a
40 %	20,35 ± 3,60 a	2,16 ± 0,29 a	0,89 ± 0,12 a	69,25 ± 5,37 a
60 %	21,61 ± 4,72 a	2,13 ± 0,15 a	0,93 ± 0,16 a	69,50 ± 9,64 a
80 %	18,05 ± 2,57 a	1,97 ± 0,34 a	0,82 ± 0,08 a	70,25 ± 6,88 a
100 %	16,12 ± 1,31 a	2,32 ± 0,16 a	0,74 ± 0,04 a	69,58 ± 4,91 a
CV (%)	21,48	16,69	16,52	10,39

GP: Ganho de peso; CA: Conversão alimentar; TCE: Taxa de crescimento específico e Gli: Glicose Média das parcelas (n=4), ± desvio padrão

Teste de Tukey ajustado para o nível de significância ($\alpha=0,05$); CV: coeficiente de variação

Nota-se que a substituição de 0 a 100% de sorgo sem tanino para ganho de peso dos animais não apresentou diferença estatística ($p>0,05$). A possível explicação está relacionada com a equivalência nutricional dos ingredientes em substituição. Numa compilação de trabalhos na comparação de sorgo e milho Jordan et al. (2015) observaram que a eficiência nutricional do sorgo ao milho chega a 99%. Furuya et al. (2003) e Paiva (2010) trabalhando

com tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, Sanchez et al. (2016) em experimento com pacu *Piaractus mesopotamicus*, Rabelo (2016) no desempenho de jundiá *Rhamdia quelen*, avaliando a substituição do milho pelo sorgo não encontraram diferença no GP. Esses resultados corroboram com a presente pesquisa que na substituição de até 100% de sorgo ao milho não afetou o GP, evidenciando que o ingrediente pode substituir integralmente o milho em dietas para juvenis de tambaqui.

Nos parâmetros (conversão alimentar, taxa de crescimento específico e glicose circulante) os tratamentos com níveis de 0 a 100% de sorgo em substituição ao milho não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$). Esses resultados corroboram com os encontrados por outros autores. Rabelo et al. (2016) que ao testar a substituição do milho pelo sorgo baixo tanino em dietas para jundiá com níveis crescentes de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%. E por Sanchez et al. (2016) utilizando as dietas experimentais de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição da energia do milho pela do sorgo para juvenis de pacu, também não observaram diferenças significativas para desempenho zootécnico.

Tabela 5 - Comprimento total, padrão e relações somáticas de juvenis de tambaqui alimentados com diferentes níveis de sorgo em substituição ao milho

Tratamento	CT (cm)	CP (cm)	RLS (%)	RVS (%)	RHS (%)
0 %	13,69 ±0,25 a	11,16 ±0,30 a	3,11 a	5,02 a	1,88 a
20 %	13,97 ±0,37 a	11,34 ±0,43 a	3,14 a	4,94 a	2,17 a
40 %	14,18 ±0,36 a	11,36 ± 0,25 a	2,39 ab	4,27 a	2,14 a
60 %	14,18 ±0,57 a	11,52 ±0,49 a	2,36 ab	5,30 a	2,03 a
80 %	14,17 ±0,29 a	11,42 ±0,12 a	2,18 b	4,43 a	2,08 a
100 %	13,78 ±0,40 a	11,43 ±0,46 a	1,76 c	3,98 a	1,97 a
CV (%)	3,20	3,47	23,50	18,52	20,15

CT: comprimento total; CP: Comprimento padrão; RLS: Relação lipossomática; RVS: Relação viscerossomática e RHS: Relação hepatossomática

Média das parcelas (n=4), ± desvio padrão

Teste de Tukey ajustado para o nível de significância ($\alpha=0,05$); CV: coeficiente de variação.

Os dados de comprimento total (CT), comprimento padrão (CP) e os índices lipossomática, viscerossomática e hepatossomática estão apresentados na tabela 5.

