

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Marisa Teresinha de Bastos Brasil

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Zingiber officinale* NA DIETA DE CARPA-CAPIM
(*Ctenopharyngodon idella*): PARÂMETROS METABÓLICOS E DESEMPENHO
ZOOTÉCNICO**

Santa Maria, RS

2019

Marisa Teresinha de Bastos Brasil

**ÓLEO ESSENCIAL DE *Zingiber officinale* NA DIETA DE CARPA-CAPIM
(*Ctenopharyngodon idella*): PARÂMETROS METABÓLICOS E DESEMPENHO
ZOOTÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia: Produção Animal**

Orientador Prof.^o Dr. Mauro Alves da Cunha
Co orientadora Prof.^a Dr.^a Carla Cristina Zeppenfeld

Santa Maria, RS
2019

Brasil, Marisa Teresinha de Bastos
Óleo Essencial de Zingiber officinale na dieta de
carpa-capim (Ctenopharyngodon idella): parâmetros
metabólicos e desempenho zootécnico / Marisa Teresinha de
Bastos Brasil.- 2019.
54 f.; 30 cm

Orientador: Mauro Alves da Cunha
Coorientadora: Carla Cristina Zeppenfeld
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2019

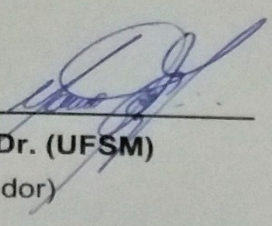
1. Gengibre 2. Crescimento 3. Metabolismo 4. Óleo
essencial 5. Suplementação alternativa I. Cunha, Mauro
Alves da II. Zeppenfeld, Carla Cristina III. Título.

Marisa Teresinha de Bastos Brasil

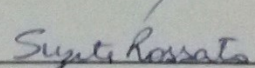
**ÓLEO ESSENCIAL DE *Zingiber officinale* NA DIETA DE CARPA-CAPIM
(*Ctenopharyngodon idella*): PARÂMETROS METABÓLICOS E DESEMPENHO
ZOOTÉCNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Zootecnia: Produção Animal**

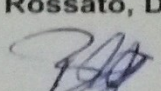
Aprovado em 28 de fevereiro de 2019:



Mauro Alves da Cunha, Dr. (UFSM)
(Presidente/orientador)



Suzete Rossato, Dra. (IFFar – SVS)



Bernardo Baldisserotto, Dr. (UFSM)

AGRADECIMENTOS

A Deus, força que comanda meus passos e minha existência. Sem Teu Amor eu nada seria. Gratidão Pai!

Aos meus Pais, Calixto e Loci Brasil, por todos amor e compreensão mesmo nos momentos de ausência. Honro a vida que me proporcionaram. Todas as minhas obras, dedico a vocês. Gratidão eterna!

A minha grande família, por estarem ao meu lado, pelo amor e carinho em todos os momentos. Desculpem minhas ausências. Amo vocês!

A Veronica Damasceno, pela parceria incansável, por estar sempre ao meu lado, pelos incentivos e auxílio em todos os momentos. Tua companhia, amor e cuidados foram essenciais nesta etapa. Gratidão para sempre!

Ao meu orientador, Dr. Mauro Alves da Cunha, por quem tenho profundo respeito e admiração, por estar sempre disposto a auxiliar, pela confiança e pelo apoio em todos os momentos. Obrigada!

A Dr^a Carla Zeppenfeld, pela valiosa Co orientação, por sempre responder prontamente às minhas dúvidas e solicitações, e pela confiança dispensada para executar este projeto. Obrigada!

Ao Dr. Bernardo Baldisserotto, por quem tenho grande admiração e respeito. Obrigada!

A todos os colegas do Laboratório de Fisiologia de Peixes, pela parceria e amizade; Em especial a Carine Souza, a Tánat Almeida e a Gabriela Monteiro, pelas incontáveis horas de auxílio nas análises. Gratidão!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelas bolsas de estudos;

A todos que, de alguma forma, contribuíram com a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

ÓLEO ESSENCIAL DE *Zingiber officinale* NA DIETA DE CARPA-CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*): PARÂMETROS METABÓLICOS E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO

AUTORA: Marisa Teresinha de Bastos Brasil

ORIENTADOR: Mauro Alves da Cunha

A piscicultura vem apresentando crescimento produtivo de grande significância dentro da produção aquícola, fato que vem ocasionando um acréscimo na produção de peixes com conseqüente aumento de densidade nos viveiros de cultivo. Uma negativa desta tendência de produção são os prejuízos econômicos devido a enfermidades que as altas taxas de lotação podem estimular, trazendo ao produtor a necessidade de estabelecer técnicas de manejo mais eficazes, alimentos mais seguros nutricionalmente, além de adotar métodos profiláticos mais eficientes. O uso profilático de produtos naturais vem despertando interesse neste setor, por apresentarem menores possibilidades de toxicidade aos animais e alto potencial biodegradável. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adição do Óleo essencial de gengibre (OEG) na ração de juvenis de carpa-capim, e sua relação no crescimento e parâmetros metabólicos no plasma e tecidos dos peixes. Utilizou-se 500 juvenis de carpas-capim ($2,5 \pm 0,54$ g), distribuídos em 20 caixas de 30 litros cada, em sistema de recirculação, onde receberam rações comerciais (40% PB) suplementadas com OEG nas concentrações de 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 mL/kg⁻¹ de ração por 60 dias. Os parâmetros de qualidade da água foram monitorados e ajustados através de trocas parciais de água, e mantiveram-se dentro dos níveis aceitáveis para os peixes. Amostras de fígado, músculo e plasma foram coletadas, bem como medidas de peso e comprimento dos peixes para posterior análise de crescimento, composição centesimal do peixe inteiro e parâmetros metabólicos dos animais. Foi observado que nenhum dos níveis de OEG adicionados a ração causam efeito positivo sobre o crescimento de alevinos de carpa-capim. A concentração de 2,0 mL de OEG/kg⁻¹ de ração pode ser utilizada para testes em espécies carnívoras ou onívoras, pois estas possuem trato digestório menor e possivelmente o aproveitamento e absorção serão promissores.

Palavras-chave: Gengibre, Crescimento, Metabolismo, Óleo essencial.

ABSTRACT

ESSENTIAL OIL OF *Zingiber officinale* ON THE DIET OF GRASS CARP (*Ctenopharyngodon idella*): METABOLIC PARAMETERS AND ZOOTECHNICAL PERFORMANCE

AUTHOR: Marisa Teresinha de Bastos Brasil

ADVISOR: Mauro Alves da Cunha

Fish farming has been showing productive growth of extreme significance within aquaculture production, a fact that has been causing an increase in fish production with a consequent increase in density in nurseries. A negative of this trend of production are the economic losses due to diseases that high stocking rates can stimulate, bringing to the producer the need to establish more effective management techniques, nutritionally safer foods, and adopt more efficient prophylactic methods. The prophylactic use of natural products has aroused interest in this sector, since they have lower possibilities of toxicity to animals and high biodegradable potential. The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of OE from *Zingiber officinale* (EOG) on juvenile rations of carp-grass, and its relation on growth and metabolic parameters in fish plasma and tissues. 500 juvenile carp (2.5 ± 0.54 g) were distributed in 20 boxes of 30 liters each, in a recirculation system, where they received commercial feed (40% CP) supplemented with EOG at concentrations of 0; 0.25; 0.5; 1.0 and 2.0 mL/kg⁻¹ of feed. The water quality parameters were monitored and adjusted when necessary, and remained within acceptable levels for fish. Liver, muscle and plasma samples were collected as well as measurements of fish weight and length for subsequent growth analysis, centesimal composition of the whole fish and metabolic parameters of the animals. It was observed that none of the OEG levels added to the feed had a positive effect on the growth of carp fingerlings. The concentration of 2.0 mL of OEG / kg⁻¹ of feed can be used for tests on carnivorous or omnivorous species, since these have a lower digestive tract and possibly the recovery and absorption will be promising.

Keywords: Ginger. Growth. Metabolism. Essential oil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Introdução

- Figura 1 – Exemplar do rizoma de *Zingiber officinale* 16
- Figura 2 - Óleo essencial de gengibre adicionado às rações experimentais..... 16
- Figura 3 - Exemplar de juvenil de carpa-capim, *Ctenopharyngodon idella* 19

Manuscrito

- Figure 1- Metabolic parameters of glucose (A), glycogen (B), protein (C) and lactate (D) in muscle and liver of carp carp (*Ctenopharyngodon idella*) (n = 6) submitted to different concentrations of ginger essential oil (EOG) in the diet. One-way ANOVA and Tukey's test were used to determine statistical significance ($p < 0,05$) 51
- Figure 2- Plasma biochemical parameters of *Ctenopharyngodon idella* (n = 6) submitted to different concentrations of ginger essential oil (EOG) in the diet. (A) glucose, (B) protein, (C) cholesterol, (D) triglycerides, (E) lactate, (F) GOT and (G) GPT. One-way ANOVA and Tukey's test were used to determine statistical significance ($p < 0.05$). Mean \pm SE..... 53

LISTA DE TABELAS

Manuscrito

Table 1 - Centesimal composition of the experimental feed given to <i>C. idella</i>	48
Table 2 - Chemical composition of the OE of Zingiber officinale added to the experimental feed	49
Table 3 - Performance of young grass carp (<i>C. idella</i>) fed with different concentrations of EOG in the diet.....	50
Table 4 - Body composition of <i>Ctenopharyngodon idella</i> fed with different concentrations of EOG in the diet.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de variância

OE – Óleo essencial

OEG - Óleo essencial de gengibre

pH - Potencial hidrogeniônico

TGO – Transaminase glutâmico-oxalacética

TGP - Transaminase glutâmico-pirúvica

PB – Proteína Bruta

AST – Aspartato aminotranferase

ALT - Alanina Aminotransferase

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	ASPECTOS GERAIS DA AQUICULTURA.....	12
1.2	ÓLEOS ESSENCIAIS NA AQUICULTURA.....	13
1.2.1	<i>Características gerais do OE de Zingiber officinale.....</i>	14
1.3	MARCADORES METABÓLICOS	16
1.3.1	<i>Parâmetros bioquímicos.....</i>	17
1.4	CARPA-CAPIM COMO MODELO EXPERIMENTAL	19
	REFERÊNCIAS.....	20
2	OBJETIVOS.....	26
2.1	OBJETIVO GERAL.....	26
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	26
3	DESENVOLVIMENTO	27
3.1	MANUSCRITO	27
4	CONCLUSÕES	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS DA AQUICULTURA

A aquicultura produz 50% de todo o pescado consumido no mundo, dessa forma contribui na recuperação de populações de espécies aquáticas em ambiente natural, além de fonte de renda para parte da população. É hoje, a fonte de proteína animal e nutrientes essenciais mais acessível para grande parte de população mundial e, está entre os itens alimentares mais comercializados no globo (FAO, 2016).

