

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
ESCOLA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

RAFAEL DIAS PINTO

**JUVENIS DE CARPA CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*)
ALIMENTADOS COM RAÇÃO COMERCIAL E SUPLEMENTADOS
COM FORRAGENS: DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL
FERMENTATIVO DO CONTEÚDO INTESTINAL**

*(Juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella* fed commercial meal and
supplemented with plant sources: productive performance and fermentative
potential in vitro of intestinal content)*

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2015

RAFAEL DIAS PINTO

**JUVENIS DE CARPA CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*)
ALIMENTADOS COM RAÇÃO COMERCIAL E SUPLEMENTADOS
COM FORRAGENS: DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL
FERMENTATIVO DO CONTEÚDO INTESTINAL**

*(Juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella* fed commercial meal and supplemented with plant sources: productive performance and fermentative potential in vitro of intestinal content)*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, área de concentração Saúde, Tecnologia e Produção Animal, da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Maciel
França Madeira

Coorientador: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Baldan

SÃO JOSÉ DOS PINHAIS

2015



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
Câmpus São José dos Pinhais

PUCPR
GRUPO MARISTA

**ATA Nº 0085 E PARECER FINAL DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL DO ALUNO RAFAEL DIAS PINTO**

Aos vinte e oito dias do mês de outubro do ano de dois mil e quinze, às 14:00 horas, realizou-se no anfiteatro do Mestrado em Ciência Animal da Escola de Ciências Agrárias e Medicina Veterinária da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, localizada na Rodovia 376 – Km 14 – São José dos Pinhais - PR, a sessão pública de defesa da Dissertação do mestrando Rafael Dias Pinto, intitulada: “**JUVENIS DE CARPA CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*) ALIMENTADOS COM RAÇÃO COMERCIAL E SUPLEMENTADOS COM FORRAGENS: DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL FERMENTATIVO DO CONTEÚDO INTESTINAL**”. O mestrando concluiu os créditos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, segundo os registros constantes na secretaria do Programa. Os trabalhos foram conduzidos pelo Professor orientador e Presidente da banca, Dr. Humberto Maciel França Madeira (PUCPR), auxiliado pelos Professores Doutores Leandro Portz (UFPR) e Alexandre Sachsida Garcia (UFPR). Procedeu-se à exposição da Dissertação, seguida de sua arguição pública e defesa. Encerrada a fase, os examinadores expediram o parecer final sobre a Dissertação, que nos termos do Artigo 53 do Regulamento deste Programa de Pós-Graduação, foi considerada

aprovada.

Prof. Dr. Humberto Maciel França Madeira (Presidente)

Assinatura _____

Prof. Dr. Leandro Portz (UFPR)

Assinatura _____

Prof. Dr. Alexandre Sachsida Garcia (UFPR)

Assinatura _____

Proclamado o resultado, o Presidente da Banca Examinadora encerrou os trabalhos, e para que tudo conste, eu Caroline Nocera Bertton, confiro e assino a presente ata juntamente com os membros da Banca Examinadora.

São José dos Pinhais, 28 de outubro de 2015.

Renata Ernlund Freitas de Macedo

Profa. Dra. Renata Ernlund Freitas de Macedo

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Caroline Nocera Bertton

Caroline Nocera Bertton

Secretária do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS.....	Viii
FORMATO DA DISSERTAÇÃO.....	iX
RESUMO GERAL.....	X
ABSTRACT.....	Xii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	Xiii
LISTA DE TABELAS.....	XV
LISTA DE FIGURAS.....	XVi
CAPÍTULO 1	
1 INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 2	
2 REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1 PANORAMA DA AQUICULTURA	4
2.2 BIOLOGIA DA CARPA CAPIM	5
2.2.1 Recomendações de cultivo da espécie	7
2.3 NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE PEIXES	9
2.3.1 Exigências nutricionais	14
2.3.2 Ingredientes para formulações de dietas	18
2.3.2.1 Plantas aquáticas	20
2.3.2.2 Plantas terrestres	22
2.4 MICROBIOLOGIA DO TRATO GASTRINTESTINAL DE PEIXES	28
2.4.1 A microbiota gastrintestinal	29
2.4.2 Capacidade fermentativa	31
CAPÍTULO 3	
3 DESEMPENHO PRODUTIVO DE JUVENIS DE CARPA CAPIM (<i>Ctenopharyngodon idella</i>) ALIMENTADOS COM TRÊS DIETAS DE FONTES VEGETAIS	36
Resumo	36
Abstract	37

3.1 INTRODUÇÃO.....	38
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
3.2.1 Avaliação do desempenho produtivo	41
3.2.1.1 Seleção dos peixes e instalações experimentais	41
3.2.1.2 Qualidade da água	42
3.2.1.3 Preparação das forragens	44
3.2.1.4 Ingredientes das dietas	46
3.2.1.5 Desenho do ensaio experimental	46
3.2.1.6 Variáveis analisadas	49
3.2.2 Avaliação da capacidade fermentativa	51
3.2.2.1 Preparo do meio de cultivo anaeróbio	51
3.2.2.2 Preparo das fontes vegetais	52
3.2.2.3 Retirada, processamento do conteúdo intestinal sob condições de anaerobiose e inoculação dos frascos de fermentação	52
3.2.2.4 Coleta do conteúdo fermentado	54
3.2.2.5 Métodos analíticos	54
3.2.3 Análise estatística	55
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.3.1 Parâmetros físico-químicos de qualidade da água	56
3.3.2 Desempenho produtivo	57
3.3.2.1 Percentual de sobrevivência	60
3.3.2.2 Ganho de peso	61
3.3.2.3 Conversão alimentar	66
3.3.2.4 Fator de condição	69
3.3.2.5 Taxa de crescimento específico	71
3.3.2.6 Relação peso relativo TGI/corporal	73
3.3.2.7 Relação comprimento TGI / corporal	75
3.3.3 Avaliação da capacidade fermentativa in vitro	77
3.3.3.1 Análises de pH	79
3.3.3.2 Análises da produção de gás	80

3.3.3.3 Análises de nitrogênio amoniacal	82
3.4 CONCLUSÃO	85
CAPÍTULO 4	
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
REFERÊNCIAS	87
ANEXOS	103

Dedico este trabalho aos meus irmãos Fabiano e Ana Beatriz,
que sejam bem-aventurados na obtenção do grau de mestre.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, que até aqui nos acompanhou e encorajou em busca da vitória.

Ao professor e orientador Humberto Madeira, pelas lições, ensinamentos, conceitos, definições e disponibilidade em desenvolver este trabalho.

A professora e co-orientadora Ana Paula Baldan, pelas sugestões indispensáveis, soluções criativas, profissionalismo e dedicação diária.

Ao professor Fabiano Bendhack, pelos primeiros encaminhamentos científicos e conselhos preciosos para o desenvolvimento do experimento.

Aos professores Alexandre Sachida Garcia e Leandro Portz por aceitarem compor a banca avaliadora e a esta dissertação trazerem contribuições valiosas.

Ao amigo arcebispo emérito da Arquidiocese de Curitiba, Dom Pedro Fedalto.

Aos meus amados pais José e Derlinda por todo o cuidado parental.

A minha esposa Anna Valéria, pelos momentos de carinho e apoio.

Ao camarada Edegar Kruger pela parceria incansável e campeira,

As colegas de mestrado Natália, Marlise, Daniela e Samara.

Aos demais professores e colaboradores da PUCPR por todo o auxílio prestado.

Ao professor Saulo Weber pelas contribuições e reflexões essenciais.

Ao professor Rodolfo Petersen, essencial em minha formação humana e científica.

Aos alunos de Iniciação Científica André Heisler, Anne Schoch, Carolina Giembra, João Faccin e Mariana Werner.

A oferta da bolsa de estudos pela PUCPR.

A disponibilização do recurso financeiro para o desenvolvimento do projeto de Caracterização Molecular da Microbiota Intestinal de Carpa Capim pela Fundação Araucária.

Aos demais alunos dos projetos integradores, estágios obrigatórios e do grupo de estudos em piscicultura, sem os quais as bases fundamentais deste experimento não teriam sido realizadas, minha imensa gratidão.