Somente a relação lipossomática apresentou diferença significativa entre os tratamentos, sendo que, na substituição de 100% de sorgo ao milho houve menor acúmulo

de gordura intraperitoneal ($p < 0,05$). Uma das possíveis explicações para a tendência observada pode estar relacionada com a composição nutricional do ingrediente sorgo em comparação ao milho. De acordo com Rostagno (2017) o sorgo apresenta maior teor de proteína bruta (PB) em comparação ao milho, o sorgo baixo tanino descrito por esse autor, sendo o ingrediente similar ao utilizado neste trabalho, apresentou o nível de 8,75% de PB enquanto o milho grão, fonte substituído no estudo, tem 6,92% de PB. Estes ingredientes foram as principais fontes energéticas das rações experimentais. O maior teor proteico do sorgo pode explicar a menor deposição de gordura intraperitoneal, uma vez que os aminoácidos presentes nesta proteína podem ter sido utilizados na construção de tecido muscular, ao invés do adiposo. Ao evidenciar o sorgo sem tanino cultivar BRS 330, matéria-prima fonte energética utilizada na pesquisa, segundo a Embrapa (2010) essa cultivar tem níveis de PB acima de 10% no grão. Ou seja, o nível 1,8% a mais de proteína quanto a substituição do milho pelo sorgo descrito pela literatura, pode apresentar níveis acima de 3% de proteína utilizando o sorgo cultivar BRS 330 em substituição ao milho.

É fundamental medir a glicose circulante por se tratar de um experimento que avaliou diferentes dietas. Atwood et al. (2003) testaram fontes de óleos de coco para tilápia, esses autores constataram que houve influência da fonte energética associadas a diminuição de temperatura com aumento da glicose, essa resposta caracteriza-se como alterações fisiológicas. No presente estudo, não foram observadas alterações significativas na glicose circulante, evidenciando que o ingrediente sorgo na ração não influencia negativamente este parâmetro.

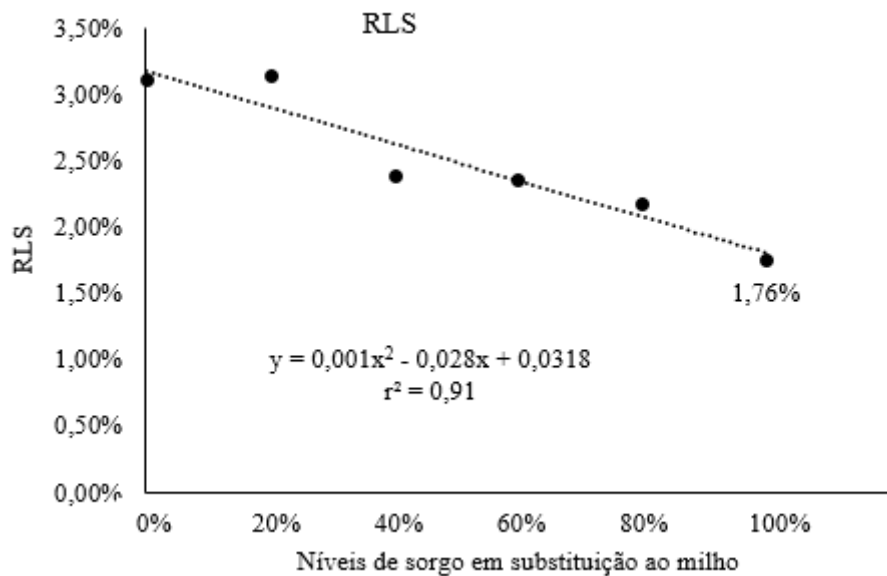


Figura 3 - Regressão polinomial (●) para relação lipossomática (RLS) em função do nível de sorgo em substituição ao milho

Ao observar a regressão polinomial da relação lipossomática (figura 3), a partir do tratamento 20% há um considerável e significativo declínio da porcentagem de gordura nas carcaças de peixes. Ao se comparar os tratamentos extremos 0 e 100% de substituição há uma diferença significativa de aproximadamente 56,6% de redução da gordura visceral com a substituição total do milho pelo sorgo, fato este interessante na nutrição animal e conseqüentemente para o consumidor final, ávido pelo consumo de pescado magro e saudável. No entanto, cabe ressaltar que na visão do consumidor o tambaqui é um pescado apreciado por apresentar maior deposição de gordura, logo, sugere-se pesquisas futuras com tambaqui na fase de engorda para que haja a oportunidade da análise sensorial dos peixes alimentados com sorgo sem tanino em substituição ao milho.