O surgimento de novas tecnologias no setor aquícola proporcionou a expansão do cultivo intensivo na piscicultura mundial e nacional, a fim de obter maior produtividade e suprir a crescente demanda por peixe (TAKAHASHI, 2011). Porém, o uso de altas densidades vem apresentando inadequações no equilíbrio produtivo, favorecendo a ocorrência de enfermidades geradas pelo estresse imposto aos animais, associadas sobretudo ao comprometimento da qualidade da água, falta de cuidados no manejo e dieta inadequada, fatos que acabam comprometendo as defesas imunológicas dos animais e facilitando a ação de patógenos (MORAES; MARTINS, 2004a; MARTINS, 2004b). A superfície do corpo dos peixes, brânquias e órgãos internos, bem como a água, são lugares onde normalmente se encontram os organismos potencialmente patogênicos, mas quando em situações de equilíbrio do ambiente de produção, estes coexistem sem causar qualquer tipo de dano aos peixes. Mas, a partir de determinadas mudanças neste equilíbrio, os surtos de enfermidades ocorrem tão logo aumenta a susceptibilidade do hospedeiro, geralmente sob as condições de estresse atribuídas à qualidade da água (MORAES; MARTINS, 2004a; PAVANELLI et al., 2008). Segundo Shinn et al. (2015) as perdas podem chegar a mais de 9 bilhões de dólares por ano, isto considerando somente a produção de peixes. No Brasil os prejuízos diretos ou indiretos provocado por enfermidades na aquicultura estão na faixa dos R\$ 300 milhões/ano, desconsiderando ainda os passivos econômicos ligados aos fármacos utilizados para profilaxia e tratamento (TAVARES-DIAS; MARTINS, 2017).

Algumas doenças podem causar total prejuízo pela mortalidade, e ainda interferir direta ou indiretamente no desempenho reprodutivo, prejudicar a conversão alimentar e o ganho de peso dos animais (TAVARES-DIAS; MARTINS, 2017). Através

da via aquática, os peixes encontram-se susceptíveis a uma ampla gama de organismos potencialmente patogênicos, incluindo bactérias, parasitos, fungos e vírus (AL-HARBI, 2016). A partir deste panorama, torna-se essencial a investigação de produtos com potenciais bioativos que auxiliem na profilaxia e tratamento de enfermidades em peixes cultivados, podendo trazer benefícios aos animais quando auxiliarem na melhoria de parâmetros de crescimento e conversão alimentar, por exemplo.

1.2 ÓLEOS ESSENCIAIS NA AQUICULTURA

Óleos essenciais (OEs) são substâncias aromáticas e voláteis, formadas por uma mistura de compostos resultantes do metabolismo secundário das plantas. São desenvolvidos em células especializadas encontradas em folhas e caules, e comumente concentradas em uma região particular como folhas, cascas ou frutas. Alguns óleos essenciais têm se mostrado promissores como possíveis intervenções de segurança alimentar quando adicionados a alimentos processados e crus. Os OEs de espécies botânicas comestíveis vem sendo utilizados como fontes de medicamentos e conservantes alimentares há milênios (BURT, 2004)

Ao se analisar as desvantagens relacionadas ao uso de produtos sintéticos, percebe-se que existe um crescente interesse no uso de produtos naturais para prevenção e tratamento de enfermidades na aquicultura, a fim de evitar os efeitos prejudiciais do uso de produtos sintéticos e garantir maior segurança alimentar (SHAKYA et al, 2015; AWAD; AWAAD, 2017). Plantas que possuem compostos de interesse terapêutico são amplamente utilizadas na medicina humana e vêm despertando interesse para a aquicultura, por serem produtos mais seguros em relação aos produtos sintéticos convencionalmente utilizados. Neste sentido, as principais vantagens são a menor toxicidade, menor impacto ambiental relacionado à contaminação de corpos d'água, diminuição dos resíduos químicos na carne dos animais, menor risco de seleção de patógenos resistentes e menor custo financeiro ao produtor (COIMBRA et al., 2006).

As plantas sintetizam diversos componentes imunologicamente ativos por meio de seu metabolismo secundário, tais como polissacarídeos, ácidos orgânicos,

alcaloides, glicosídeos, óleos voláteis, entre outros compostos capazes de incrementar as funções imunitárias em animais. Mundialmente, existe crescente interesse na aplicação de princípios ativos vegetais como imunomoduladores na aquicultura (BULFON et al., 2015; AWAD; AWAAD, 2017), pois podem ser utilizados de modo profilático durante períodos críticos do ciclo produtivo, como por exemplo a larvicultura, ou manejos de classificação, transporte ou vacinação, quando os animais se tornam mais susceptíveis a agentes infecciosos (BRICKNELL; DALMO, 2005). A administração destes produtos pode ser feita via injeção, imersão, ou suplementação dietária. O método mais utilizado é via dieta, devido à sua praticidade, enquanto o método de injeção também é vantajoso por proporcionar melhor absorção e efeito, porém, trabalhoso (CHAKRABORTY; HANCZ, 2011; CHU et al., 2010). Os compostos bioativos de plantas tem mostrado efetivos positivos na prevenção e tratamento de diversas enfermidades, neste contexto, os OEs extraídos das plantas tem ganhado destaque em estudos que visam comprovar sua eficácia como compostos capazes de auxiliar na promoção do crescimento e melhora nas respostas metabólicas dos peixes.

Os OEs podem conter dezenas de componentes em diferentes concentrações (Bakkali et al., 2008), embora constituam apenas uma pequena proporção do peso úmido do material vegetal, geralmente cerca de 1% ou menos (CARSON & HAMMER, 2011). Tipicamente, esses óleos são caracterizados por dois ou três componentes principais em concentrações relativamente altas (20-70%) em comparação com outros componentes presentes em quantidades vestigiais (BILIA et al. 2014); no entanto, em alguns OEs, a quantidade do composto principal pode chegar a mais de 90% (SUTILI et al. 2015).

No presente estudo, foi avaliado o efeito da adição do OE de *Zingiber officinale* na ração de juvenis de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*), e sua relação no crescimento e parâmetros metabólicos no plasma e tecidos dos peixes.

1.2.1 Características gerais do OE de *Zingiber officinale*

Constituinte da família Zingiberaceae, o gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.) é uma planta herbácea originária do Sudeste da Ásia, que se difundiu pelas áreas tropicais de todos os continentes (Figura 1). Possui rizoma articulado, rastejante, ramoso, carnoso e revestido de epiderme rugosa e pardacenta e pode atingir mais de 1 metro de altura. As folhas são dispostas em duas fileiras, sendo as basilares simples

bainhas sem pelos e estriadas no sentido longitudinal. As flores são organizadas em inflorescências com espigas ovoides, são hermafroditas e de coloração amarelo-esverdeada, e o fruto consiste numa cápsula que se abre em três lóculos, com sementes azuladas e albúmen carnoso (FERRI et al., 1981).

Na literatura, muitas variações foram encontradas na composição química do OEG. De fato, o curcumeno foi relatado como o principal constituinte dos rizomas de gengibre fresco (AGRAWAL, 2001), enquanto Menut et al. (1994) identificaram o citral como o principal constituinte do óleo de gengibre. Adicionalmente, geranial (25,9%), α -zingibereno (9,5%), α -farneseno (7,6%), neral (7,6%) e ar-curcumeno (6,6%) foram identificados como os principais componentes o óleo essencial de rizomas cultivados em Gorakhpur, na Índia (Peerakam, 2014), com α -zingiberene como o componente principal (SINGH et al. 2005; SINGH et al. 2014). Sivasothy et al. (2011) estudaram a composição química de *Z. officinale* var. *rubrum* e relataram o isolamento de 54 componentes dos rizomas e 46 das folhas. O óleo essencial de folhas foi particularmente rico em β -cariofileno (31,7%), enquanto o canfeno (14,5%), geranial (14,3%) e acetato de geranila (13,7%) foram os três compostos dominantes no óleo do rizoma.

O OEG (Laszlo®) utilizado no presente estudo (Figura 2), foi adquirido comercialmente juntamente com a análise de sua composição química, emitida pelo Laboratório de Cromatografia do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), pelo método de Cromatografia gasosa de alta resolução e extração via destilação por arraste à vapor. Ao todo foram identificados vinte constituintes químicos, estando entre os principais componentes o zingibereno (31,8%), β -sesquifelandreno (13,0%), ar-curcumeno (12,4%), canfeno (8,3%), α -farneseno (7,7%), limoneno (7,6%) e 1,8- cineol (1,5%). As diferenças nos perfis químicos das plantas analisadas, podem estar relacionadas a fatores ambientais como época de plantio, temperatura, precipitação pluviométrica, entre outras (GOBBO-NETO & LOPES, 2007; NATTA et al., 2008).

Estudos realizados com OE e extrato alcoólico de gengibre frente a diferentes patógenos alimentares verificaram ótima atividade antimicrobiana, sendo que para os autores, a ação bactericida se deu pela ação da atividade dos compostos α -zingibereno e curcumeno. (YOUSUFIL, 2012; AHMED, 2012).

Figura 1 – Exemplar do rizoma de *Zingiber officinale*



Fonte: DepositPhotos.

Figura 2 – Óleo essencial de gengibre adicionado às rações experimentais



Fonte: Laszlo®

1.3 MARCADORES METABÓLICOS

A manipulação, o transporte, as altas densidades, as alterações na qualidade da água de cultivo, entre outras condições de perturbação inferida aos peixes durante as fases de produção, estimulam adaptações fisiológicas responsáveis pela manutenção e sobrevivências dos animais no meio aquático, ocasionando alterações

detectáveis de diferentes parâmetros metabólicos (WENDELAAR BONGA, 1997; DAVIS; SCHRECK, 1997).

1.3.1 Parâmetros bioquímicos

O conhecimento dos parâmetros bioquímicos dos peixes auxilia na determinação das influências de dietas, enfermidades e de outras situações de estresse ambiental (SILVEIRA; RIGORES, 1989). De acordo com Lumlertdacha et al. (1995); Klinger et al. (1996) o perfil bioquímico dos tecidos e sangue dos peixes pode sofrer alterações pelo tipo de alimento empregado na dieta ou também pela ação de toxinas. Para isso, diversas análises bioquímicas teciduais e sanguíneas são empregadas para reconhecer essas mudanças.

De acordo com Aluru e Vijayan (2009), uma resposta ao estresse é a rápida elevação do nível de cortisol no plasma sanguíneo. O cortisol que é um hormônio corticosteroide, apresenta efeitos sobre o metabolismo de carboidratos, proteínas e lipídeos. A resposta ao estresse geralmente é seguida por hiperglicemia, devido à ação do cortisol sobre a glicose hepática através da gliconeogênese, proporcionando uma energia extra para que o animal tenha forças para superar situações que envolvam mudanças, sendo elas físicas ou fisiológicas. A glicose é comumente utilizada como parâmetro indireto de estresse nos peixes, mas sua resposta é dependente de outros fatores, tais como o lactato plasmático e o cortisol (VIJAYAN, 2003). Um parâmetro muito avaliado na resposta de estresse em pesquisa é o aumento da glicose sanguínea, que é a parte da resposta secundária dos peixes a um distúrbio. O rápido aumento da glicemia se dá, principalmente, por ação glicogenolítica (quebra do glicogênio estocado no fígado) das catecolaminas (WENDELAAR BONGA, 1997). Assim como nos mamíferos, a glicose para os peixes é a principal fonte de energia, e quando esta não é suficiente para manter a homeostase do animal, outra fonte energética proveniente do fígado é disponibilizada, o glicogênio (TIHONEM, et al., 1995.; SILVEIRA, et al., 2009).