FORMATO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por capítulos.

O capítulo 1 apresenta uma introdução geral e os objetivos de estudo desta dissertação.

O capítulo 2 trata-se de revisão de literatura.

O capítulo 3 trata-se de um artigo em estágio de publicação em periódico científico.

O Capítulo 4 finaliza esta dissertação com conclusões gerais deste trabalho e com sugestões para estudos futuros.

As referências de todos os capítulos encontram-se em lista única ao final da dissertação.

RESUMO GERAL

JUVENIS DE CARPA CAPIM *Ctenopharyngodon idella* ALIMENTADOS COM RAÇÃO COMERCIAL E FORRAGENS: DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL FERMENTATIVO DO CONTEÚDO INTESTINAL

Atualmente o peixe mais produzido no mundo, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) tem como particularidade a presença de dentes faríngeos, que auxiliam na maceração do alimento consumido. A disponibilidade de dietas com digestibilidade adequada e crescimento ótimo, são fator chave para o desenvolvimento da aquicultura. Assim, busca-se dietas baseadas em alimentos alternativos e de custo reduzido. Através da análise da capacidade fermentativa de carboidratos, é possível estimar a contribuição nutricional deste ingrediente, que posteriormente pode ser incluído na alimentação animal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e a capacidade fermentativa de inóculos intestinais de carpas capim, alimentadas com ração comercial e suplementadas com três dietas contendo as forragens alfafa (*Medicago sativa*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*). Trezentos juvenis de carpas capim com peso médio de $46,0 \pm 12,4$ g e comprimento médio $15,0 \pm 1,25$ cm foram estocados em 12 tanques experimentais com 400 litros de volume, mantidos em sistema de recirculação de água. A alimentação foi ofertada diariamente, pela manhã ração comercial para todas as unidades experimentais no percentual de 1% do peso vivo (PV) dos animais. No período da tarde, o tratamento controle recebeu ração comercial baseada em 2,5% do PV, já nos tratamentos onde foi ofertada suplementação com alfafa, capim elefante ou capim papuã foram alimentados em 5% do PV. Após 60 dias, os animais foram abatidos, passaram por biometria, tiveram o trato gastrointestinal retirado, pesado e medido. Para a avaliação da capacidade fermentativa, foi preparado um meio de cultivo anaeróbico contendo solução basal, carboidrato e inóculos do trato gastrointestinal. Os frascos contendo os inóculos o material inoculado, foram incubados a uma temperatura de 26°C por um período de 48 h. Em intervalos de 6 h foram coletadas alíquotas deste conteúdo fermentado para análise de pH, gás e nitrogênio amoniacal. Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água durante o período experimental foram condizentes com os recomendados para a espécie. Para o ganho de peso e taxa de crescimento específico, os melhores índices produtivos foram observados no tratamento controle, sendo este precedido do tratamento com suplementação de alfafa. Já a conversão alimentar foi estatisticamente igual nos tratamentos contendo alfafa, capim elefante e exclusivamente ração comercial. O capim papuã foi a forragem com aparente menor potencial de utilização para a suplementação de carpas capim. A avaliação capacidade fermentativa, indicou a aptidão para a fermentação de carboidratos no intestino da carpa capim. Os resultados demonstram ainda que a utilização de fontes vegetais pode ser uma alternativa para a suplementação de alfafa e capim elefante na recria de carpa capim.

Palavras-chave: Carpa capim; Nutrição de peixes; Proteína vegetal; Microbiota gastrointestinal; Fermentação de inóculo *in vitro*.

ABSTRACT

JUVENILE GRASS CARP *Ctenopharyngodon idella* FED COMMERCIAL MEAL AND PLANT SOURCES: PRODUCTIVE PERFORMANCE AND FERMENTATIVE POTENTIAL OF INTESTINAL CONTENT

Nowadays the most fish in the world, grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) has the particularity the presence of pharyngeal teeth, which helps to maceration of the food consumed. The availability of diets with tt digestibility species and optimal growth, are key to development of aquaculture. Thus, they seek to diets based on alternative foods and reduced cost. By analyzing the fermentative capacity of carbohydrates, it is possible to estimate the nutritional contribution of this ingredient, which one could be included in animal feed in the future. The aim of this project was to value the productive performance and the fermentative capacity of inoculum from the intestinal content of grass carp fed with commercial feed and supplemented: alfafa (*Medicago sativa*), Elephant grass (*Pannisetum purpureum*) and Brachiaria (*Brachiaria plantaginea*). An amount of 300 grass carp with medium weight of 46.0 ± 12.4 g and medium lenght of 15.0 ± 1.25 cm were stocked in 12 experimental tanks with 400 liters of volume, kept at recirculation aquaculture system. The food was offered daily, at the morning commercial fish meal with for all experimental units, in percentage of 1% of body weight (BW) of the animals. In the afternoon, the control treatment received comercial feed based on 2.5% of BW. Since the treatments which was offered supplementation with alfafa, elephant grass or brachiaria, were fed at 5% of BW. After 60 days, the animals were slughtered, went through biometrics, had the gastrointestinal tract removed, weighed and measured. For the assessment of fermentative capacity, a means for anaerobic cultivation was prepared using basal solution, carbohydrate source and gastrintestinal fish tract inoculum. The culture medium containing the respective inoculum were incubated at a temperature of 26° C for a period of 48 h. Subsequently aliquots were collected this fermented content for pH analysis, gas and ammonia. The chemical-physical parameters of water quality were kept stable along the experimental time, commensurate values with the recommended for this specie. For the qeight gain and specific growth rate, improved performance were observed in the control treatment, this being preceded by treatment with alfafa supplementation. Since feed conversion was statistical similar in treatments containing alfafa, elephant grass and exclusively commercial feed. Finally, Brachiaria was the forage with less apparent potential use for supplemental grass carp. The evaluation fermentative capacity, indicated the suitability for fermentation of carbohydrates in the intestines of grass carp. The results further demonstrate that the use of plant sources may be na alternative for supplemental alfafa and elephant grass fo rearing grass carp.

Key words: Grass carp; Fish nutrition; Plant protein; Gastrintestinal microbiota; Inoculum fermentation *in vitro*.

LISTA DE ABREVIATURAS

Alf	Tratamento suplementado com alfafa (<i>Medicago sativa</i>)
AGV	Ácidos graxos voláteis
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
Cel	Tratamento suplementado com capim elefante (<i>Pennisetum purpureum</i>)
CA	Conversão alimentar
CI	Comprimento do intestino
CP	Comprimento padrão
CT	Comprimento total
CR	Comprimento relativo
CV	Coefficiente de variação
CZ	Cinzas
EDTA	Ácido Etilenodiaminotriacético
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Fig	Figura
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
g	Gramas
GP	Ganho de Peso
h	Horas
ha	Hectare
H ₂	Gás Hidrogênio
Hp	<i>Horse power</i> (Cavalos de potência)
L	Litros
K	Fator de condição
Kg	Kilograma
LAPEP	Laboratório de Pesquisa e Piscicultura da Pontifícia Universidade Católica do Paraná
m ³	Metros cúbicos

Mg.L ⁻¹	Miligrama / litro
mm	Milímetros
MS	Matéria Seca
N-NH ₃	Nitrogênio amoniacal
nm	Nanômetros
n ^o	Número
NRC	National Research Council
P	Peso
Pap	Tratamento suplementado com capim papuã (<i>Brachiaria plantaginea</i>)
PB	Proteína bruta
PR	Peso relativo
pH	Potencial hidrogeniônico
PV	Peso vivo
R28	Tratamento suplementado com ração comercial 28% proteína bruta
SRA	Sistema de recirculação de água
Tab	Tabela
TCE	Taxa de crescimento específico
TGI	Trato gastrintestinal
¹⁴ C	Carbono 14
°C	graus Celsius
μL	Microlitros