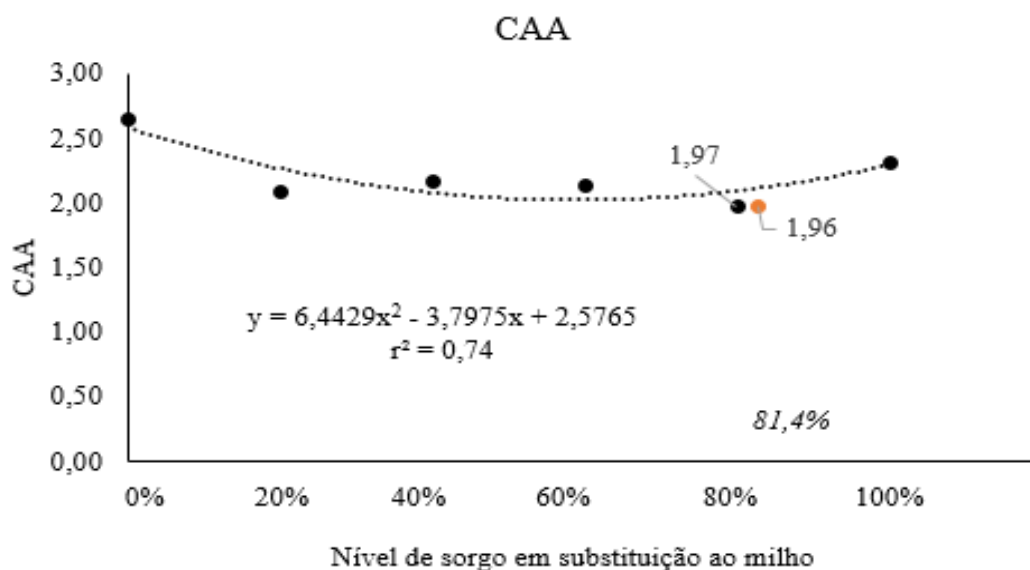


Figura 4 - Regressão polinomial (●) para conversão alimentar aparente (CAA) em função do nível de sorgo em substituição ao milho

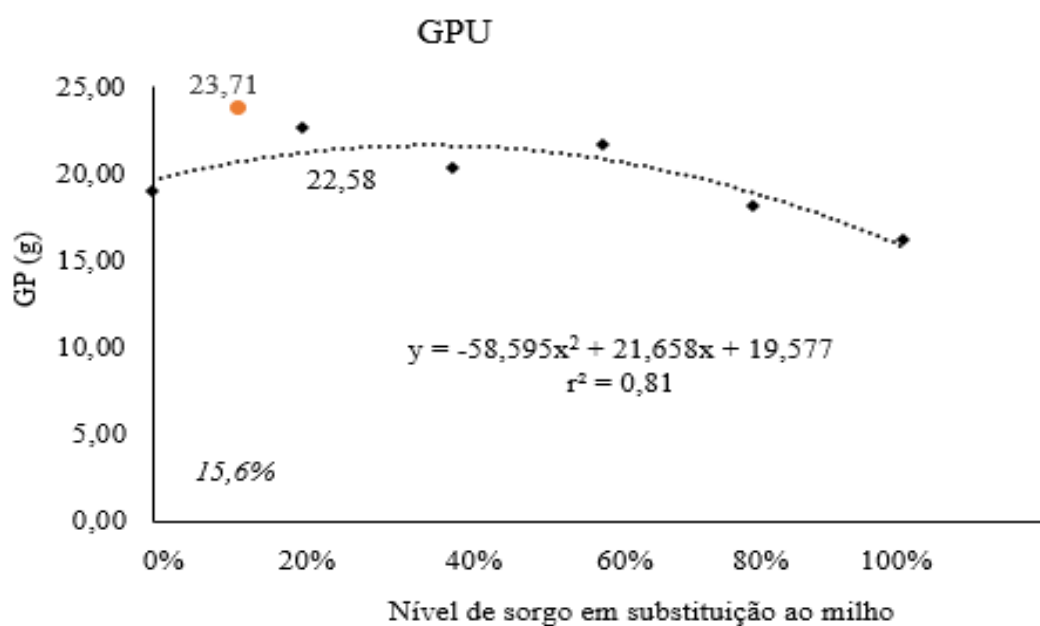


Figura 5 - Regressão polinomial (◆) para ganho de peso unitário (GPU) de peixe por tratamento em função do nível do sorgo em substituição ao milho

Por meio da resolução algébrica das equações apresentadas nas figuras 4 e 5, determinamos as melhores substituições nos níveis: 81,4% para conversão alimentar aparente e 15,6% para Ganho de peso unitário. Rodrigues et al. (2020), avaliando a substituição do milho pelo sorgo em dietas para jundiá (*Rhamdia quelen*), com níveis de 0%, 50% e 100%, observaram melhor ganho de peso no tratamento 50%.