As proteínas totais são um bom indicador integrante de resposta ao estresse. São constituídas basicamente pela albumina e globulinas, constituem a parte estrutural da maior parte dos órgãos. Além disso, atuam como catalisadores enzimáticos nas reações bioquímicas, como carreadores de muitos constituintes do

plasma e da defesa do organismo. A albumina é uma lipoproteína transportadora de moléculas pequenas e sua função é evitar a perda de líquido dos vasos sanguíneos através da pressão osmótica. Sua síntese é influenciada pela nutrição, balanço hormonal, estado geral do fígado e estresse. As globulinas abrangem proteínas que atuam no sistema imune, enzimas e proteínas transportadoras (LEITE, et al., 1995). A avaliação de parâmetros sanguíneos como a determinação dos níveis de proteína total é eficaz na análise complementar de medidores do estresse, ocasionados por alterações fisiológicas seguidas de condições de estresse, sendo essa nutricional, física ou química (BARROS, 2006). A quebra de proteínas e gorduras ocorrem em situações de estresse pela elevação dos níveis séricos de cortisol (CARRIÓN, et al., 2003; MARTINS DA ROCHA et al., 2004; VIJAYAN, et al., 2003).

O lactato em grande concentração no organismo pode gerar hiperacidez, que indiretamente determina uma acidose metabólica, e através dele podemos medir o acúmulo de ácido láctico decorrente do aumento do exercício físico à medida que os animais são expostos a um agente estressor (SILVEIRA et al, 2009; NELSON; COX, 2011).

As enzimas transaminase glutâmico-pirúvica (TGP), conhecida como ALT e a transaminase glutâmico-oxalacética (TGO), também conhecida como AST, são enzimas encontradas predominantemente no fígado, em concentração moderada nos rins e em menores quantidades no coração e nos músculos esqueléticos. A TGO é uma enzima encontrada em concentração muito alta no músculo cardíaco, no fígado, músculos esqueléticos e em menor concentração nos rins e pâncreas. Qualquer lesão tissular ou hepatocelular de qualquer etiologia ou doença afetando o parênquima hepático, ou uma lesão tecidual nos rins, coração e nos músculos esqueléticos, liberará uma maior quantidade destas enzimas para a corrente sanguínea, elevando os níveis séricos das TGP e TGO. Essas enzimas são usadas como bioindicadores de exposição a contaminantes ou drogas hepatotóxicas (SPARLING et al., 1998; NELSON, COX, 2002; LEHNINGER, 2006).

Por isso, a necessidade de conhecer os níveis teciduais e séricos de proteínas, glicose, glicogênio, lactato, TGP e TGO para avaliar a possibilidade de os animais estarem em situação de estresse é tão importante (LEHNINGER, 2006; BARTON, 2002).

1.4 CARPA-CAPIM COMO MODELO EXPERIMENTAL

A carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) é uma espécie de peixe nativo dos rios de planície da China e Rússia, habita águas lênticas e ricas em vegetação aquática, e é amplamente utilizada em sistemas de policultivos com outras espécies e para o controle de plantas aquáticas nos viveiros de piscicultura (ARRIGNON, 1979; MAKINOUCI, 1980; HANLON et al., 2000; KUMAR et al., 2005; SILVA et al., 2008) (Figura 3). Sob condições naturais, a carpa-capim é herbívora, alimentando-se de algumas ervas-daninhas aquáticas (CUI et al. 1992; STOTT; ORR 1970). Segundo COSTA et al., (2011) por causa de seu hábito alimentar a carpa-capim pode consumir uma grande variedade de plantas terrestres e aquáticas, podendo ingerir até 60% do seu peso vivo por dia em forragem.

A carpa-capim possui o corpo em formato cilíndrico, alongado e coberto por escamas de tamanho médios do tipo cicloide com base marrom, dorso cinza escuro e os flancos claros, ligeiramente dourados (CHILTON & MUONEKE, 1992; NAKATANI et al., 2001). Tem cabeça ampla sem escamas, a boca subterminal e pouco oblíqua e possui lábios simples com dentes faríngeos, especializados em triturar alimentos (CHILTON & MUONEKE, 1992). De acordo com Liu et al., (2008) é uma das espécies de água doce economicamente mais importantes do mundo. Sua produção na China, atingiu quase 6 milhões toneladas em 2016, é a espécie mais produzida em aquicultura de água doce, segundo dados fornecidos pelo Departamento de Pesca do Ministério da Agricultura da China (2017).

Figura 3 - Exemplar de juvenil de carpa-capim, *Ctenopharyngodon idella*



Fonte: Marisa T. B. Brasil

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, M; WALIA, S.; DHINGRA, S.; KHAMBAY, BPS. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes. **Peste Managment Science**, 57, 289-300, 2001.
- AHMED, S. A.; JABBAR, I.I.; ABDUL, H.E.; MUSTANSIRIYA, A.L. Study the antibacterial activity of *Zingiber officinale* roots against some of pathogenic bacteria. **Al-Mustansiriya Journal Science**, v.23, ahmen.3, p.63-70, 2012.
- AL-HARBI, A. H. Phenotypic and genotypic characterization of *Streptococcus agalactiae* isolated from hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*). **Aquaculture**, v. 464, p. 515–520, 2016.
- ALURU, N.; VIJAYAN, M. M. Stress transcriptomic in fish. A role for genomic cortisol signaling. **General and Comparative Endocrinology**, v. 164, p. 142-150, 2009.
- ARRIGNON, J. **Ecologia y piscicultura de águas dulces**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 365p. 1979.
- AWAD, E.; AWAAD, A. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 67, p. 40-54, 2017.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils - a review. **Food Chemical Toxicology**. 2008, 46, 446-475.
- BARROS, M. M. **Nutrição e saúde de peixes**. In: Congresso Latino Americano de Nutrição Animal (Anais). Piracicaba: CBNA – AMENA, 2006. p.1-15.
- BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, p. 517-525, 2002.
- BILIA A. R.; GUCCIONE C.; ISACCHI B.; RIGHESCHI C.; FIRENZUOLI F.; BERGONZI, M. C. Essential oils loaded in nanosystems: a developing strategy for a successful therapeutic approach. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**: 651593, 2014.
- BRICKNELL, I.; DALMO, R.A. The use of immunostimulants in fish larval aquaculture. **Fish and Shellfish Immunology**, v. 19, p. 457-472, 2005.
- BRUM, A.; PEREIRA, S.A.; OWATARI, M.S.; CHAGAS, E.C.; CHAVES, F.C.M.; MOURIÑO, J.L.P.; MARTINS, M.L. Effect of dietary essential oils of clove basil and

ginger on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) following challenge with *Streptococcus agalactiae*. **Aquaculture**, v. 468, p. 235-243, 2017.

BULFON, C.; VOLPATTI, D.; GALEOTTI, M. Current research on the use of plant-derived products in farmed fish. **Aquaculture Research**, v. 46, p. 513–551, 2015.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **Intitute Journal Food Microbiology**. 4: 223-253, 2004

CARRIÓN, R. L.; DEL RIO, M. P. M.; MIGUEZ, J. M.; MANCERA, J. M.; SOENGAS, J. L. Influence of cortisol on osmorregulation and energy metabolism in gilthead seabream *Sparus aurata*. **Jornal of Experimetal Zoology**, v. 298, p. 105-118, 2003.

CARSON CF, HAMMER KA. Chemistry and Bioactivity of Essential Oils. In: Thormar H (ed.) **Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents**, p. 203–238, 2011.

CHAKRABORTY, S.B.; HANCZ, C. Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, p. 103-119, 2011.

CHILTON, N. W.; MUONEKE, M. I. Biology and management of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) for vegetation control: A north american perspective. **Reviews in fish biology and fisheries**, v. 2, p. 283-320, 1992.

CHU, C.; ZHANG, Q.Z.; LUO, F. 2010. Effect of twenty Chinese herbal medicines on killing trophonts, cysts and theronts of *Ichthyophthirius multifiliis* in vitro. **Freshwater Fisheries**, v. 40, p. 55-60, 2010.

COIMBRA, J.L.; SOARES, A.C.F.; GARRIDO, M.S.; SOUZA, C.S.; RIBEIRO, F.L.B. Toxicidade de extratos vegetais a *Scutellonema bradys*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1209-1211, 2006.

COSTA, M. L.; RADÜNZ-NETO, J.; LAZZARI, R.; VEIVERBERG, C. A.; SUTILI, F. J.; LORO, V. L. Enzimas digestivas de juvenis de carpa-capim alimentados com forragem e ração. **Archivos de Zootecnia**, 60, 231, 563-570, 2011.

CUI, Y.; LIU, X.; WANG, S.; CHEN, S. Growth and energy budget in young grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., fed plant and animal diets. **Journal of Fish Biology**, 4, pp. 231-238, 1992.

DAVIS, L. E.; SCHRECK, C. B. The energetic response to handling stress in juvenile *Coho salmon*. **Transaction of the American Fisheries Society**. v. 126, p. 248-258, 1997.

FAO – Food and Agriculture Organization of United Nations. 2016a. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf> >. Acesso em: nov. de 2018.

FERRI, M. G.; MENEZES, N. L.; MONTEIRO-SCANAVACCA, W. R. **Glossário Ilustrado de Botânica**. 1ed. São Paulo: Nobel, 1981. 197 p.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N.P. **Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabolitos secundários**. Química Nova, v.30, 374-81, 2007.

HAJRA, A. Biochemical investigations on the protein-calorie availability in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) from an aquatic weed (*Ceratophyllum demersum* Linn.) in the tropics. **Aquaculture**, 61(2): 113-120, 1987.

HANLON, S.G.; HOYER, M.V.; CICHRA, C.E.; CANFIELD JUNIOR, D.E. Evaluation of macrophyte control in 38 Florida lakes using triploid grass carp. **Journal of Aquatic Plant Management**, Tehran, 38(1): 48-54, 2000.

KLINGER, R.C.; BLAZER, V.S.; ECHEVARRIA, C. Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture**, v. 147, p. 225-233, 1996.

KUMAR, M.S.; BINH, T.T.; LUU, L.T.; CLARKE, S.M. Evaluation of fish production using organic and inorganic fertilizer: Application to grass carp polyculture. **Journal of Applied Aquaculture**, 17(1): 19-34, 2005.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo, Sarvier, 2006.

LEITE, J. I. A.; VIEIRA, E. C.; FIGUEIREDI, E. A. **Química fisiológica**. São Paulo: Atheneu, 1995. 300 p.

LIU, Z. Y.; WANG, Z.; XU, S. Y.; XU, L. N. (2008). Partial characterization and activity distribution of proteases along the intestine of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). **Aquaculture Nutrition**, 14: 31-39.

LUMLERTDACHA, S.; LOVELL, R. T.; SHELBY, R. A.; LENZ, S. D.; KEMPPAINEN, B. W. Growth, hematology, and histopathology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed toxins from *Fusarium moniliforme*. **Aquaculture**, v. 130, p. 201-218, 1995.

MAKINOUCI, S. Criação de carpas em água parada. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 6(67): 30-47, 1980.

MARTINS DA ROCHA, R.; CARVALHO, E. G.; URBINATI, E. C. Physiological responses associated with capture and crowding stress in matrinxã *Bryconcephalus matrinxã* (Gunter, 1869). **Aquaculture Research**, v. 35, p. 245-249, 2004.

MARTINS, M.L. **Cuidados básicos e alternativas no tratamento de enfermidades de peixes na aquicultura brasileira.** In: Sanidade de Organismos Aquáticos. São Paulo: Varela, 2004a. p. 357-370.

MARTINS, M.L. **Manejo sanitário na piscicultura.** In: Sanidade de Organismos Aquáticos. São Paulo: Varela, 2004b. p. 323-332.

MENUT, C.; LANATY, G.; BESSIERE, J. M.; KOUDOU, J. Aromatic Plants of Tropical Central Africa. XIII. Rhizomes Volatile Components of Two Zingiberales from the Central African Republic. **Journal of Essential Oil Research**, 6, 101-108, 1994.