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Valores percentuais dos componentes das dietas utilizados na alimentação de juvenis de carpa capim	46
Tabela 2. Metodologia de alimentação nas duas ofertas diárias de alimento para juvenis de carpas capim	47
Tabela 3. Composição de químicos utilizados na formulação da solução basal, utilizada na incubação dos inóculos provenientes do trato gastrintestinal de juvenis de carpa capim	51
Tabela 4. Valores médios dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água, durante os 60 dias de experimento, divididos de acordo com o tratamento de suplementação alimentar	56
Tabela 5. Dados morfométricos e parâmetros de desempenho zootécnicos, observados ao final de 60 dias para juvenis de carpa capim	59
Tabela 6. Valores de pH, produção de gás e nitrogênio amoniacal para a fermentação de inóculos baseados no conteúdo do trato gastrintestinal de juvenis de carpa capim e diferentes fontes de carboidratos, ração comercial 28% PB (R28), alfafa (Alf) e capim elefante (Cel). Incubados sob temperatura de 26 °C e com leituras realizadas nos tempos 0, 6, 12, 24 e 48 h	78

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Instalações onde os animais foram estocados no experimento com duração de 60 dias	41
Figura 2. Croqui do sistema de recirculação de água	42
Figura 3. Procedimentos de coleta, triagem e processamento de forragens para a suplementação nas dietas de juvenis de carpas capim	45
Figura 4. Procedimentos de insensibilização, abate, biometria e coleta do trato gastrintestinal de juvenis de carpa capim	48
Figura 5. Procedimentos da fermentação anaeróbia <i>in vitro</i> do conteúdo intestinal e três diferentes dietas	54
Figura 6. Valores médios de sobrevivência dos tratamentos com juvenis de carpas capim suplementados com quatro diferentes dietas	60
Figura 7. Valores médios de ganho de peso absoluto dos tratamentos com juvenis de carpas capim suplementados com quatro diferentes dietas	62
Figura 8. Valores médios de conversão alimentar dos tratamentos com juvenis de carpas capim suplementados com quatro diferentes dietas	66
Figura 9. Valores médios do fator de condição dos tratamentos com juvenis de carpas capim suplementados com quatro diferentes dietas	69
Figura 10. Valores médios de taxa de crescimento específico dos tratamentos com juvenis de carpas capim suplementados com quatro diferentes dietas	71
Figura 11. Peso relativo do trato gastrointestinal e corpo	74
Figura 12. Comprimento relativo do trato gastrointestinal e corpo	76
Figura 13. Variação de pH para a fermentação de inóculos	79
Figura 14. Produção de gás (mL) para a fermentação de inóculos	81
Figura 15. Variação de N-NH ³ em mg/mL para a fermentação de inóculos	83

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com os dados da FAO (2014), no ano de 2012 a produção mundial da aquicultura foi de aproximadamente 41,9 milhões de toneladas em água doce e 24,7 milhões de toneladas provenientes do ambiente marinho, totalizando aproximadamente 66,6 milhões de toneladas de pescado produzidos em cultivo, um incremento de 34% no período compreendido entre 2007 e 2012. Já a atividade pesqueira extrativista totalizou também no ano de 2012 um volume de 91,3 milhões de toneladas de pescado e, destas, aproximadamente 11,6 milhões de toneladas foram provenientes de capturas em água doce. Apesar do continente asiático ainda ser o maior produtor de pescado em todo o mundo, a América Latina e o Caribe vêm apresentando as taxas mais elevadas de crescimento no cultivo de organismos aquáticos, com incremento de aproximadamente 21% entre as décadas de 1980 e 2010. Atualmente, o Brasil é o 15º maior produtor de pescado do mundo. Já ao considerarmos apenas as espécies de cultivo, o país ocupa a 12ª colocação no ranking mundial (FAO, 2014). Na última década, observou-se um incremento de 75% em sua produção aquícola, porém a quantidade de pescado proveniente do extrativismo permaneceu praticamente estagnada, com crescimento inferior à 1% no mesmo período (MPA, 2010).

O sucesso das operações de aquicultura comercial depende de uma variedade de fatores relacionados aos campos da biologia, engenharia e economia. Um componente biológico chave é a disponibilidade de dietas adequadas que possam ser facilmente digeridas e que possam prover os nutrientes requeridos para um crescimento ótimo (Kubitza et al., 1999). Um dos maiores problemas enfrentados pela indústria aquícola está nos custos com a alimentação que, para algumas espécies, podem exceder 60% os custos de produção. O elevado custo das dietas formuladas está diretamente relacionado ao fato de que esses alimentos demandam quantidades significativas de farinha ou óleo de peixe em sua composição. No entanto, a crescente elevação do custo

desses ingredientes e o fato de que em grande parte estes são provenientes da atividade pesqueira, obrigam a aquicultura a buscar alternativas mais sustentáveis para suprir de maneira parcial a farinha e o óleo de peixe das dietas. Além disso, existe uma pressão substancial de toda a cadeia produtiva para o desenvolvimento de formulações menos onerosas, porém capazes de manter a eficiência do crescimento dos animais com menor custo financeiro. A substituição da farinha de peixe por ingredientes vegetais alternativos tem funcionado parcialmente, porém substituir altos percentuais da mesma na composição das dietas é algo ainda complexo, pois existem uma série de desafios a serem superados para as taxas de crescimento e eficiência alimentar alcançarem níveis desejados (Hardy, 2010). A habilidade para utilizar carboidratos varia de acordo com a forma de seu corpo, o tipo e os seus hábitos de alimentação. Desta maneira, peixes herbívoros dispõem de um ambiente propício para o desenvolvimento de bactérias com a capacidade de degradar a celulose.

Atualmente, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) é o peixe mais cultivada no mundo, sendo fonte primária de alta qualidade em muitos países asiáticos como China, Taiwan e Índia. A busca por fontes de suplementação alternativa no cultivo da espécie é tema recorrente em muitos estudos. Em alguns desses trabalhos, foi observado que exemplares de carpa capim alimentados com macrófitas aquáticas cresceram mais rapidamente do que aqueles alimentados apenas com ração comercial (Shireman et al., 1978; Shelton et al., 1981). Ao ser comparada com a maior parte das espécies de peixes cultivados, a carpa capim possui baixa exigência de lipídios como fonte de energia e, de maneira geral, a espécie apresenta uma capacidade relativamente reduzida de metabolizar alimentos com elevados teores de energia (Du et al., 2005).

Os alimentos alternativos, além do valor nutricional, devem possuir palatabilidade adequada, segundo o exigido pela espécie cultivada. Além da utilização de plantas e macrófitas aquáticas, os excelentes resultados obtidos na alimentação de carpas capim com forragens terrestres, demonstram a capacidade inata do peixe em digerir materiais vegetais, ainda que estes ingredientes

possuam baixo valor nutricional. Dentro das recomendações para a espécie, é sabido que carpas capim alimentadas exclusivamente com material vegetal apresentam índices de crescimento inferiores, quando comparadas a indivíduos suplementados com percentuais de farinha de peixe, ainda que estes sejam reduzidos.

Ao se considerarem os ingredientes vegetais a serem utilizados nas dietas de suplementação, deve-se atentar ao fato de que muitas espécies vegetais possuem fatores antinutricionais em sua composição, os quais podem dificultar a absorção de nutrientes pelos peixes ou mesmo alterarem o sabor ou a coloração da carne. Tais alterações são indesejáveis para um mercado que produtos com características organolépticas aceitáveis para consumo. Outra consideração refere-se à degradabilidade intestinal dos carboidratos presentes no material vegetal e o potencial de contribuição da população microbiana do órgão para essa degradação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de juvenis de carpas capim (*Ctenopharyngodon idella*) e a capacidade fermentativa *in vitro* de inóculos provenientes da microbiota gastrintestinal desses animais, alimentados com ração comercial 28% PB e suplementados com três diferentes fontes vegetais, alfafa (*Medicago sativa*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*). A hipótese deste trabalho é de que o consumo suplementar de plantas contribui para a melhoria do desempenho produtivo de juvenis de carpa capim, tornando assim possível a diminuição da oferta de ração comercial para os peixes com conseqüente redução dos custos de produção da espécie.