5.2 Composição aminoacídica

Tabela 6 - Composição aminoacídica do ingrediente sorgo sem tanino utilizado no experimento e comparação com dados da literatura

Aminoácido	Sorgo sem tanino (Cultivar 330) * (%)	Sorgo baixo tanino (Rostagno, 2017) (%)	Milho (Rostagno, 2017) (%)
Arginina	3,1	4,0	4,7
Histidina	0,6	2,2	3,0
Fenilalanina	4,2	5,2	4,7
Isoleucina	9,0	4,0	3,3
Leucina	12,8	13,7	12,1
Lisina	4,5	2,2	2,9
Metionina	1,2	1,7	2,0
Treonina	5,0	3,2	3,9
Valina	11,0	5,0	4,5
Ácido Aspártico	7,9	3,8	3,8
Ácido Glutâmico	4,5	13,6	7,5
Gaba	4,4	nd	nd
Alanina	14,4	9,3	7,7
Asparagina	5,0	1,7	2,1
Glicina	4,0	3,5	4,0
Glutamina	0,1	8,6	10,2
Serina	5,0	4,4	5,0
Tirosina	3,3	4,1	3,5
Total	100	90,2	84,9

*Valores determinados com o uso do HPLC

nd: não determinado

Os resultados da composição aminoacídica do ingrediente sorgo sem tanino cultivar BRS 330 estão apresentados na tabela 6, assim como, os valores de sorgo baixo tanino e milho, ambos descritos na composição de alimentos e exigências nutricionais (ROSTAGNO, 2017). Comparando os dados do sorgo sem tanino utilizado no presente trabalho, foram observados níveis superiores para os aminoácidos, ácido aspártico, alanina, isoleucina, lisina, treonina e valina. E níveis inferiores para os aminoácidos glutamato, glutamina, histidina e metionina. O ingrediente sorgo apresentou nível de lisina superior a 2,5%, comparado as fontes de matérias-primas energéticas apresentadas na literatura. A lisina é o aminoácido mais limitante para peixes, sendo aminoácido referência utilizado como padrão de proteína ideal (FURUYA et al., 2004; DAIRIKI et al., 2007).

O aminoácido que apresentou deficiência crítica foi a glutamina, essa por sua vez pode ser sintetizada a partir de outro aminoácido. Segundo Nelson e Cox (2014) glutamina é constituído a partir do grupo amina do glutamato, aminoácido também encontrado em proteínas. Os outros aminoácidos expostos no aminograma, não apresentaram diferenças que pudessem influenciar pelos níveis de excesso ou carência a necessidade fisiológica dos animais.