MORAES, F.R.; MARTINS, M.L. Condições predisponentes e principais enfermidades de teleósteos cultivados. In - Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALLOSSI, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Special topics in tropical freshwater fish farming intensive.** TecArt editora. São Paulo, p. 343-383. 2004.

NAKATANI, K.; AGOSTINHO, G.; BAUMGARTNER, A.; BIALETZKI, P. V.; SANCHES, M. C.; PAVANELLI, C. S. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação.** Maringá: EDUEM, 2001, 378pp.

NATTA, L. et al. Essential oil from five Zingiberaceae for anti food-borne bacteria. **International Food Research Journal**, v.15, n.3, p.337-46, 2008.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica.** Porto Alegre: Artmed, 2011. 1304 p.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M. Bacterioses. In: **Doenças de Peixes: Profilaxia, diagnóstico e tratamento.** Maringá, 2008. p. 165-220.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento.** 3 ed. Maringá: Eduem, 311p. 2008.

PEERAKAM, N.; WATTANATHORN, J.; PUNJAISEE, S.; BUAMONGKOL, S.; SIRISA-ARD, P.; CHANSAKAOW, S. Chemical Profiling of Essential Oil Composition and Biological Evaluation of *Anethum graveolens* L. (Seed) Grown in Thailand. **Journal of Natural Science Research**. 4, 34–41, 2014.

SHAKYA, S. R. Medicinal uses of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) improves growth and enhances immunity in aquaculture. **International Journal of Chemical Studies**, v. 3, n. 2, p. 83-87, 2015.

SHINN, A. J.; PRATOOMYOT, J.; BRON, J.; PALADINI, G.; BROOKER, E.; BROOKER, A. Economic impacts of aquatic parasites on global finfish production. *Global Aquaculture Advocate*, v. 6, p. 58-61, 2015.

SILVA, L. B.; BARCELLOS, L. J. G.; QUEVEDO, R. M.; SOUZA, S. M. G.; KESSLER, A. D. M.; KREUTZ, L. C.; RITTER, F.; FINCO, J. A.; BEDIN, A. C. Introduction of jundia *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard) and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) increases the productivity of carp polyculture in southern Brazil. **Aquaculture Research**, 39(5): 542-551, 2008.

SILVEIRA, R.; RIGORES, C. Características hematológicas normais de *Oreochromis aureus* em cultivo. **Revista Latina Acuicultura**, v. 39, p. 5456, 1989.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C. Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. **Revista eletrônica Nutritime**, v. 6, p. 817-836, 2009.

SINGH, G; MAURYA, S.; CATALÃO, C; LAMPASONA, M.P. Studies on essential oils, Part 42: chemical, antifungal, antioxidant and sprout suppressant studies on ginger essential oil and its oleoresin. **Flavor and Fragrance Journal**. 20, 1-6, 2005.

SINGH, S. et al. Composition, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Oleoresins Obtained from Black Cumin Seeds (*Nigella sativa* L.). **BioMed Research International**. 1-10, 2014.

SIVASOTHY, Y.; CHONG, W. K; HAMID, A.; ELDEEN, I. M; SULAIMAN, S. F; AWANG, K. Óleos essenciais de *Zingiber officinale* var *rubrum* Theilade e suas atividades antibacterianas. **Food and Chemical** 124, 514-517, 2011.

SPARLING, D. W.; VANN, S.; GROVES, R. A Blood changes in mallards exposed to white phosphorus. **Environmental Toxicology and Chemistry** 17(12): 2521-2539, 1998.

STOTT, B.; ORR, L. D. Estimating the amount of aquatic weed consumed by grass carp. **Progres. Fish-Culturist**, 32, pp. 51-54, 1970.

SUTILI, F. J.; LIMA-SILVA, L.; GRESSLER, L. T.; BATTISTI, E. K.; HEINZMANN, B. M.; VARGAS, A. C.; BALDISSEROTTO, B. Plant essential oils against *Aeromonas hydrophila*: in vitro activity and their use in experimentally infected fish. **Journal of Applied Microbiology**, v. 119, p. 47-54, 2015.

TAKAHASHI, N. S. **Nutrição de peixes**. São Paulo: Associação Brasileira de Piscicultores e Pesqueiros, 2011. Disponível em: <<http://www.abrappesq.com.br/materias.htm> >. Acesso em: dez. de 2018.

TAVARES-DIAS, M.; MARTINS, M. L. An overall estimation of losses caused by diseases in the Brazilian fish farms. **Journal of Parasitic Diseases**. 2017

VENKATESH, B.; SHETTY, H. P. C. Studies on the growth rate of grass carp *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes) fed on two aquatic weeds and a terrestrial grass. **Aquaculture**, 13: 45-53, 1978.

VIJAYAN, M. M.; RAPTIS, S.; SATHIYAA, R. Cortisol treatments affects glucocorticoid receptor and glucocorticoid-responsive genes in the liver of rainbow trout. **General and Comparative Endocrinology**, v. 132, p. 256-263, 2003.

WENDELAAR BONGA, S. E. The Stress Response in Fish. **Physiological Reviews**. v. 77, p. 591-625, 1997.

YOUSUFI, M. K. To Study Antiacterial Activity of *Allium Sativum*, *Zingiber officinale* and *Allium Cepa* by Kirby-Bauer Method. IOSR. **Journal of Pharmacy and Biological Sciences**. v.4, n.5, p.6-8, 2012.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar o efeito da adição do OE de *Zingiber officinale* na ração de juvenis de carpa-capim, sua relação no desempenho zootécnico e parâmetros metabólicos dos peixes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar se a adição do OE de *Zingiber officinale* na dieta de carpa-capim é eficiente na promoção do crescimento para a espécie.
- Verificar se a adição do OE de *Zingiber officinale* na dieta de carpa-capim altera parâmetros metabólicos desta espécie.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 MANUSCRITO

ESSENTIAL OIL OF *ZINGIBER OFFICINALE* IN GRASS CARP DIET: GROWTH,
TISSUE AND PLASMA METABOLISM

Manuscrito submetido na revista Aquaculture

Normas para submissão disponível em:

https://www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws_home/503302?generatepdf=true

1 **Essential oil of *Zingiber officinale* in grass carp diet: growth, tissue and plasma**
2 **metabolism**

3

4 Marisa Teresinha de Bastos Brasil¹, Milena Fortuna², Carla Cristina Zeppenfeld³, Carine de
5 Freitas Souza³, Tánat Louzada de Almeida³, Alessandro Cassale Santos³, David Hernández⁴,
6 Bernardo Baldisserotto³ e Mauro Alves da Cunha^{3*}

7

8 ¹Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Laboratório de Fisiologia de Peixes, Universidade Federal
9 de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.
10 marisabrazil@yahoo.com.br

11 ² Programa de Pós-Graduação em Farmacologia, Laboratório de Fisiologia de Peixes, Universidade
12 Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima, 1000, Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

13 ³ Departamento de Fisiologia e Farmacologia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av.
14 Roraima, 1000, Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

15 ⁴ Cátedra de Histología e Embriología e Instituto de Ictiología del Nordeste, Facultad de Ciencias
16 Veterinarias, Sgto Cabral, 2139, Corrientes, Argentina.

17

18 *Corresponding author:

19 Mauro Alves da Cunha

20 Departamento de Fisiologia e Farmacologia

21 Universidade Federal de Santa Maria

22 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

23 Telefone: +55 55 3320-9382

24 E-mail: cunha.mauroalves@gmail.com

25

26

27 **Highlights**

28 • This study investigated the effects of dietary ginger essential oil (EOG)
29 supplementation on grass carp.

30 • The activity of the GOT enzyme was lower in fish fed with 0.25 mL of EOG kg
31 of feed⁻¹.

32 • Carps receiving 1.0 mL EOG kg feed⁻¹ had increased plasma GOT activity.

33 • The consumption of the different EOG concentrations in the diet for 60 days did
34 not alter the muscle and liver metabolism of *C. idella*.

35

36 Abstract

37 Beneficial effects of the use of essential oils (EO) on growth of some fish species have
38 been confirmed in recent years. These results have aroused interest in animal
39 production by expanding the possibilities of nutritional strategies with effective potential
40 in the prophylaxis of animals, especially through positive effects on the modulation of
41 metabolic, physiological, immunological, antioxidant and health promoters of the
42 gastrointestinal tract. Grass carp is the most cultivated freshwater fish world wide, and
43 with the increasing demand for aquaculture protein production numbers tend to
44 increase significantly. The high demand forces the producer market to accelerate and
45 intensify the productive processes, which ends up raising costs in production and
46 increasing losses with losses if something goes out of control. Reducing cultivation
47 time and achieving the physiological balance of fish can be an effective strategy in
48 reducing the risk of losses in aquaculture. The objective of this study was to evaluate
49 the effects of dietary supplementation with ginger essential oil (EOG) on grass carp
50 growth, biochemical parameters of plasma, muscle and liver. The grass carp ($2.5 \pm$
51 0.54 g) were fed commercial feed supplemented with different EOG concentrations (0;
52 0.25; 0.50; 1.0 and 2.0 mL for 60 days). The dietary addition of EOG did not affect
53 growth and metabolic parameters of grass carp.

54

55 **Keywords:** Growth, Alternative supplementation, Ginger essential oil, Grass carp

56 1. Introduction

57

58 The interest in essential oils (EO) as possible substitutes or adjuvants to the use of
59 medicament has been gaining worldwide prominence. Their potential for use with
60 production animals is one of the factors that has guaranteed space in environmental
61 research, especially for the compounds in these oils, which can act as main active
62 substances or even present molecules for the synthesis of new drugs (Franz et al.
63 (1990), Christaki et al., 2012, Nazzaro et al., 2013, Chakraborty et al., 2014).

64 Ginger (*Zingiber officinale*) is a plant known worldwide for its medicinal use, supporting
65 research that seeks to isolate and identify its active principles, as well as identify its
66 potentials of pharmacological action in the treatment of diseases (Ali et al., 2008).
67 Elements found in the rhizome of ginger exhibit modulatory activities of the immune
68 response and induce resistance to diseases in humans and animals. Apines-Amar et
69 al. (Grazia et al., 2007). In the present study, the use of ginger powder in the diet of
70 common carp (*Cyprinus carpio*) showed an improvement in its performance
71 (Abbasighadikolaei et al., 2017). In sturgeon, the ginger powder added to the diet
72 improved the specific growth rate, condition factor and weight gain (Kanani et al.,
73 2014). A recent review by Shakya et al. (2015) demonstrated the possible medicinal
74 uses of ginger as a growth promoter, antimicrobial agent and antioxidant and as an
75 immunostimulant in aquaculture. This study also reports that gingerol is the active
76 constituent of ginger which has been isolated and studied for pharmacological and
77 toxic effects.