CAPÍTULO II

2.1 Panorama da aquicultura

Existem diferentes hipóteses sobre o surgimento da aquicultura no mundo. O primeiro registro escrito da atividade é chinês e descreve o cultivo de carpas (Rabanal, 1988). No século XIV, no sul e centro da Europa, a piscicultura era atividade agrícola comum em fazendas, hotéis e mosteiros (Hall, 1949).

No Brasil, as primeiras atividades aquícolas realizadas de maneira organizada aconteceram na década de 1930, com a criação da Comissão Técnica de Piscicultura do Nordeste (CEPTA, 2000). Há mais de uma década, a atividade vem crescendo a uma taxa anual superior a 10% ao ano em todo o mundo (GESAMP, 2001). As condições naturais favoráveis credenciam nosso país a ser protagonista mundial na produção de pescado (Pavanelli et al., 1998). Seguindo o padrão de anos anteriores, no ano de 2010 as tilápias (*Oreochromis* spp.) e carpas (*Cyprinus* spp.) representaram 63% da produção em águas continentais brasileiras. Já as espécies nativas brasileiras como pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o híbrido tambacu (*P. mesopotamicus* X *C. macropomum*) foram responsáveis por 24% da produção nacional nesta modalidade (MPA, 2010). De acordo com Baldisseroto (2009), na última década o crescimento da piscicultura continental na região sul do Brasil tem se baseado na utilização predominante dos gêneros de peixes exóticos tilápia (*Oreochromis* spp.) e carpa (*Cyprinus* spp.). Conforme informações do órgão IBAMA (2008), no ano de 2006 o estado do Paraná foi o 3º maior produtor de tilápias no Brasil, sendo a tilapicultura responsável por 71% de toda a produção aquícola do estado. Em 2015, o Paraná figura como o maior produtor de tilápias do Brasil, com uma produção superior a 44 mil toneladas (IBGE, 2013).

Atualmente, a carpa capim ocupa a 3ª colocação entre todos os organismos aquáticos mais cultivados mundialmente, atrás apenas de duas espécies de macroalgas marinhas, com uma produção estimada em 5,2 milhões de toneladas, conforme dados da FAO (2012). Em termos comerciais, a carpa capim tem como

principais características o rápido crescimento e a carne de alta qualidade (George, 1982).

2.2 Biologia da carpa capim

Membro da família dos ciprinídeos (*Cyprinidae*) e originária da China, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) é atualmente uma espécie cosmopolita presente em viveiros, tanques, reservatórios e lagos. Esse peixe é utilizado para consumo de sua carne ou para o controle biológico de plantas aquáticas (Opuszynski e Shireman, 1995). No início dos anos 1970, teve início a introdução da carpa capim na África do Sul, com o intuito de controlar biologicamente a macrófita aquática *Potamogeton pectinatus* em viveiros destinados ao cultivo de peixes (Schoonbee, 1991). Já em 1975, Thomas George introduziu a carpa capim no Sudão, a partir de exemplares provenientes da Índia, para a realização de controle biológico de plantas nos canais de irrigação e para o policultivo com outros peixes em viveiros escavados (George, 1982). A carpa capim foi introduzida nos Estados Unidos da América no ano de 1963, como uma medida de controle de plantas aquáticas, pois a fauna local de peixes não dispunha de muitas espécies capazes de consumir predominantemente plantas. No entanto, após algumas décadas surgiu um alerta a respeito da carpa capim, pois a voracidade em sua alimentação seria a responsável por reduzir a abundância de algumas espécies de plantas aquáticas nativas. Atualmente em algumas regiões dos Estados Unidos, é ilegal vender ou estocar carpas capim que não sejam triplóides, peixes que foram produzidos para serem sexualmente estéreis. Com tal medida evita-se que os animais que porventura escapem de tanques ou lagos, acabem por se reproduzir na natureza (Lynch, 2009).

No Brasil, a carpa capim foi introduzida juntamente com a carpa comum (*Cyprinus carpio*), a carpa prateada (*Hipophthalmichys molitrix*) e a carpa cabeça-grande (*Aristichthys nobilis*), no ano de 1904 pela Secretaria da Agricultura do estado de São Paulo (Castagnolli, 1992). Apenas nos anos 1960 a criação de

carpas passou a uma fase comercial, sendo o sistema produtivo mais comumente utilizado o de policultivo (Ostrensky et al., 2008).

Um diferencial da biologia desta espécie é a presença de dentes faríngeos na cavidade bucal dos animais que atuam na maceração do material vegetal ingerido, como descrito por Berry e Low (1970). A utilização da carpa capim para controle biológico da vegetação aquática fez com que a espécie fosse introduzida em todo o mundo como agente no manejo desse tipo de vegetação (Cross, 1969). Em ciprinídeos, os arcos branquiais da quinta posição são modificados em mandíbulas faríngeas logo na entrada do esôfago. Essas mandíbulas são muito bem desenvolvidas nos ciprinídeos herbívoros (Sibbing, 1991). Assim, o peixe consegue obter acesso direto ao conteúdo celular da planta, através de meios mecânicos (Vincent e Sibbing, 1992).

Segundo considerações de Urban e Fischer (1982), em larvas de carpas capim a assimilação de nutrientes é elevada quando a dieta ofertada é baseada em ingredientes vegetais e animais. Além disso, os autores concluíram que o material vegetal, apenas ligeiramente assimilável, é indispensável para o crescimento e o desenvolvimento de larvas de carpa capim. Como um peixe fundamentalmente herbívoro, a carpa capim adota uma estratégia de "baixa eficiência e alto volume" quando se alimenta de plantas (Wiley e Wilke, 1986). Conforme os dados apresentados por Osborne e Riddle (1999), o consumo de alimento pelas carpas capim é dependente do tamanho do peixe, temperatura da água e do tipo de alimento ofertado. A ação desses mecanismos foi evidenciada através de experimento conduzido com indivíduos de tamanho variável (0,2 kg a 9,1 kg) mantidos sob temperaturas entre 17 e 27 °C e alimentados com a macrófita aquática hidrila (*Hydrilla verticillata*).

De acordo com diversos autores, a espécie é capaz de consumir um alto percentual de seu peso vivo diariamente a fim de suprir suas exigências nutricionais. Este percentual de biomassa necessita ser elevado, pois o material vegetal usualmente consumido pela espécie tende a apresentar baixa digestibilidade (Mukhopadhyay e Kaushik, 2001). Posteriormente, Du et al. (2009),

em estudo que buscou mensurar a evacuação intestinal e o máximo consumo de ração comercial para juvenis de carpa capim, foram ofertadas duas dietas com diferentes conteúdos de lipídeos (6% e 10 %). Os resultados demonstraram que o tempo de evacuação intestinal de dietas formuladas foi de 12 h, sendo este tempo de passagem três vezes superior ao obtido quando os peixes foram alimentados com alimento natural. Em estudos conduzidos por Nekoubin e Sudagar (2012), o tempo de evacuação estimado em carpas capim com peso inicial de 2 g e alimentados com caniço-de-água (*Phragmites communis*) na proporção de 20% de sua biomassa foi de 12 h, período relativamente curto quando comparado a outros peixes. Isso provavelmente se deve ao fato de que o alimento natural da carpa capim possui baixos teores de energia e de proteína, quando comparado com peixes carnívoros e onívoros que se alimentam de presas e possuem estômago. Baseado nesta comparação fisiológica, sugere-se que a carpa capim possui digestão e absorção de nutrientes mais eficiente, de forma a compensar o curto tempo de passagem do alimento pelo intestino, assim obtendo energia e proteína necessárias para o seu desenvolvimento.

Ressalta-se que grande parte dos trabalhos realizados de descrição da biologia da espécie e seu desempenho produtivo foram desenvolvidos ao longo dos anos 1970 a 1980, momento no qual os países asiáticos e do oriente médio desenvolveram o pacote tecnológico de produção desta espécie. Os benefícios com o desenvolvimento dessas pesquisas puderam ser notados ao final dos anos de 1990 a meados dos anos 2000, seguido de expressivo crescimento no cultivo desta espécie (FAO, 2012).