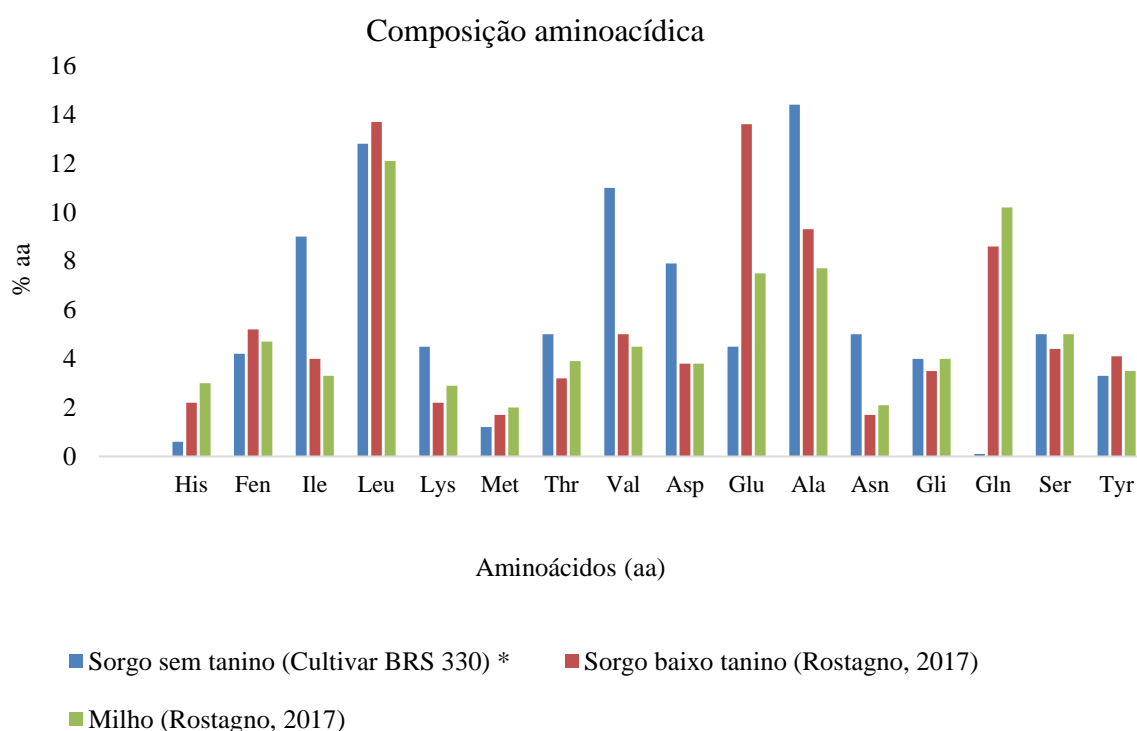


Figura 6 – Perfil do aminograma do ingrediente sorgo sem tanino (cultivar BRS 330) e comparação com valores de literatura de sorgo baixo tanino e milho

5.3 Custo de formulação da ração

Os resultados de custo da ração formulada e o custo do quilo de peixe produzido estão presentes na tabela 7, assim como, a CAA que foi utilizada na relação matemática para o custo de produção do quilo de peixe produzido. O tratamento com menor custo de produção foi o de 80% de substituição do milho pelo sorgo (27,4%), este resultado se justifica pelas piores CAA nos tratamentos 20, 40, 60 e 100%, que apresentaram respectivamente redução de 21,9; 19,4; 20,6 e 15,1% em comparação ao controle (0%). Portanto, para todos os tratamentos com níveis de substituição do sorgo pelo milho houve a diminuição no custo do quilo de peixe produzido. Sanchez et al. (2016) obteve o menor custo de produção do quilo

com 50% (14,4%) de substituição do milho pelo sorgo em dietas para juvenis de pacu, os outros níveis apresentaram as seguintes porcentagens, 25 (7,2), 75 (9,6) e 100% (10,4%).

Tabela 7 - Custo do quilo de peixe produzido, relação do custo da ração produzida multiplicado pela conversão alimentar aparente (CAA) de cada tratamento

Tratamento	Custo da ração (R\$)	CAA	Custo do kg de peso produzido (R\$)
0 %	1,66	2,65	4,37
20 %	1,58	2,08	3,41
40 %	1,58	2,16	3,52
60 %	1,54	2,13	3,47
80 %	1,51	1,97	3,17
100 %	1,48	2,32	3,71

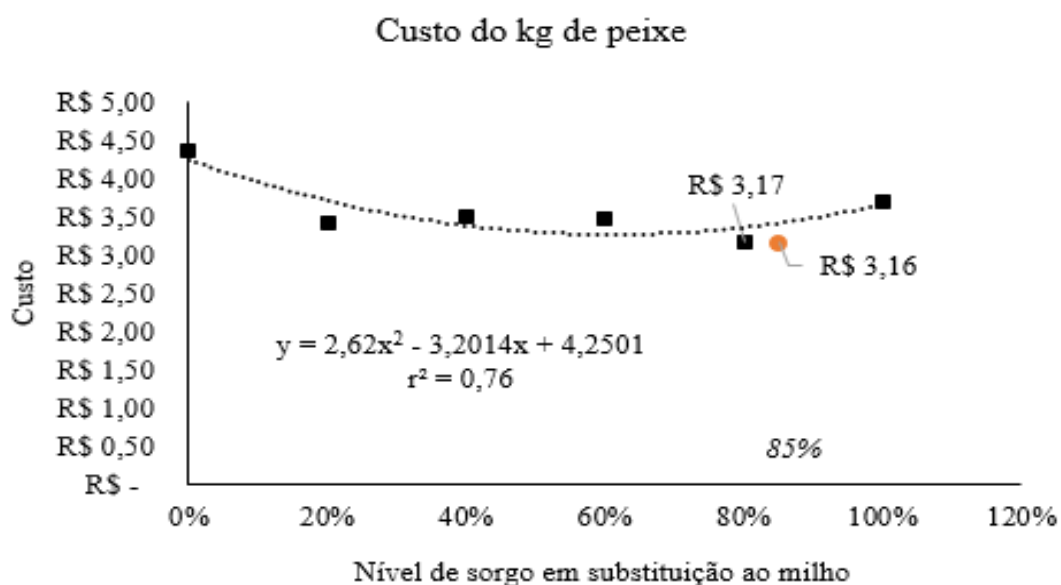


Figura 7 - Regressão para custo do quilo de peixe produzido em função do nível de sorgo em substituição ao milho