78 Although there are several studies with ginger powder, information on the interactions
79 of most of these compounds contained in EO for fish, especially grass carp, is still

80 scarce. Some of these bioactive compounds are sensitive to low pH and the action of
81 certain digestive enzymes during passage through the gastric tract in piglets (Michiels
82 et al., 2008). Thus, degradation and absorption can occur at different sites of the tract,
83 depending on the composition of each OE, suggesting that each molecule may act at
84 a specific site in humans. Therefore, the inefficiency in the digestion and absorption of
85 these oils would be due to the fact that their bioactive compounds would be absorbed
86 in the upper digestive tract and metabolized without being able to reach the specific
87 site of action, rendering them ineffective (Thapa et al., 2015). The anatomical
88 organization of the digestive tract is directly associated with the dietary habits of fish,
89 a fact that can influence the blood circulation dynamics of the nutrients (Grosell, 2014)
90 and consequently the assimilation of certain bioactive compounds added to the food.
91 In the case of herbivorous fish that have the long intestine, the passage of food has a
92 longer transit time than in carnivores, for example (Clements & Raubenheimer, 2005).
93 This question may influence positively or negatively the metabolic parameters of the
94 blood of these animals after the ingestion of certain compounds present in the EO. The
95 responses found in plasma are used as biomarkers of exposure and quantification of
96 effects, mainly due to the high sensitivity presented by Huggett et al. (1992).

97 With the intensification of production, fish can be exposed to stressful factors during
98 the growing phase, and can trigger metabolic changes that contribute to the production
99 of extra energy, such as altered glycemia, glycogen, lactate, and liver and muscle
100 protein (Zeppenfeld, et al., 2014). Such changes when maintained for long periods can
101 lead to responses to chronic stress and physiological exhaustion, negatively affecting
102 growth rates, survival, and immune responses (Barton, 2002; Weber, 2011).

103 Originally from China, grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) has become a
104 cosmopolitan species, present in reservoirs, lakes, nurseries and tanks around the

105 world (Opuszynski & Shireman, 1995). As it is a herbivorous species, uses a low-
106 efficiency, high-volume strategy for plant foods ingested in nature (Wiley & Wiley,
107 1986). The growth rate and feed frequency of this species is dependent on the
108 cultivation phase and temperature of the water, as well as the type of plant food offered,
109 quality and nutritional value (Opuszynski, 1972; Osborne & Riddle, 1999; Bonar et al.,
110 1990). Due to its slower growth in the first year of cultivation (Raibley et al., 1995), it
111 would be interesting that a natural compound added to the feed could contribute to
112 improve the zootechnical performance of the species and, at the same time, help
113 improving the physiological responses to stress. Thus, the objective of this study was
114 to evaluate the effect of the addition of ginger essential oil (EOG) in the feed of juvenile
115 grass carp, on zootechnical performance and metabolic.

116

117 **2. Materials and methods**

118

119 2.1 Carp and experimental conditions

120

121 The experiment was conducted in the Fish Physiology Laboratory at the Universidade
122 Federal de Santa Maria (UFSM), in a water recirculation system, consisting of 20 tanks
123 of 30 L each (25 fish/tank). 500 juveniles of *Ctenopharyngodon idella* (2.5 ± 0.54 g,
124 7.89 ± 0.36 cm), which were previously adapted to the system, were fed the control
125 diet for a period of 7 days until apparent satiety. The animals were fed at a ratio of
126 3,5% of the biomass (determined by observation of consumption in the adaptation
127 period) divided twice a day (8:30 and 16:30 hours) with commercial feed (Table 1).
128 Unconsumed feed and feces were siphoned 30 minutes after the feeding management

129 in the afternoon, ensuring a minimum partial water exchange of 10% of the system
130 during the entire test period.

131 According to Ding (1991), the dietary protein recommendation range for juveniles of
132 grass carp up to 10 g is between 22 and 48%, the present study used an intermediate
133 value for the species.

134

135 2.2 EO of *Z. officinale* in the experimental diets

136

137 The EOG (Laszlo™) was commercially acquired along with its chromatographic
138 analysis, which was analyzed by the Chromatography Laboratory of the Chemistry
139 Department at the Federal University of Minas Gerais (UFMG). Twenty constituents
140 were identified, among the main components are zingiberene (31.8%), β -
141 sesquifelandrene (13.0%), α -curcumene (12.4%), camphene (8.3%), farnesene
142 (7.7%), limonene (7.6%) and 1,8-cineole (1.5%) (Table 2). Five different
143 concentrations of EOG (0-Control; 0.25; 0.50; 1.0 and 2.0 mL kg of feed⁻¹) were added
144 to the diets, starting from the concentrations tested by Nya and Austin (2009) rainbow
145 trout (*Oncorhynchus mykiss*), on the Asian sea bass (*Lates calcarifer*) by Talpur et al.
146 (2013), and in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by Antache et al. (2014). For the
147 addition of the essential oils, the methodology proposed by Dairiki et al. (2013).

148

149 2.3 Water quality

150

151 The water quality parameters were checked daily or weekly according to need,
152 throughout the experimental period. The temperature was maintained at $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.4$ in
153 an air-conditioned environment, dissolved oxygen and pH (7.23 ± 0.68 and 7.82 ± 0.12
154 mg L^{-1} , respectively) were determined by oximeter (Ysi™) and portable digital PH
155 (Kasvi™). Total ammonia (0.60 mg L^{-1}), total hardness ($100\text{ mg L}^{-1}\text{ CaCO}_3$), nitrite
156 (0.80 mg L^{-1}) were measured by colorimetric kit (Alcon™).

157

158 2.4 Collection of samples

159

160 At 0; 30 and 60 days of the experimental period, ten animals of each treatment were
161 randomly captured and anesthetized with eugenol 50 mg L^{-1} to obtain the parameters
162 of zootechnical performance. The fish were euthanized via the medullary section for
163 collection of liver and muscle and these tissues were stored in a freezer at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

164 In the same period, six juveniles were collected and euthanized per treatment to
165 analyze the composition of the whole fish. The samples were crushed in food
166 multiprocessor. Ash content was determined according to AOAC (Official, 1995). The
167 moisture was determined from the weight loss in 4 hours at $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, followed by 8 hours
168 at $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, in an oven with forced air circulation. The protein was determined by the
169 AOAC micro-Kjeldahl method (Official, 1995) applying the factor $\text{CP} = (\text{N} \times 6.25)$. The
170 fat was extracted and quantified following the method of Bligh and Dyer (1959).

171 From the biochemical analyzes of carp liver and muscle, protein content was measured
172 using bovine serum albumin as standard according to Lowry et al. (1951). Lactate was
173 determined according to Harrower & Brown (1972). Glycogen and glucose were
174 determined according to Dubois (1956). The blood of the animals was extracted via

175 the caudal vein after spinal cord sectioning with the aid of heparinized capillaries and
176 ok immediately centrifuged and the plasma stored at -20 °C for subsequent
177 biochemical analysis. The levels of total protein, lactate and glucose were evaluated
178 by enzymatic-colorimetric method using commercial Bioclin™ kit. The values of
179 cholesterol and triglycerides were determined by enzymatic-colorimetric method
180 (Analisa™), pyruvic transaminase (GPT/ALT) and oxalacetic transaminase
181 (GOT/AST) Labtest™ fixed-time kinetics according to Reitman & Frankel (1957).

182

183 2.5 Zootechnical performance

184

185 The fish promptly consumed the diets in all treatments from the first day of feeding.
186 Regarding the growth data (Table 3), after 60 days of feeding the parameters of:
187 Weight gain (g); Initial weight (g); Final weight (g); Initial length (g); Final length (g);
188 Specific Growth Rate (% day); Apparent Food Conversion were calculated as follows:

189 $WG = FW - SW$, where FW is the final weight (g) and SW is the initial weight (g);

190 $SGR = [(\ln Pf - \ln Pi) / t] \times 100$, where t is the experiment time (days);

191 $AFC = FC / WG$, where CF is the feed intake (the total amount of feed consumed by
192 the fish) (g).

193 Survival (S) was calculated using the formula:

194 $S = (NF / NB) \times 100$; where Nf and Ni are equivalent to the number of fish at the end
195 and number of fish at the beginning of the experiment, respectively.

196

197

198 2.6 Statistical analysis

199

200 The Levene test was applied to evaluate the homogeneity of the variances. Data were
201 compared using one-way analysis (ANOVA) followed by Tukey's test. The minimum
202 level of significance of the tests applied was $P < 0.05$. Results were expressed as the
203 mean \pm standard error of the mean. All analyzes were performed using Statistica 7.0
204 Software (Stat Soft, Tulsa, OK).

205

206 **3. Results**

207

208 3.1 Centesimal analysis of whole fish

209

210 There were no significant differences in protein and ash values of the whole fish. The
211 lipid content in the treatment 0.50 mL of EOG / kg^{-1} of feed was lower than the
212 treatment 1.0 mL of OEG / kg^{-1} of feed ($P < 0.05$).

213 In the same way, the percentages of body moisture of carp that received the diets 0.50
214 and 1.0 mL of EOG differed statistically, being that the treatment 0.50 of mL of EOG
215 was greater than the treatment 1.0 mL of EOG / kg^{-1} of feed (Table 4).

216

217 3.2 Metabolic parameters

218

219 Grass carps fed EOG in the feed for 60 days did not show significant changes in the
220 biochemical parameters of hepatic and muscle glycogen, but in the treatments with
221 concentrations of 1.0 and 2.0 mL of EOG / kg⁻¹ of feed, the values of glycemia differed
222 significantly (Figure 1), where the treatment of 1.0 mL of OEG had higher glucose value
223 than the 2.0 mL EOG / kg⁻¹ treatment.

224 Plasma cholesterol levels in the treatment of 0,25 mL of EOG / kg⁻¹ of feed had a
225 significant increase compared to all treatments. The plasma triglyceride values of grass
226 carp showed an increase in the treatments 1,0 mL of EOG / kg⁻¹ of ration when
227 compared to the other treatments, but did not present differences with the control
228 treatment. In the total plasma protein values, 0,25 mL of EOG / kg⁻¹ of ration was lower
229 when compared to treatments 1,0 and 2,0 mL of EOG / kg⁻¹ of feed, however, none of
230 the treatments differed from control. A significant reduction in the activity of the
231 glutamic oxalacetic transaminase enzyme (GOT) was observed in fish fed with 0,25
232 mL of EOG / kg⁻¹ of feed when compared to the other treatments. Carps receiving 1,0
233 mL EOG / kg⁻¹ feed had increased plasma GOT activity, but none of the levels tested
234 differed significantly from the control group (Figure 2).

235

236 **4. Discussion**

237

238 The survival of the fish in this experiment was 100%, and was not related to the levels
239 of essential oils at the end of the experiment. Certainly, the conditions of cultivation
240 and the low stocking density promoted a condition of low stress, not influencing the
241 survival, even for the group that received the ration without EOG. Navarrete et al.
242 (2010) obtained similar results for juveniles of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

243 fed diets containing different levels of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*). For the
244 SGR value, the 0.50 mL EOG / kg⁻¹ treatment was higher than the 0.25 mL treatment,
245 presenting a significant difference (Table 3). In the other evaluated parameters, no
246 difference was identified after 60 days of experiment. Kanani et al. (2014) also did not
247 present significant results for growth in sturgeon (*Huso huso*) fed diets supplemented
248 with ginger powder at 1% for 60 days. Figueiredo (2017) reported negative effects for
249 weight and SGR on Nile tilapia receiving a diet with 1.5% ginger essential oil (15 mL /
250 kg⁻¹ diet), inferring a probable toxicity caused by this dose after evaluation of plasma
251 and metabolic parameters of tissues.

252 The absence of effects on grass carp growth may be related to several factors, from
253 the molecular stability of EOG to the degradation and absorption capacity of its
254 compounds in the gastrointestinal tract of fish, since the diversity of lipophilic and
255 volatile components present in essential oils are susceptible to chemical and/or
256 physical reactions recognized as having a crucial impact on the integrity and stability
257 of some structural elements of essential oils (Dima & Dima, 2015).