2.2.1 Recomendações de cultivo da espécie

Ainda que em sua alimentação a carpa capim consiga ingerir grande quantidade de material vegetal, Stott e Orr (1970) relataram redução da frequência alimentar e jejum quando as carpas foram alimentadas exclusivamente com fontes vegetais por mais de uma semana. As taxas de crescimento e a frequência alimentar da carpa capim são muito variáveis porque estão relacionadas a fatores

como temperatura da água e tamanho do peixe (Opuszynski, 1972), além do tipo, qualidade e valor nutricional do alimento vegetal ofertado (Bonar et al., 1990). Usualmente, em condições naturais, a carpa capim consegue manter taxas normais de alimentação com temperaturas entre 12 e 32 °C. Também foi observado que a espécie apresenta tolerância para condições adversas de qualidade da água como baixa oxigenação, alta salinidade e exposição a alguns compostos químicos (Catarino et al., 1997). Carpas capim com até um ano apresentaram crescimento mais lento, sendo a maior taxa de crescimento observada a partir do segundo ano em diante. Além do tamanho dos animais, a possibilidade de controle vegetal que a espécie pode realizar também está diretamente relacionada com as variáveis físico-químicas da água. Já a maturidade sexual dos indivíduos ocorre entre o 2º e 3º ano de vida (Raibley et al., 1995). Com relação ao oxigênio dissolvido, valores inferiores a 3,0 mg.L⁻¹ não são desejáveis para o desenvolvimento de carpas capim (Cudmore e Mandrak, 2004).

Pipalova (2003) mensurou a habilidade de carpas capim com peso inicial de 19 g de processar a macrófita aquática spirodela (*Spirodela polyrhiza*) em sua alimentação. Além do desempenho produtivo, o autor também observou a toxicidade dos compostos nitrogenados na qualidade da água utilizada durante o período experimental. Os dados obtidos apontaram que a densidade de estocagem contendo seis peixes por m³ apresentou maior concentração de amônia (0,72 mg.L⁻¹) quando comparada ao tratamento negativo (0,31 mg.L⁻¹), que não possuía peixes estocados. Os indivíduos alimentados exclusivamente com spirodela, não apresentaram crescimento durante o período experimental. Ao considerar a utilização de carpas capim para o controle de vegetação em canais de irrigação e em outros cursos de água, Derksen (2006) recomendou que as densidades de estocagem devem variar entre 10-20 peixes por ha, de acordo com a abundância de vegetação que necessita ser controlada no local.

2.3 Nutrição e alimentação de carpa capim

Peixes herbívoros como a carpa capim aparentemente utilizam fontes de carboidratos de maneira mais eficiente do que os peixes carnívoros (Law, 1986). A digestibilidade dos componentes das dietas depende da fisiologia do aparelho digestório e das enzimas digestivas da espécie de peixe estudada (Smith, 1989). O nível de proteína na formulação das dietas é um dos principais pontos a serem considerados no cultivo de peixes, pois influencia diretamente o crescimento individual, a eficiência da alimentação e a qualidade da água. No entanto, determinar a exigência de proteínas nas diferentes espécies de peixe tem sido um grande desafio para a produção de pescados (Lovell, 1989). Alguns requisitos devem ser observados antes de realizar-se a alimentação de peixes, incluindo a escolha da espécie para o cultivo, a fase de desenvolvimento que o peixe se encontra, o sexo e o estágio de maturação gonadal dos indivíduos, o sistema de produção escolhido, a temperatura da água de cultivo, a frequência de alimentação e a qualidade da dieta. A determinação da taxa de alimentação deve considerar o ganho de peso, a conversão alimentar, o retorno econômico desejado e a qualidade da água (Cyrino et al, 2004).

Fatores como alteração de habitats, introdução de espécies exóticas e a exploração direta de formas adultas e juvenis, colocam atualmente um terço das espécies de peixes e outros organismos aquáticos em risco de extinção, influenciando diretamente a disponibilidade do pescado *in natura* e também dos subprodutos farinha e óleo de peixe (FAO, 2014). A produção global anual de farinha e óleo de peixe utilizados nas rações para aquicultura tem aumentado de forma constante nos últimos 20 anos. No final da década de 1980, a demanda total de farinha de peixe e óleo de peixe destinado pela aquicultura era de aproximadamente 15%. Recentemente, o setor demandou 65% de toda a farinha e de 85% de todo o óleo de peixe produzidos mundialmente (Tacon e Metian, 2008). O crescimento contínuo da atividade aquícola é fundamentalmente insustentável se a farinha e o óleo de peixe continuarem sendo as únicas fontes de proteína e óleo utilizadas nas rações comerciais. Assim, um dos principais

desafios nas mudanças das formulações de dietas para aquicultura está na substituição da farinha e óleo de peixe por ingredientes alternativos, cujo custo é reduzido quando comparado ao dos ingredientes tradicionais. No entanto, as informações acerca das exigências nutricionais são em grande parte limitadas para a maioria das espécies de cultivo, limitando assim a utilização de ingredientes de baixo custo. Por esta razão, é necessário também avaliar a utilização dos nutrientes essenciais na composição de dietas contendo ingredientes alternativos (Hardy, 2010).

As pesquisas iniciais envolvendo a nutrição de peixes apontaram que espécies herbívoras usualmente apresentam baixo desempenho ao serem alimentados com dietas naturais, quando comparadas a peixes carnívoros (Brett e Groves, 1979). Dados apontam para o maior comprimento relativo do trato digestório de peixes herbívoros quando comparados aos carnívoros, o que está diretamente relacionado com a absorção de nutrientes ou até mesmo a ausência de estômago, como é o caso dos ciprinídeos (German et al., 2010). De acordo com Du et al. (2009) a taxa de evacuação intestinal de carpas capim (12 h) é significativamente mais curta do que a de outros peixes. Se considerarmos que plantas aquáticas, alimento natural da carpa capim, possuem reduzidos níveis energéticos e de proteína em seu conteúdo, é necessária maior eficiência na digestão e na absorção além da diminuição do tempo de passagem do alimento pelo intestino para que o animal possa obter energia e proteína suficientes. Esta hipótese é suportada por evidências como o comprimento do intestino de carpa capim, a possibilidade desse peixe se alimentar por um período de até 20 h ao dia e capacidade de evacuação do trato intestinal em apenas 4 h, de acordo com a dieta ofertada.

Peixes carnívoros notoriamente possuem pouca habilidade em degradar quantidades elevadas de carboidratos, porém Cowey e Sargent (1979), revisando trabalhos sobre nutrição de peixes concluíram que a carpa capim podem produzir níveis mais elevados de enzimas capazes de digerir carboidratos, quando comparada às espécies de peixes carnívoros usualmente cultivados. Steffens

(1989), estudando a atividade de amilase no carnívoro truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), observou que esta se correlacionava com o tipo de alimento fornecido e com o aumento dos teores proteicos na dieta ofertada. Já a espécie onívora tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*), tem sua atividade de amilase aumentada quando alimentada com dietas de alto conteúdo energético. No entanto, ao observar diferentes níveis de inclusão de amido em dietas para carpa comum (*Cyprinus carpio*), o autor conclui que a enzima amilase apresenta maior atividade quando estas são alimentadas com dietas nas quais as fontes vegetal e animal, são equilibradas.

Em estudo conduzido por Costa et al. (2011) foram avaliadas as enzimas digestivas de carpas capim alimentadas com capim teosinto (*Euchlaena mexicana*), capim teosinto e ração comercial 30% PB, ou exclusivamente ração, durante 45 dias. Os peixes alimentados com teosinto apresentaram maior atividade de amilase, quando comparados aos animais que consumiram exclusivamente ração, apesar dos autores terem considerado que o nível de atividade da enzima foi elevada em todos os tratamentos. Já a maior atividade de maltose foi observada no tratamento exclusivo com ração, resultados inversos aos observados para a tripsina e quimiotripsina, cujas foram maiores em animais alimentados apenas com teosinto.