Quando demonstrado em gráfico de regressão polinomial, 85% corresponde ao maior nível de sorgo em substituição ao milho que apresenta menor custo de produção (figura 7). Segundo a Conab (2019), o preço do sorgo tem como referência a cotação do milho, girando em torno de 75 a 85% do preço do milho. Logo o custo do ingrediente viabiliza a substituição. Vale ressaltar que o valor nutricional do sorgo é equivalente ao do milho, segundo Jordan et al. (2015) a equivalência do valor nutritivo do sorgo para o milho pode chegar a 99%. É

recomendada a substituição do milho pelo sorgo sem tanino, devido a comprovada redução dos custos da ração confeccionada adotando a troca desses ingredientes energéticos. Vale ressaltar que cerca de 50 a 70% dos custos totais de produção na aquicultura estão relacionados com a nutrição e alimentação dos organismos aquáticos, como na criação do tambaqui, assim, é imprescindível a busca por alimentos alternativos e economicamente viável. Além da necessidade de atender as exigências nutricionais (DAIRIKI e SILVA, 2011; FRACALOSSO e CYRINO, 2013).

6 CONCLUSÕES

O sorgo pode substituir o milho totalmente em dietas para juvenis de tambaqui sem quaisquer alterações negativas no desempenho zootécnico. No entanto, uma substituição entre 81,4 a 85% do milho pelo sorgo proporcionou benefício no desempenho zootécnico, com melhor conversão alimentar aparente, menor custo do quilo grama do peixe produzido e qualidade da carcaça com menor acúmulo de gordura peritoneal. Diante do exposto, o sorgo sem tanino é um potencial ingrediente não convencional na nutrição de juvenis de tambaqui.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). Native species for fish farming in Brazil. **Journal of Fish Biology**. 175-193, 2005.

ARIDE, P. H. R. et al. Water pH in central Amazon and its importance for tambaqui (*Colossoma macropomum*) culture. **World Aquaculture**, v. 35, n. 2, p. 2427, 2004.

ARRUDA, M. C. F. et al. Avaliação dos indicadores da política de pesca do Programa Zona Franca Verde: perspectivas econômicas e ambientais. 2017. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Amazonas.

ATWOOD, H. L. et al. Low-temperature tolerance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: effects of environmental and dietary factors. **Aquaculture Research**, v. 34, n. 3, p. 241-251, 2003.

BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Ver. e ampla. Santa Maria: Ed. da UFSM, p. 175-193, 2013.

CABRAL FILHO, S. L. S. Efeito do teor de tanino do sorgo sobre a fermentação ruminal e parâmetros nutricionais de ovinos. 2004. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo.

CASTRO, P. F. et al. Utilização de dietas a base de sorgo em rações de crescimento para a tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus*). **Aquicultura Brasil**, v. 98, p. 65-72, 1998.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. **Indicadores da agropecuária**. ISSN: 2317-7535. Indic. Agropec. Brasília, Ano XXVIII, n.3, p. 01-96, 2019.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2020. **Boletim da safra de grãos**. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

COSTA, L. et al. A pesca do tambaqui (*Colossoma macropomum*), com enfoque na área do médio Solimões, Amazonas, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 3, p. 449-449, 2001.

DAIRIKI, J. K.; DIAS, C. T. S.; CYRINO, J. E. P. Lysine requirements of largemouth bass, *Micropterus salmoides*: a comparison of methods of analysis of dose-response trials data. **Journal of Applied Aquaculture**, v. 19, n. 4, p. 1-27, 2007.

DAIRIKI, J. K.; SILVA, T. B. A. Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui-compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. **Embrapa Amazônia Ocidental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

EDGAR II. Disponível em: <<http://www.edgarweb.org.uk/choosedesign.htm>>. Acesso em: setembro de 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2010). Soluções tecnológicas. Sorgo – BRS 330. Disponível em < <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/404/sorgo---brs-330>>. Acesso em 25 de maio 2020.

FRACALOSSI, D. M.; CYRINO, J. E. P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. **Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, v. 375, 2013.

FURUYA, W. M. et al. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1143-1149, 2001.