258 In the bromatological analyzes of whole fish, the relation between lipids and body
259 moisture was also observed for other species, such as piracanjuba (Borba et al., 2006)
260 and piava (Lazzari et al., 2007) in energy demand tests. The lowest lipid levels of carp
261 in the treatment 0,50 mL / EOG⁻¹ (Table 4) did not fully explain the effect of the oil,
262 which may be associated with a more efficient use of the diet, but the lack of objective
263 results for the performance of the fish between the treatments do not guarantee that
264 such a diet could contribute to a reduction in the deposition of body fat in the fish, since
265 all the treatments had higher lipid levels when compared to carp of similar size, tested
266 in other experiments receiving feed (Camargo , et al., 2006; Wang, et al., 2005;
267 Druzian, 2007). The reduction in the amount of lipids in the treatment 0.5 mL of EOG

268 may be associated with a more efficient metabolic utilization, but this was not observed
269 in fish growth.

270 Studies by Kohlert et al. (2000) in humans, rabbits and rats do not fully account for the
271 pharmacokinetics and bioavailability of these compounds when administered by
272 different routes of application, suggesting that each molecule may have a specific site
273 to act on. The possibility that the essential oil-forming molecules are subject to
274 degradation and / or absorption at different sites of the digestive tract may also be
275 linked to the absence of different results among the treatments of this EOG experiment.

276 In intestinal absorption tests of different microencapsulated compounds offered for
277 pigs, Zhang et al. (2016) found that different compounds can be absorbed in the upper
278 digestive tract and metabolized before reaching their ideal site of action, rendering
279 them ineffective for the purpose. This hypothesis needs to be better analyzed when it
280 comes to carp grass, because the digestive capacity of this animal is directly related
281 to the size of its digestive system, which, because it is a herbivorous species, has the
282 size of the tract 2 to 3 times the body length (Chilton and Muoneke, 1992).

283 Although many studies have been conducted, little is known about the interactions of
284 most essential oils in the fish digestive system. Zhang et al. (2016) talks about the
285 sensitivity of certain bioactive compounds of essential oils to acidity and digestive
286 enzymes during passage through the gastric tract. Du et al., (2009) recorded the
287 gastrointestinal emptying time of young grass carp (3.4 ± 0.12 g) fed diets of different
288 dietary lipid levels (6 and 10%) at 12 hours of 27.5-28.5 °C. These data corroborate
289 with those recorded in this study, allowing to infer that with the 12 hours of carps
290 digestion, the bioactive compounds of the essential oil of *Z. officinale* may not have
291 been degraded / absorbed efficiently.

292 Fish in stress situations usually use their hepatic glycogen stores to make glucose a
293 source of energy available in an attempt to accommodate environmental changes
294 unfavorable to body homeostasis (Iwama et al., 2004). Glycogen and glucose may
295 reflect the metabolic status of tissues in stress situations (Cattani et al., 1996). Lactate
296 may indicate the accumulation of lactic acid due to increased physical activity in these
297 stress situations (Silveira et al., 2009). Proteins are involved in the physiological
298 adaptation of the organism to stress situations (De Smet, Blust, 2001; Crestani et al.,
299 2006), such as reduced feeding or exposure of animals to toxic agents (Irving et al.,
300 2003).

301 The consumption of different concentrations of EOG in the diet for 60 days did not alter
302 the metabolism of *C. idella* to glucose, glycogen, protein and lactate of the muscle and
303 liver, demonstrating that the diet added with ginger did not alter the parameters
304 evaluated. The same occurred in the experiment with *Rhamdia quelen* when receiving
305 different concentrations (0.0, 0.25 and 0.50 mL / kg feed⁻¹) of *Lippia alba* essential oil
306 in the diet for 20 days (Souza et al., 2015).

307 The activity levels of the GOT/AST transaminases in the grass carp of the treatment
308 1,0 mL of EOG/kg⁻¹ of diet were significantly higher than in the animals 0,25 mL of
309 EOG / kg⁻¹ of diet (Figure 2). GOT is found in high concentrations in the liver, heart
310 muscle, skeletal muscles and in lower concentrations in the kidneys and pancreas.
311 The GPT enzyme is found predominantly in the liver, in moderate concentrations in the
312 kidneys and in smaller amounts in the heart and skeletal muscles. Any injury or disease
313 affecting the liver parenchyma, or tissue damage to the kidneys, heart and skeletal
314 muscles, will release a greater amount of these enzymes into the bloodstream
315 (Sparling et al., 1998). Thus, the observed increase in plasma GOT activity of fish

316 treated with 1,0 mL EOG/kg⁻¹ diet may be associated with some cell injury in some of
317 these tissues.

318

319 **5 Conclusions**

320

321 The growth and metabolic parameters of *C. idella* were not affected by the feed
322 containing ginger essential oil, demonstrating that this essential oil does not cause
323 damage to fish health and growth. The concentration of 2.0 mL / kg is indicated for
324 tests on carnivorous or omnivorous species, since these have a lower digestive tract
325 and possibly the absorption and recovery will be promising.

326

327 **Acknowledgment**

328

329 The authors thank the CNPq (process 302076 / 2017-4 for the financial support of
330 Mauro Alves da Cunha and Marisa Teresinha de Bastos Brasil. Milena Fortuna, Carla
331 Cristina Zeppenfeld and Carine de Freitas Souza received support from CAPES).
332 Improvement of Higher Education Personnel - This study was funded in part by the
333 Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) - Financial
334 Code 001.

335 **References**

336

337 Abbasi-Ghadikolaei, H., Kamali, A., Soltani, M.; Sharifian, M, 2017. Effects of *Zingiber*
338 *officinale* powder on growth parameters, survival rate and biochemical composition of
339 body in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Journal of Fisheries Sciences,
340 v. 16, n. 1, p. 67-85.

341 Ali, BH., Blunden, G., Tanira, MO., Nemmar, A, 2008. Some phytochemical,
342 pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A
343 review of recent research. Food Chem. Toxicol. 46, 409–420.

344 Antache, A., Cristea, V., Grecu, I., Dediu, L., Cretu, M., Petrea, SM, 2014. The
345 influence of some phytobiotics on haematological and some biochemical indexes at
346 *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Sci. Pap. Anim. Sci. Biotechnol. 47 (1), 192-
347 199.

348 Apines-Amar, MJS., Amar, EC., Faisan Jr., JP, 2013. Growth, plasma cortisol, liver
349 and kidney histology, and resistance to vibriosis in brownmarbled grouper,
350 *Epinephelus fuscoguttatus* fed onion and ginger. AACL Bioflux. 6 (6), 530-538.

351 Barton, BA, 2002. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to
352 changes in circulating corticosteroids. Integr. Comp. Biol. 42:517-525.

353 Bligh, EG., Dyer, WJ, 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification.
354 Can. J. Biochem. Phys., v.37, p.911-917.

355 Bonar AS, Sehal HS, Pauley GB, et al, 1990. Relationship between the chemical
356 composition of aquatic macrophytes and their consumption by grass carp,
357 *Ctenopharyngodon idella*. J Fish Biol. 36:149-157.

358 Borba, MR. et al., 2006. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon*
359 *orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. Aquaculture
360 Nutrition, v.12, 183-191.

- 361 Camargo, JBJ, et al., 2006. Cultivo de alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon*
362 *idella*) alimentados com ração e forragens cultivadas. R. Bras. Agro ciência, Pelotas,
363 v. 12, n. 2, p. 211-215.
- 364 Cattani, O, et al., 1996. Correlation between methallothionein and energy metabolismo
365 in sea bass, *Dicentrarchus labrax*, exposed to cadmiun. Comparative Bichemistry and
366 Physiology – part:C, v. 113, p. 193-199.
- 367 Chakraborty SB, Horn P, Hancz C, 2014. Application of phytochemicals as growth-
368 promoters and endocrine modulators in fish culture. Reviews in Aquaculture 6: 1–19.
- 369 Chakraborty, SB., Horn, P., Hancz, C, 2014. Application of phytochemicals as growth-
370 promoters and endocrine modulators in fish culture. Rev. Aquac., 6, pp.
- 371 Chilton, NW., Muoneke, MI, 1992. Biology and management of grass carp
372 (*Ctenopharyngodon idella*) for vegetation control: A North American perspective.
373 Reviews in fish biology and fisheries, v. 2, p. 283-320.
- 374 Christaki, E. at al., 2012. Aromatic plants as a source of bioactive
375 compounds. Agriculture 2: 228–243
- 376 Clements, KD., Raubenheimer, D, 2005. Feeding and nutrition. In: Evans, D.H. &
377 Claiborne, J.B. (Eds.). The Physiology of Fishes (pp.47-82). Gainesville: CRC Press.
- 378 Cunha MA., et al, 2010. Essential oil of *Lippia alba*: a new anaesthetic for silver
379 catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture* 306: 403–406.
- 380 Dairiki, J.K, 2013. Procedimento para inclusão de óleos essenciais em rações para
381 peixes. <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100643/1/CircTec-](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100643/1/CircTec-42.pdf)
382 42.pdf> Acesso em 20 nov. de 2018.
- 383 Dima C, Dima S, 2015. Essential oils in foods: extraction, stabilization, and
384 toxicity. Current Opinion in Food Science 5: 29–35.
- 385 Ding, L, et al., 1991. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). In: Wilson, RP. (Ed).
386 Handbook of requirements of finfish. Boca Raton: CRC. p.89-96

- 387 Druzian, JI., Marchesil, CM., ScamparinIII, ARP, 2007. Fatty acid profile and
388 proximate composition of carp feed artificial food and pig manure. *Ciência Rural*, Santa
389 Maria, v.37, n.2, p.539-544.
- 390 Dubois, M, et al., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related
391 substances. *Analytical Chemistry*, 28: 350-356.
- 392 Figueredo, AB, 2017. Suplementação com óleos essenciais de manjeriço (*Ocimum*
393 *gratissimum* L.) e gengibre (*Zingiber officinale* Rosc.) na dieta de tilápia-do-nilo
394 (*Oreochromis niloticus* L.). Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em
395 Aquicultura, UFSC, Florianópolis.
- 396 Franz, C., Baser, W., Windisch, KHC, 2010. Essential oils and aromatic plants in
397 animal feeding – a European perspective. A review. *Flavour Fragr. J.* 25, 327–40
- 398 Grosell, M, 2014. Intestinal transport. In: D. Evans, J.B. Claiborne & S. Currie. *The*
399 *Physiology of fish*. Boca Raton: CRC Press. p. 175-204.
- 400 Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Heo, M, 2011. Impact of plant products on innate
401 and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture* 317: 1–15.
- 402 Harrower, JR., Brown, CH, 1972. Blood lactic acid-a micromethod adapted to field
403 collection of microliter samples *Journal of Applied Physiology*, 32: 709-711.
- 404 Hashimoto, GSO, et al., 2016. Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha*
405 *piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile
406 tilapia. *Aquaculture* 450: 182–186.
- 407 Huggett, RJ, et al., 1992. Biomarkers: biochemical, physiological e histological markers
408 of anthropopgenic stress. SETAC, Lewis Publishers, 347p.
- 409 Iwama, G., Afonso, L., Mathilakath, V, 2004. Stress in fish. Campbell River, AquaNet
410 workshop on Fish Welfare, 278.
- 411 Kanani, HG, et al., 2014. Effect of ginger- and garlic-supplemented diet on growth
412 performance, some hematological parameters and immune responses in juvenile *Huso*
413 *huso*. *Fish Physiology and Biochemistry*, v. 40, p.481-490.