Em sistemas de policultivo, o alimento vegetal fornecido é predominantemente consumido pela carpa capim e essa alimentação, baseada em macrófitas, inicia-se quando os peixes possuem de 0,2 e 0,3 cm de comprimento (De Silva e Weerakoon, 1981). Watkins et al. (1981) examinaram o conteúdo intestinal de carpas capim com comprimento total entre 17 e 117 mm. A análise mostrou a prevalência da macrófita aquática hidrila (*Hydrilla* spp.), que juntamente com algumas outras espécies de plantas foram responsáveis por 86% do material ingerido pelos peixes. Isso indica que a espécie carpa capim tem a capacidade de naturalmente aproveitar grandes quantidades de macrófitas em sua dieta e provavelmente faça bom uso desse material vegetal. Usualmente, juvenis de carpa capim necessitam consumir em torno de 48 g de vegetação aquática

para ganhar 1 g de peso vivo. O consumo desta quantidade de alimento está relacionado com a temperatura da água, o tamanho do peixe e o número de animais estocados. Peixes de 25 a 40 cm consomem mais alimento, podendo chegar a taxas de 35 a 50% do PV ao dia, enquanto que peixes maiores, acima de 45 cm, podem consumir entre 20 e 30% do seu peso vivo ao dia (Shireman e Smith, 1983). Em experimento conduzido por Horvath et al. (1992) para avaliação do consumo de *Hydrilla verticillata* por carpas capim, os peixes mostraram-se capazes de consumir de 15% a 20% do seu peso corporal na forma da macrófita aquática supracitada.

Ao conduzirem trabalho com carpas capim com peso médio inicial menor que 1,0 g, Marques et al. (2004), testaram ração comercial com 30% PB nos níveis diários de 1%, 3%, 5% e 7% do peso vivo dos indivíduos. Os autores concluíram que ao fornecer 6% do peso vivo dos animais diariamente, os indivíduos apresentaram as melhores taxas de consumo alimentar, consumo este relacionado à demanda energética. Costa et al. (2008) avaliaram o crescimento de carpas capim com peso inicial de 11 g, alimentadas diariamente com 15% do PV ao dia na forma de capim teosinto (*Euchlaena mexicana*) e ração comercial 30% PB, ofertada em diferentes níveis (1%, 2%, 3% e 4% do peso vivo). Os autores obtiveram melhor relação de ganho de peso na dieta com o percentual de 3% de inclusão de ração comercial. Em experimentação subsequente, foram avaliados peixes com 20 g de peso inicial, quando foram ofertadas as seguintes dietas: apenas teosinto; teosinto + suplementação diária de 3% PV de ração comercial; teosinto + suplementação diária de 3% PV de ração comercial a cada dois dias; apenas ração comercial 3% do PV. A associação de capim teosinto com ração comercial, mostrou-se a mais eficiente para o crescimento de carpas capim. Já a suplementação diária com ração apresentou melhores índices de ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico, quando comparada aos resultados observados no tratamento contendo suplementação com ração comercial em dias alternados.

Por sua vez, Nekoubin et al. (2012) conduziram experimento com carpas capim com peso médio inicial de 6,0 g e alimentados exclusivamente com a macrófita aquática lemnea (*Lemnea* sp.). Os animais foram submetidos a seis diferentes percentuais de alimentação (10%, 20%, 30%, 40%, 50% e 60% do peso vivo). As diferentes percentagens de alimentação promoveram desempenhos distintos para a variável taxa de crescimento, sendo o tratamento com 60% de lemnea o que apresentou os melhores resultados. Em experimento conduzido para comparar alimentação vegetal (14% PB), dieta especialmente formulada (30% PB) e ração comercial (54% PB), Nekoubin e Sugadar (2012) alimentaram alevinos de carpa capim com a macrófita caniço-da-água (*Phragmites communis*) e as dietas supracitadas. Os resultados obtidos indicaram que a dieta especialmente formulada apresentou os melhores parâmetros de crescimento para a espécie, demonstrando que carpas capim não apresentam desempenho produtivo adequado quando alimentadas exclusivamente com a macrófita aquática. Assim, foi sugerido que desenvolver uma dieta formulada especificamente para a espécie é essencial, visando melhorar os índices de digestão e absorção de nutrientes pelos peixes, com conseqüente aumento dos ganhos produtivos.

Embora as formulações contendo ingredientes vegetais demonstrem ser promissoras para a alimentação de espécies onívoras e herbívoras, estes ingredientes devem ser limitados nas dietas para peixes carnívoros, sendo isso atribuído às suas limitações digestivas (Buddington et al., 1997). Apenas um percentual de 20 a 40% da proteína de farinha de peixe pode ser substituída por ingredientes vegetais em dietas para peixes carnívoros, conforme propõem Chou et al., (2004). Espécies de peixes herbívoros naturalmente podem consumir níveis mais elevados de ingredientes vegetais em suas dietas em níveis, quando comparados a peixes carnívoros e onívoros. Este fato está relacionado à palatabilidade dos alimentos para cada espécie (Wang et al., 2014). Usualmente, em regiões afastadas dos grandes centros urbanos, folhas de vegetais, rejeitos de cultivos agrícolas e plantas nativas são os principais alimentos fornecidos em viveiros de piscicultura. Para obter os nutrientes de uma planta, o animal deve

inicialmente torná-lo adequado para a digestão, quebrando ou moendo este alimento em pequenos pedaços, rompendo as células vegetais, disponibilizando assim o seu conteúdo (Vincent, 1991).

2.3.1 Exigências nutricionais

A qualidade da alimentação é um ponto chave no sucesso do empreendimento. Deficiências nutricionais prejudicam o crescimento, a eficiência alimentar e o sucesso reprodutivo dos peixes. Além disso, podem depreciar a aparência de alevinos e peixes adultos. O inadequado manejo nutricional prejudica a saúde dos peixes, aumenta a incidência de doenças e a mortalidade, levando a um excessivo uso de medicamentos, onerando o custo de produção sem necessariamente proporcionar efetiva correção do problema (Sperandio, 2011).

A exigência energética da carpa capim ainda não está suficientemente determinada. Huisman e Valentijn (1981) obtiveram bons resultados com dieta para carpas contendo 4.657 kcal/kg de matéria seca. Os componentes nutricionais das dietas para peixes podem ser divididos em: energia, proteína/aminoácidos, lipídios/ácidos graxos, carboidratos incluindo fibra bruta, e vitaminas e minerais. A exigência específica por estes componentes em carpas capim são em grande parte desconhecidos, sendo usual a adição de informações disponíveis para a carpa comum (*Cyprinus carpio*), conforme destacado por Zonneveld e Van Zon (1985). Law (1986) reportou coeficientes de digestibilidade em carpa capim de 90% para proteína, 100% para lipídios e 98% para energia, em dietas peletizadas contendo 37% PB e formuladas à base de farinha de peixe, farelo de soja, farelo de milho e farelo de arroz. Steffens (1989), ao incluir 30% de farinha de milho ou de farelo de soja em dietas para carpa capim, a digestibilidade destes ingredientes foi de 88 e 63%, respectivamente.

Lipídios são amplamente utilizados por muitas espécies de peixes, porém em níveis elevados pode reduzir o crescimento dos animais. Por outro lado, os carboidratos, aparentemente são pouco assimiláveis, principalmente para

carnívoros como os salmonídeos, que digerem e utilizam amido com menos efetividade que peixes onívoros ou herbívoros. No entanto, carboidratos são mais disponíveis e de custo reduzido que os lipídios, porém o excesso de carboidratos nas dietas pode conduzir a uma maior deposição de gordura. Por este motivo a relação carboidrato:lipídio é tão relevante para as formulações de peixes. Gao et al. (2010) conduziram experimento utilizando carpas capim com peso inicial de 2,0 g para determinar a eficiência de diferentes relações carboidratos:lipídios: 1:7; 2:8; 4:4; 7:5; 17:1 e 202:5 (CHO:L), em dietas isonitrogenadas e isoenergéticas, formuladas para a espécie. Os peixes foram mantidos sob temperaturas entre 28 °C e 30 °C, sendo que todas as dietas apresentaram bom consumo e as taxas de sobrevivência mantiveram-se dentro da normalidade. Os resultados indicaram que o crescimento e a eficiência na taxa de conversão alimentar em carpas capim foram afetados pelos diferentes níveis de fontes não proteicas na composição de sua dieta. Quando os peixes foram alimentados com dietas contendo altos teores de carboidratos e baixos teores de lipídios, ou com dietas de alto teor de lipídios e baixo teor de carboidratos, os valores para ganho de peso, taxa de eficiência proteica e valor produtivo proteico foram reduzidos quando comparados aos peixes alimentados com formulações equilibradas. Aqueles autores sugerem que a correlação carboidrato/lipídios igual a 4,6:1 é a mais adequada para o crescimento da espécie nas fases iniciais de desenvolvimento.