FURUYA, W. M. et al. Substituição do milho pela silagem de sorgo com alto e baixo teor de tanino em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 25, n. 2, p. 243-247, 2003.

FURUYA, W. M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 12, p. 1110-1116, 2004.

GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2. ed. Ver. e ampla. Santa Maria: Ed. da UFSM, p. 175-193, 2013.

HUSSEIN, M. et al. Efeito da substituição do sorgo e do probiótico no desempenho de crescimento e na utilização de alimentos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Jornal Egípcio de Biologia Aquática e Pesca**, v. 20, n. 2, pág. 113-121, 2016.

INT, A. O. A. C. Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, 2007.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro 2016, v. 44, p. 1-51, 2017.

Instituto Brasileira de Geografia e Estatística - IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola, p. 1-95, 2019.

JORDAN, K. E. et al. Effects of Increasing Crystalline Amino Acids in Sorghum-or Corn-based Diets on Finishing Pig Growth Performance and Carcass Composition. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, v. 1, n. 7, p. 12, 2015.

JÚNIOR, M. V. V. et al. Níveis de proteína bruta para tambaqui (*Colossoma macropomun*), na fase de 30 a 250 gramas. 1. Desempenho dos tambaquês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 3, p. 421-426, 1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. F. Kubitza, 2003.

MAGALHÃES, P. C. et al. Tanino no grão de sorgo: bases fisiológicas e métodos de determinação. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1997.

MENDONÇA, A. F. et al. Quantificar a produtividade do sorgo granífero BRS 330 em um neossolo quartzarênico no sistema de plantio direto, utilizando diferentes dose de fertilizante organomineral. In: **Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2018.

MINITAB, 2018. Disponível em: <<https://www.minitab.com/en-us/products/minitab>>. Acesso em 20 setembro de 2019.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica** de Lehninger-[tradução: Ana Beatriz Gorini da Veiga ... et al.]; revisão técnica: Carlos Termignoni [et al.]. – 6. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: Artmed, 81 p., 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients Requirements of Poultry**. 9th ed. National Academy Press, Washington: National Academy Press, 176 p., 1994.

PAIVA, K. C. Utilização de ração a base de sorgo na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre as características zootécnicas do peixe e características físicas, químicas, bioquímicas, histomorfológicas viscerais e sensoriais do filé. 2010. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual Paulista “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”.

PAIVA, M. J. T. R. et al. Métodos para análise hematológica em peixes. Editora da Universidade Estadual de Maringá-**EDUEM**, 2013.

PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2009.

PINTO, L. Q. et al. Desempenho do Piauçu (*Leporinus macrocephalus*) arraçoado com dietas contendo diferentes teores de tanino. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 4, p. 1164-1171, 2001.

RABELO, P. C. et al. Sorghum in diets for silver catfish *Rhamdia quelen*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 10, n. 4, p. 339-345, 2016. RABELO, P. C. et al. Sorghum in diets for silver catfish *Rhamdia quelen*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 10, n. 4, p. 339-345, 2016.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 1, p. 135-145, 2018.

RODRIGUEZ, N. M. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I-pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n. 5, p. 485-490, 1999.

RONDA, V. et al. Sorghum for Animal Feed. ICAR-Indian Institute of Millets Research, Hyderabad, India, 2019.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos. **Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4^a edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, p. 247, 2017.

SÁ, M. V. Limnocultura: limnologia para aquicultura. **Fortaleza: Edições UFC**, 2012.

SANCHEZ, M. S. S. et al. Substituição do milho pelo sorgo em dietas para juvenis de pacu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 1, p. 1-8, 2016.

SELLE, P. H. et al. Sorghum as a feed grain for Australian chicken-meat production. **Animal Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 17-30, 2017.

SILVA, K. J. et al. Seleção de híbridos de sorgo granífero cultivados no verão em três localidades. **Embrapa Clima Temperado-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013.


STREIT JÚNIOR, D. P. et al. Recomendações técnicas para a reprodução do tambaqui. **Embrapa Meio-Norte-Documentos (INFOTECA-E)**, 2012.

TONYUSHKINA, K; NICHOLS, J. H. Glucose meters: a review of technical challenges to obtaining accurate results. **Journal of Diabetes Science and Technology**, v. 3, n. 4, p. 971-980, 2009.

TROMBETA, T. D.; MATTOS, B. O. **Manual de criação de peixes em tanque-rede**. 2. Ed. Brasília: Codevasf, p. 10-36. 2013.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physiological reviews**, v. 77, n. 3, p. 591-625, 1997.