- 414 Kohlert, C, et al., 2000. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile
415 terpenes in animals and humans. *Planta Medica* 66: 495–505.
- 416 Lazzari, R, et al., 2007. Composição corporal e crescimento de juvenis de piava
417 alimentados com dietas contendo farinhas de trigo e milho submetidas ao cozimento.
418 *Ciência Rural*, v.37, n.6.
- 419 Lowry, OH, et al., 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of*
420 *Biological Chemistry*, 193: 265-275.
- 421 Michiels, J, et al., 2008. *In vitro* degradation and *in vivo* passage kinetics of carvacrol,
422 thymol, eugenol and trans-cinnamaldehyde along the gastrointestinal tract of
423 piglets. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 2371–2381.
- 424 Navarrete, P, et al., 2010. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on intestinal bacterial
425 microbiota of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and bacterial isolates.
426 *Aquaculture Research*, v.41, n.10, p.667-678.
- 427 Nazzaro, F, 2013. Effect of essential oils on pathogenic Bacteria. *Pharmaceuticals* 6:
428 1451–1474.
- 429 Nya, E.J., Austin, B., 2009. Use of dietary ginger, *Zingiber officinale* Roscoe as an
430 immunostimulant to control *Aeromonas hydrophila* infections in rainbow trout,
431 *Oncorhynchus mykiss*. *J. Fish Dis.* 32, 971-977.
- 432 Official methods of analysis, 1995. AOAC. 16.ed. Washington.
- 433 Opuszynski, K, 1972. Use of phytophagous fish to control aquatic plants. *Aquaculture*.
434 1:61-74.
- 435 Opuszynski, K., Shireman, JV, 1995. *Herbivorous Fishes, Culture and use for Weed*
436 *Management*. Boca Raton: CRC Press.
- 437 Osborne, JA., Riddle, RD, 1999. Feeding and growth rates for triploid grass carp as
438 influenced by size and water temperature. *J Fresh Ecol.* 14:41-45.

- 439 Raibley PT, Blodgett D, Sparks RE. Evidence of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*)
440 reproduction in the Illinois and Upper Mississippi Rivers. J French Ecol. 1995; 10:65-
441 74.
- 442 Reitman, S., Frankel, S, 1957. A colorimetric method for the determination of serum
443 glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminases. American Journal of Clinical
444 Pathology, 28: 56-63.
- 445 Saccol, EMH., Uczay, J., Pês, TS., Finamor, IA., Ourique, GM., Riffel, APK, et al.,
446 2013. Addition of *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown essential oil to the diet of the silver
447 catfish: an analysis of growth, metabolic and blood parameters and the antioxidant
448 response. Aquaculture 416–417: 244–254.
- 449 Shakya, SR, 2015. Medicinal uses of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) improves
450 growth and enhances immunity in aquaculture. International Journal of Chemical
451 Studies, v. 3, n. 2, p. 83-87.
- 452 Silveira, SU., Logato, RP., Pontes, CE, 2009. Fatores estressantes em peixes. Revista
453 Eletrônica Nutritime, v. 6, n. 4, p. 1001-1017. Disponível em:
454 http://www.nutritime.com.br/home/?pg=revista_nutritime. Acesso em: 20 jan. 2019.
- 455 Souza CF., Salbego. J., Gressler. L.T., Golombieski. J.I, 2015. *Rhamdia quelen* (Quoy
456 & Gaimard, 1824), submitted to a stressful condition: effect of dietary addition of the
457 essential oil of *Lippia alba* on metabolism, osmoregulation and endocrinology.
458 Neotrop. ichthyol. vol.13 no.4, Maringá.
- 459 Sparling, DW., Vann, S., Groves, RA, 1998. Blood changes in mallards exposed to
460 white phosphorus. Env. Toxic. and Chem. 17(12): 2521-2539.
- 461 Sutili, FJ, et al., 2015. Plant essential oils against *Aeromonas*
462 *hydrophila*: *in vitro* activity and their use in experimentally infected fish. Journal of
463 Applied Microbiology 119: 47–54.
- 464 Thapa, D, et al., 2015. Essential oils have different effects on human pathogenic and
465 commensal bacteria in mixed faecal fermentations compared with pure
466 cultures. Microbiology 161: 441–449.

- 467 Wang, S., et al, 2005. Quantitative requirement of dietary lysine of juvenile grass carp
468 *Ctenopharyngodon idella*. Aquaculture 249: 419-429.
- 469 Weber, ES, 2011. Fish analgesia: pain, stress, fear aversion, or nociception? Vet Clin
470 Exot Anim 14:21-32.
- 471 Zeppenfeld CC, et al., 2014. Physiological and biochemical responses of silver
472 catfish, *Rhamdia quelen*, after transport in water with essential oil of *Aloysia*
473 *triphylla* (L'Herit) Britton. Aquaculture. Volumes 1: 418-419.

Table 1. Centesimal composition of the experimental feed given to *C. idella*.

Composition	Diets (mL/kg ⁻¹ de EOG in the feed)				
	0.0	0.25	0.50	1.0	2.0
Protein *	39.61 ± 0.45	39.87 ± 0.41	41.42 ± 0.31	40.94 ± 0.38	40.51 ± 0.39
EE (mín)*	9.70 ± 0.15	9.99 ± 0.16	10.71 ± 0.01	10.40 ± 0.18	10.57 ± 0.11
NDF (máx)*	14.83 ± 0.56	15.99 ± 0.71	15.73 ± 1.07	16.39 ± 0.94	14.49 ± 0.67
ADF (máx)*	3.64 ± 0.16	4.26 ± 0.46	5.86 ± 0.52	3.14 ± 1.01	5.31 ± 1.04
MM (máx)*	10.48 ± 0.11	10.04 ± 0.57	10.11 ± 0.09	10.28 ± 0.27	10.07 ± 0.55
DM*	90.93 ± 0.01	90.90 ± 0.01	91.12 ± 0.08	91.38 ± 0.02	90.15 ± 0.01
DE (kcal/kg)**	3.600	3.600	3.600	3.600	3.600
Calcium (máx) %**	3	3	3	3	3
Phosphor (mín) %**	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

* Values determined in the Fish Nutrition Laboratory – UFSM: EE - ethereal extract; NDF - Neutral Detergent Fiber; ADF - Acid Detergent Fiber; MM - Mineral Matters; DM - Dry matter.

**Values provided by Supra™: DE - Digestive Energy; Vitamin C (min) 500mg / kg, Vitamin D3 (min) 5700UI / kg, Vitamin E (min) 140UI / kg, Vitamin K3 (min) 15mg (min) 1.2mg / kg, Vitamin B1 (min) 12mg / kg, Vitamin B1 (min) 10mg / kg, Vitamin B2 (min) 12.5mg / Pantothenic Acid (min) 100mg / kg, Biotin (min) 1mg / kg, Choline (min) 1800mg / kg, Niacin (min) 200mg / kg, Copper (min) 5mg / kg, Manganese (min) 30mg / kg, Selenium (min) 0.4mg / kg, Zinc (min) 150mg / kg, Inositol (min) 225mg / kg.

Table 2: Chemical composition of the OE of *Zingiber officinale* added to the experimental feed.

Peak	Constituent ID	%
1	α -thujene	0.2
2	α -pinene	2.5
3	canfhene	8.3
4	sabineno	0.4
5	octenal	0.4
6	myrcene	1.3
7	caryn	0.4
8	α -terpinene	0.3
9	p-cimene	0.1
10	limonene	7.6
11	1.8-cineol	1.5
22	geranil acetate	0.9
23	β -caryophilhene	0.5
28	germacrene d	1.8
29	ar-curcumene	12.4
30	α -muurolene	1.2
31	zingiberene	31.8
32	α -farnesene	7.7
33	β -bisabolene	3.7
34	β -sesquifelandrene	13.0

Method of analysis: High Resolution Gas Chromatography Column: HP1 25m x 0.25mm (HP).
 Temperatures: Column: 40 °C (3min), 3 °C / min, up to 150 °C. Injector: 250 °C Split: 1/200.
 FID detector: 250 °C. Injection volume: 1ul (conc. 0.5% in hexane). Note: Peaks less than 0.1% were excluded.

Table 3: Performance of young grass carp (*C. idella*) fed with different concentrations of EOG in the diet.

Parameters	EOG (mL/Kg ⁻¹ of feed)				
	0	0.25	0.50	1.0	2.0
IW (g)	2.47 ± 0.21	2.30 ± 0.14	2.28 ± 0.17	2.49 ± 0.10	2.57 ± 0.12
FW (g)	5.55 ± 0.62	4.59 ± 0.40	5.70 ± 0.93	4.70 ± 0.41	4.90 ± 0.30
WG (g)	3.98 ± 0.34	3.63 ± 0.23	3.99 ± 0.45	3.67 ± 0.41	3.59 ± 0.33
SGR (% dia⁻¹)	1.35 ± 0.40	1.15 ± 0.36	1.52 ± 0.71	1.06 ± 0.40	1.08 ± 0.14
AFC (kg/kg)	1.69 ± 0.44	1.85 ± 0.11	1.67 ± 0.20	1.83 ± 0.20	1.73 ± 0.15
S (%)	100	100	100	100	100

IW = Initial weight; FW = Final weight; WG = Weight gain; SGR = Specific growth rate; AFC = apparent feed conversion; S = Survival; p <0.05 by Tukey's test.

Table 4: Body composition of *Ctenopharyngodon idella* fed with different concentrations of EOG in the diet.

Treatments	Proteins (%)	Lipids (%)	Ashes (%)	Humidity (%)
Control	13.72 ± 0.53	10.12 ± 0.64 ^a	2.65 ± 0.13	73.48 ± 0.69 ^a
0.25	14.09 ± 0.47	11.06 ± 0.82 ^a	2.74 ± 0.12	72.58 ± 0.73 ^a
0.50	14.41 ± 0.75	8.32 ± 0.58 ^{ab}	2.88 ± 0.40	74.17 ± 0.49 ^{ab}
1.0	14.05 ± 0.28	11.50 ± 0.45 ^{ac}	2.37 ± 0.23	72.08 ± 0.50 ^{ac}
2.0	14.02 ± 0.16	11.28 ± 0.53 ^a	2.42 ± 0.06	72.30 ± 0.90 ^a

Note: Data followed by mean ± SE. Different letters in the same column indicate significant difference (p <0.05) by the Tukey test.