Buscando estimar a exigência proteica de carpas capim com peso médio inicial entre 0,1 g e 0,2 g, Dabrowski (1977) reportou relação linear entre o percentual de proteína da dieta e o aumento de peso dos peixes, até níveis ótimos entre 41% e 43% PB. Suplementações proteicas com níveis acima dos citados anteriormente foram menos eficientes na promoção do crescimento dos animais nesta fase inicial. Hajra et al. (1987) determinaram o valor nutritivo e a extensão da disponibilidade proteico-calórica da macrófita aquática (*Ceratophyllum demersum*), em experimento com carpas capim de peso médio inicial variando entre 14 e 52 g. Foi constatado que pelo fato desta macrófita apresentar teor proteico relativamente baixo, em torno de 20%, esta não supre a exigência proteica mínima da espécie. O baixo teor de proteína na dieta promove a queda

dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos. A grande quantidade de fibras da dieta reduz a disponibilidade de energia acelerando o transporte através do trato digestório, conseqüentemente aumentando os teores de nitrogênio e gordura nas fezes. Contudo, segundo dados da FAO (2014), na China um nível inferior de proteína, entre 30% e 34% PB é usualmente utilizado pelos produtores de ração na formulação das dietas utilizadas na alimentação da espécie, especialmente para a alimentação de alevinos e juvenis. Isso está diretamente relacionado aos baixos valores comerciais atingidos com a venda das carpas capim nos mercados formais.

Em experimento com carpas capim adultas, Van Dyke e Sutton (1977) observaram que a fração fibra em detergente neutro (FDN) apresentou digestibilidade de 30%, em dieta utilizando lemna (*Lemna* spp.). Law (1978) relatou o coeficiente de digestibilidade em carpas capim com peso médio entre 1,0 e 2,0 kg, alimentadas com capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Após analisar os teores de lignina da dieta ofertada e a taxa de excreção nas fezes dos peixes, o autor estimou a digestibilidade do capim elefante em 19%. Em estudo prévio, a taxa de digestão de fibra bruta, estimada com marcação de ^{14}C na alimentação de carpas capim, variou entre 3% e 6% (Zoology Division Laboratory, 1978). Muitas fontes vegetais possuem altos teores de fibra de detergente neutro (FDN), fibra de detergente ácido (FDA) e lignina, valores esses que excedem o teor de fibras sugerido para as dietas para carpa capim. Liao et al. (1980) e Mao et al. (1985) apontaram que dietas para carpa capim não devem possuir teor de fibra bruta que exceda os 15%. No entanto, Tian et al. (2012) observaram que níveis de até 37% de fibra bruta, na forma de celulose purificada na dieta não reduziram o crescimento de carpa capim. Além disso, o alto nível de celulose da dieta não afetou negativamente os coeficientes de digestibilidade de proteína e carboidrato. Essa elevada tolerância a elevados níveis de celulose na dieta aponta para a capacidade de utilização da celulose por microrganismos intestinais.

Em estudo conduzido por Cai et al. (2005) foi determinado o efeito de diferentes formas de processamento e da substituição da farinha de peixe por

farelo detoxificado de mamona (*Ricinus communis*), em dietas para carpas capim. Essas dietas foram formuladas com composição isocalórica e isoenergética, combinando diferentes proporções (0, 40 e 100%) de farinha de peixe e farelo de mamona. Foi demonstrado que o processamento de alimentos através do processo de extrusão diminuiu significativamente os valores do coeficiente de digestibilidade aparente do fósforo presente no farelo de mamona. Como esperado, os teores de fibra bruta nas dietas aumentaram quando da maior inclusão de farelo de mamona, no entanto as dietas extrusadas apresentaram menor teor de fibras, quando comparadas as dietas que foram peletizadas. O reduzido teor de fibras pode também ser a razão pela qual, os tratamentos alimentados com as dietas extrusadas, apresentaram melhor desempenho e digestibilidade de matéria seca, quando comparados aos alimentados com dietas peletizadas. Além disso, não houve diferença significativa para os parâmetros de crescimento entre os tratamentos com nível de inclusão de farelo de mamona de 0 e 40%, demonstrando que este ingrediente vegetal pode ser uma boa fonte de proteína alternativa. De acordo com o previamente descrito por Hardy (1989), o processo de extrusão é como um cozimento em alta temperatura, durante um curto espaço de tempo. Este processo minimiza a degradação dos nutrientes, além de melhorar a digestibilidade dos nutrientes pela desnaturação de proteínas e gelatinização dos amidos presentes na composição desta ração.

Buscando a avaliação dos níveis de lipídios em dietas para carpas capim, Takeuchi et al. (1991) conduziram dois experimentos para detectar a deficiência e as exigências de ácidos graxos essenciais para indivíduos desta espécie, com animais de 4,0 g de peso médio inicial. Os peixes foram alimentados com dietas sem lipídios, durante 25 semanas. Os autores observaram que a ausência de lipídios nas dietas causa lordose e redução na sobrevivência de alevinos de carpa capim. Outro ponto relevante quanto à nutrição de carpas capim é o correto balanceamento de aminoácidos nas dietas. Taxas de crescimento dos peixes podem, muitas vezes, estar relacionadas com a falta ou deficiência de algum aminoácido essencial na dieta ou a algum desequilíbrio de aminoácidos nestas formulações, gerando assim gasto energético para o catabolismo de outros

aminoácidos. O adequado balanceamento de aminoácidos melhora a digestibilidade da proteína e aumenta a disponibilidade geral de aminoácidos para a formação do tecido muscular (Wang et al., 2005).

2.3.2 Ingredientes para a formulação de dietas

De acordo com Francis et al. (2001), pelo fato da existência de fatores antinutricionais e da ausência de determinados aminoácidos essenciais, deve-se limitar a inclusão das fontes de alimento de origem vegetal nas dietas para peixes, em especial para peixes carnívoros e em determinadas espécies de onívoros, até que sejam desenvolvidos trabalhos mais conclusivos. Na aquicultura prática é muito comum a inclusão de diversos ingredientes vegetais na formulação das dietas por razões econômicas, especialmente para peixes onívoros e herbívoros (Chen et al., 2012). A utilização do farelo de soja é limitada para muitas espécies de peixe, em especial para os salmonídeos, pois pode causar infecções intestinais (enterites) em algumas espécies. Isto torna-se evidente quando peixes salmonídeos, são expostos ao uso prolongado de dietas contendo mais de 30% deste ingrediente (Rumsey et al., 1994; Krogdahl et al., 2003). Entretanto, relatos de ocorrência de enterite induzida por farelo de soja em espécies não-salmonídeas é limitada (Evans et al., 2005; Hansen et al., 2006).

Já em relação aos ciprinídeos, em experimento com carpas comum (*Cyprinus carpio*), Urán et al. (2008) avaliaram a capacidade do farelo de soja em induzir o desenvolvimento de enterites em peixes com peso entre 35 e 40 g. Após a indução da enfermidade através da alteração para dieta contendo farelo de soja, o estado de saúde dos peixes começou a recuperar-se apenas após a quarta semana. Após a quinta semana de experimentação, o trato gastrointestinal dos animais foi modulado e a maior parte dos parâmetros foi revertido para níveis basais. Isto sugere uma possível adaptação dos tecidos intestinais da carpa comum, para o uso de fontes proteicas de baixa qualidade.