8 ANEXOS



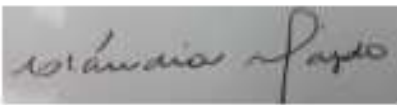
Certificado de Conduta de Ética do Projeto

A Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Amazônia Ocidental certifica o Projeto Intitulado:

Avaliação de taninos em dietas para juvenis de tambaqui no controle de helmintos e desempenho zootécnico

Sob responsabilidade de: Chella de Lima Bollink, da Instituição: Embrapa Amazônia Ocidental, quanto ao atendimento das exigências contidas em Lei e normas para o uso de animais em ensino e pesquisa, sob o protocolo N° 09/2018.

Com previsão de início em 01/12/2018 e de término em 01/05/2020.



Vice-Presidente da CEUA da Embrapa Amazônia Ocidental

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Amazônia Ocidental
Rodovia AM-010, Km 29, Caixa Postal 319,
69019-970, Manaus-AM

Telefone (92) 3303-7800
Fax (92) 3303-7820
www.cpaa.embrapa.br

Figura 8 – Certificado de conduta de ética do projeto – Embrapa Amazônia Ocidental (CEUA/CPAA – Protocolo n°09/2018)



Ministério do Meio Ambiente
CONSELHO DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO

SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO

Comprovante de Cadastro de Acesso
Cadastro nº A8E019E

A atividade de acesso ao Patrimônio Genético, nos termos abaixo resumida, foi cadastrada no SisGen, em atendimento ao previsto na Lei nº 13.123/2015 e seus regulamentos.

Número do cadastro: **A8E019E**
Usuário: **Embrapa**
CPF/CNPJ: **00.348.003/0001-10**
Objeto do Acesso: **Patrimônio Genético**
Finalidade do Acesso: **Pesquisa**

Espécie

Colossoma macropomum
Brycon amazonicus
Arapaima gigas
Saccharomyces cerevisiae
Neoechinorhynchus buttnerae
Anacanthorus spatulatus
Anacanthorus sp

Título da Atividade: **Nutrição e sanidade de espécies aquícolas da Amazônia**

Equipe

Jony Koji Dalriki	Embrapa
Francisco Célio Mala Chaves	Embrapa
Chella de Lima Boljink	Embrapa

Cláudia Majolo	Embrapa
Iraní da Silva de Moraes	Embrapa
José Olenilson Costa Pinheiro	Embrapa
Lindomar de Jesus de Sousa e Silva	Embrapa
Thayssa Larrana Pinto da Rocha	Faculdade Metropolitana de Manaus - FAMETRO
Celso Scherer Filho	Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Hilacy de Souza Araújo	Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Geyxa Lohane da Silva Lopes	Universidade Nilton Lins
Marcos Froz Batista	Universidade Nilton Lins
Eliana Guimarães Farias	Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Kamilla Vitória Amorim Correa	Uninorte
Larissa da Silva Ferreira	Universidade Federal do Amazonas - UFAM
João Marcos Arruda Cruz	IFAM
Vanessa Souza de Oliveira	Universidade Nilton Lins
Geisica Aline Nogueira dos Santos	Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Gabriella Souza de Almeida	IFAM
Gilberto Batista Viana Filho	UFAM
Parceiras Nacionais	
10.792.928/0001-00 / INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS - IFAM	
04.378.626/0001-97 / Fundação Universidade do Amazonas	
04.803.904/0001-06 / UNIVERSIDADE NILTON LINS - UNINILTONLINS	
03.817.341/0001-42 / Centro Universitário CEUNI - FAMETRO - FAMETRO	
63.692.180/0001-30 / CENTRO UNIVERSITÁRIO DO NORTE - UNINORTE	
Data do Cadastro:	16/10/2019 14:18:24
Situação do Cadastro:	Concluído
<p>Conselho de Gestão do Patrimônio Genético</p> <p>Situação cadastral conforme consulta ao SisGen em 14:35 de 16/10/2019.</p>  <p>SISTEMA NACIONAL DE GESTÃO DO PATRIMÔNIO GENÉTICO E DO CONHECIMENTO TRADICIONAL ASSOCIADO - SISGEN</p>	

Figura 9 – Acesso ao patrimônio genético dos animais envolvidos na presente pesquisa regularizados por meio do cadastro A8E019E na plataforma SISGEN do Conselho de Gestão do Patrimônio Genético (CGEN) do Ministério do Meio Ambiente (MMA)