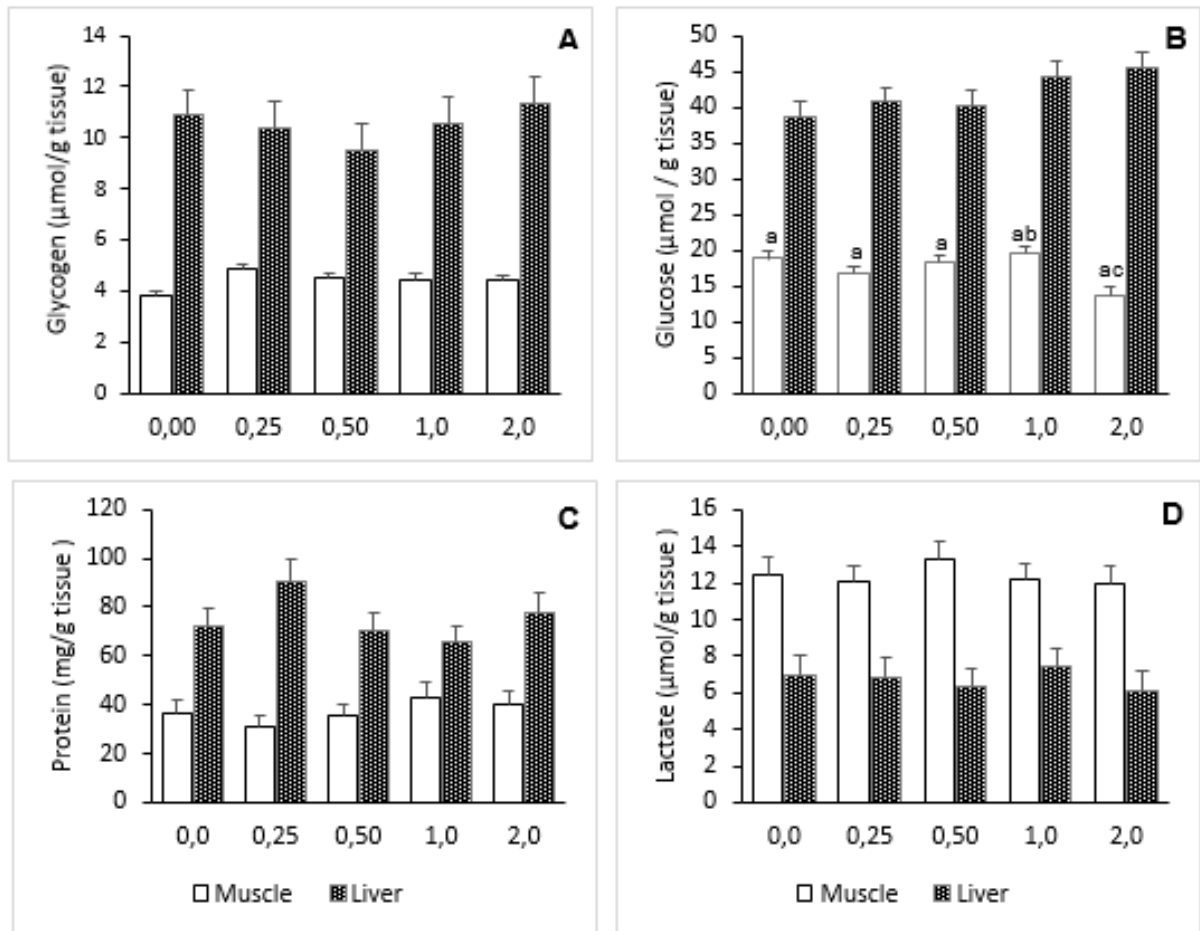
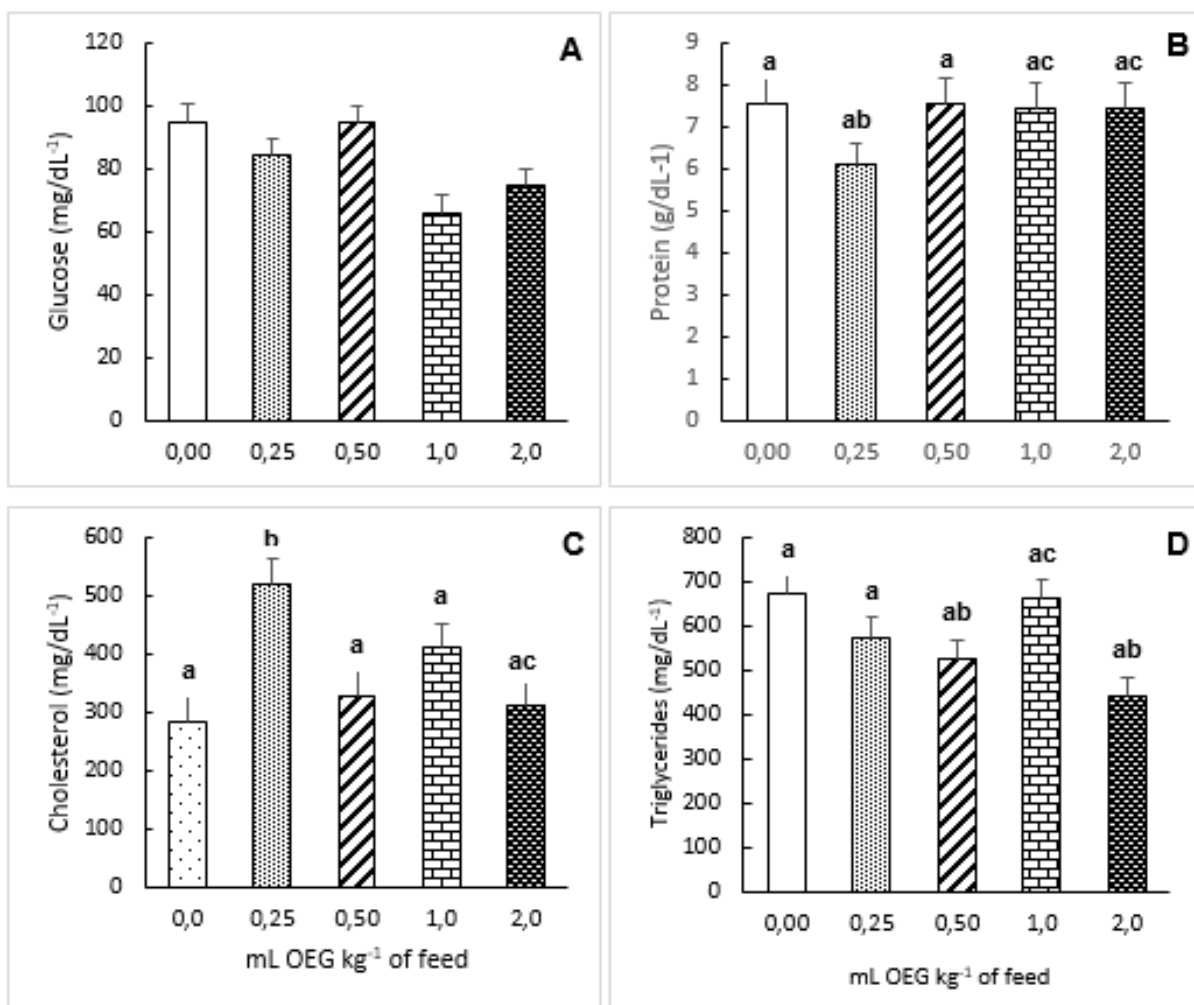


Figure 1: Metabolic parameters of glucose (A), glycogen (B), protein (C) and lactate (D) in muscle and liver of carp carp (*Ctenopharyngodon idella*) (n = 6) submitted to different concentrations of ginger essential oil (EOG) in the diet. One-way ANOVA and Tukey's test were used to determine statistical significance ($p < 0.05$).



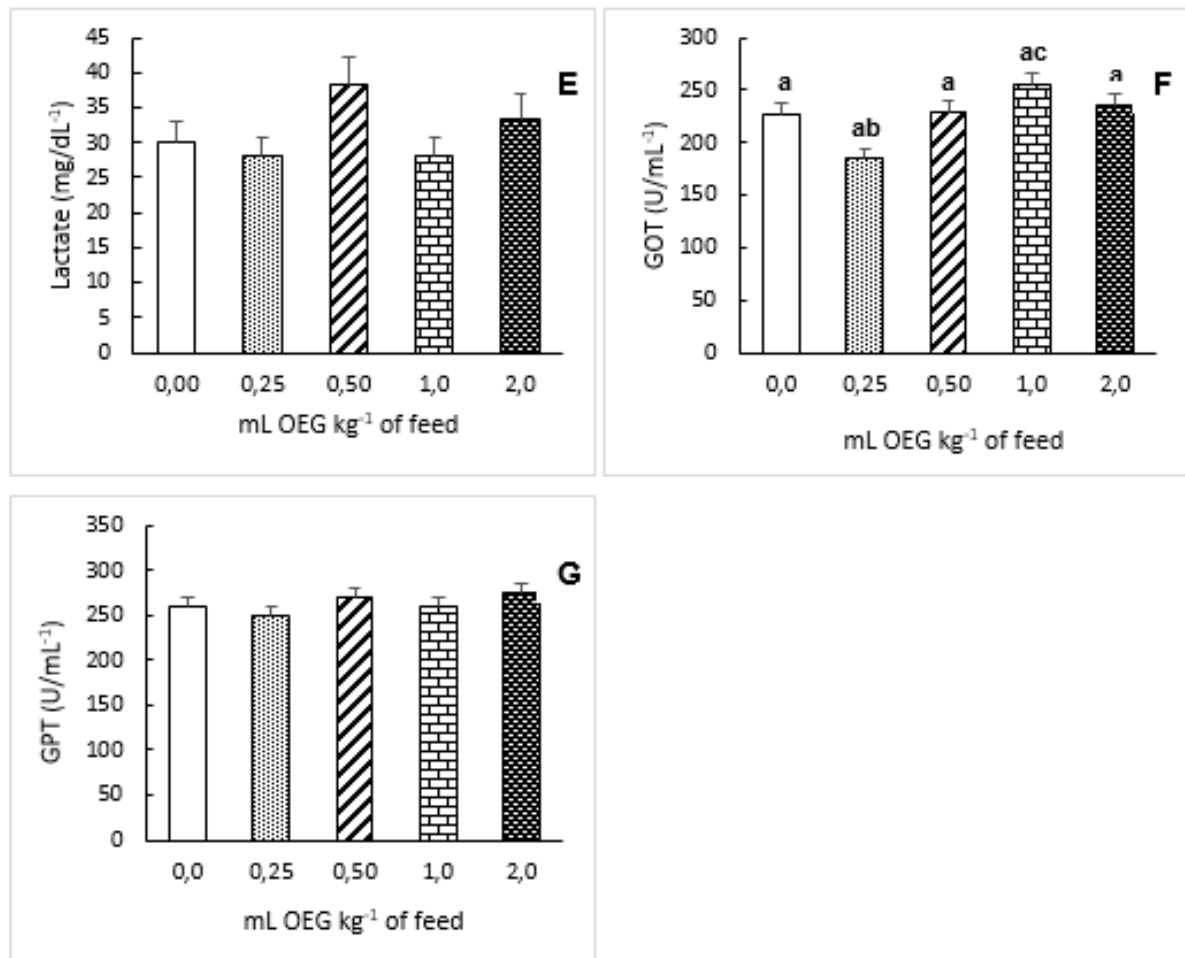


Figure 2: Plasma biochemical parameters of *Ctenopharyngodon idella* (n = 6) submitted to different concentrations of ginger essential oil (EOG) in the diet. (A) glucose, (B) protein, (C) cholesterol, (D) triglycerides, (E) lactate, (F) GOT and (G) GPT. One-way ANOVA and Tukey's test were used to determine statistical significance ($p < 0.05$). Mean \pm SE.

4 CONCLUSÕES

Embora não tenha causado mortalidade, o OEG não demonstrou efeitos positivos que permitam incluí-lo como um aditivo promotor de crescimento para *Ctenopharyngodon idella*.

O metabolismo de *C. idella* para glicose, glicogênio, proteína e lactato do músculo e fígado não sofreu alterações no período de 60 dias. Portanto, a alimentação suplementada com OE de gengibre nas concentrações testadas não atuou como inibidor de estresse.

A ausência de resultados positivos para os parâmetros avaliados, pode estar relacionada a sensibilidade de alguns compostos bioativos do OEG à acidez e enzimas digestivas durante a passagem pelo trato digestório da carpa-capim. Pensar em testes alimentares com a inclusão desses compostos de forma protegida, podem trazer resultados diferentes dos apresentados neste estudo.