Veiverberg et al. (2010) avaliaram o potencial nutricional dos farelos vegetais de canola (*Brassica napus*) e girassol (*Helianthus annuus*) como substituto da farinha de carne suína para carpas capim. As dietas de fontes vegetais mostraram-se efetivas para o crescimento dos peixes, além disso, os indivíduos apresentaram níveis reduzidos de proteínas totais e colesterol no sangue, quando comparadas aos animais alimentados com dieta de farinha de carne suína. No entanto a carne proveniente de peixes nutridos com as referidas dietas vegetais, apresentaram pequenas alterações na composição e na cor do filé, sem que estas influenciassem de maneira significativa as características organolépticas originais do produto. Em estudo conduzido por Costenaro-Ferreira et al. (2013), foram avaliados o desempenho produtivo e a deposição de minerais nos ossos de carpas capim com peso inicial de 7 g, submetidos a diferentes regimes de alimentação. As dietas continham farelo de arroz, farelo de arroz sem ácido fítico ou apenas ração comercial para peixes 35% PB. O ácido fítico, presente naturalmente no farelo de arroz é considerado um composto antinutricional, pois reduz a capacidade de incorporação de alguns minerais nas dietas de animais. Ao final de 60 dias de experimento, o tratamento contendo farelo de arroz com baixo teor de ácido fítico melhorou o desempenho produtivo de carpas capim, aumentando ainda a disponibilidade de nutrientes e deposição de fósforo na estrutura óssea dos animais.

Usualmente é aceito que folhas de plantas possuem baixa densidade de nutrientes e peixes herbívoros necessitam consumir grandes quantidades deste material a fim de obterem nutrientes suficientes para um crescimento adequado (Wiley e Wilke, 1986). As diretrizes apontam que ingredientes de dietas que contenham elevados teores de FDN, FDA e lignina reduzem a digestibilidade de nutrientes e a energia disponibilizada para o crescimento dos animais (Anderson et al. 1991; NRC National Research Council, 2011). Ao consideramos o conteúdo nutricional das formulações, algumas fontes vegetais apresentam melhor potencial, entre elas as concentrações relativamente elevadas de proteína e energia, teor de fibras relativamente baixo, porém a presença de alguns antinutrientes encontrados em tais ingredientes, pode ser mais elevada do que o

valores críticos já descritos ou suportados por determinadas espécies. Desta maneira, a oferta deste tipo de material para peixes deve ser realizada com precaução, utilizando-se de algumas estratégias de alimentação específicas, que devem ser elaboradas visando atingir um melhor uso desses tipos de fonte de carboidratos na alimentação de peixes. A mistura de diferentes ingredientes na alimentação desses animais, pode garantir a diluição dos diferentes antinutrientes presentes nestes alimentos. Esta mistura, pode trazer efeitos benéficos quando de sua utilização na engorda de peixes, ainda que esta seja baseada em diferentes fontes vegetais disponíveis. Como grande parte dos ingredientes provenientes de plantas, contém diferentes tipos de antinutrientes, quando este material é digerido e os diferentes antinutrientes são liberados no trato digestório, estes podem interagir uns com os outros e isso pode levar a uma relativa redução nos seus efeitos prejudiciais individuais (Dongmeza et al. 2009).

2.3.2.1 Plantas aquáticas

O sucesso no uso da carpa capim para controle de macrófitas aquáticas tem levado diversos pesquisadores a avaliar o uso de diversas fontes vegetais na nutrição da espécie. Desde a década de 1980, a preferência alimentar de carpas capim por diferentes macrófitas aquáticas é tema relevante das pesquisas científicas. Sutton et al (1986) realizaram observações com o intuito de mensurar o controle biológico da carpa capim sobre 20 diferentes espécies de macrófitas aquáticas. Após a avaliação dos resultados, os autores concluíram que a espécie tem preferência principalmente por *Hydrilla verticillata*, *Chara* spp. e *Najas guadalupensis*, e para que seja possível a realização do controle destas macrófitas, sugerem a utilização de 3 a 8 peixes por ha. Esta densidade de estocagem pode variar de acordo com o uso de herbicidas ou de sistemas de remoção mecânico das plantas aquáticas. Pine e Anderson (1991) em simulação do ambiente natural das carpas capim, observaram a preferência dos peixes por diferentes espécies de macrófitas aquáticas. Os autores observaram que a espécie apresentou predileção pela espécie *Potamogeton nodus*, porém também houve bom consumo aparente de *Hydrilla verticillata* e *Elodea nutalli*. O grupo de

Catarino (1997) observou durante três anos a preferência alimentar de carpas capim alimentadas com macrófitas aquáticas. Neste período, os animais foram mantidos em tanques com volume de 660 L e alimentados com uma combinação de dietas contendo diferentes espécies de macrófitas. Os autores observaram a escolha do alimento pelos peixes, de acordo com seu estágio de desenvolvimento, peixes menores apresentaram predileção por plantas menores e suculentas, como *Lemna* spp. e *A. filiculoides*. Já os peixes maiores não demonstraram evidência de preferência pelo alimento, tendo consumido a mais ampla variedade de plantas ofertadas. Murphy et al. (2002) avaliaram a alimentação de carpas capim em estádios iniciais. Após as estimativas de consumo baseadas nas macrófitas aquáticas *Jussiaea repens*, *Ranunculus longirostris* e *Ranunculus flabellaris*, tornou-se possível afirmar que a espécie na fase de alevino, tende a evitar material vegetal com folhas mais fibrosas e resistentes, optando pela espécie *R. flabellaris*. Um ponto a ser levado em consideração, foi que os autores encontraram lesões na mucosa epitelial dos peixes alimentados com *R. flabellaris* e possivelmente, o surgimento dessas lesões, deve-se ao fato de que em determinadas condições ambientais, esta espécie de macrófita pode apresentar certa toxicidade em suas folhas mais jovens.

Buscando determinar as preferências alimentares de carpas capim sobre dez diferentes tipos de macrófitas aquáticas, Filizadeh et al. (2007) realizaram estudo composto por dois experimentos conduzidos em tanques de fibra e viveiros escavados. Os resultados sugerem que os peixes menores apresentaram predileção pelas plantas mais tenras e jovens, enquanto os peixes maiores consumiram toda a variedade de plantas ofertadas mesmo as mais grossas e fibrosas. Sponchiado et al. (2009) definiram como objetivo a avaliação da grama-boiadeira (*Luziola peruviana*) no desempenho produtivo de carpas capim, em sistema de cultivo extensivo com peixes de 320 g de peso inicial. Os indivíduos se mostraram eficientes no controle da macrófita *L. peruviana* e obtiveram boas taxas de crescimento. A densidade de estocagem para peixes adultos (> 1,2 kg) de aproximadamente 150 peixes/ha demonstrou ser eficiente para o controle da *L. peruviana* nos viveiros utilizados no trabalho referido. Silva (2014) realizou

experimentos com a preferência e eficiência alimentar de carpas capim em diferentes estádios de desenvolvimento. Os peixes foram alimentados com as macrófitas *Ceratophyllum demersum*, *Egeria densa*, *Egeria Najas* e *Hydrilla verticillata* ofertadas isoladamente ou de maneira combinada. Os peixes apresentaram maior ganho de biomassa e consumo de forragem nos tratamentos onde foram utilizados 7,5 peixes/m³. Dentre as macrófitas aquáticas utilizadas, observou-se uma preferência da carpa capim pelas espécies *C. demersum* e *najas*.

2.3.2.2 Plantas terrestres

A alfafa (*Medicago sativa*) é uma forragem altamente disseminada em países de clima temperado, sendo recente o seu uso em ambientes tropicais. É usualmente utilizada na forma de pastejo ou picada, com excelentes resultados na produção animal (Embrapa, 2006). Devaraj et al. (1986) estimaram a taxa de crescimento de carpas capim com peso inicial de 4 g, alimentadas com folhas de alfafa (*Medicago sativa*) e de acácia branca (*Moringa pterygosperma*), contendo 6% PB e 7% PB respectivamente. Os índices gerais de desempenho zootécnico da alfafa foram superiores aos encontrados para acácia branca na alimentação da espécie, ao final dos 120 dias de experimento. Enquanto o tratamento com alfafa obteve ganho de peso de 177 g, os animais alimentados com acácia branca apresentaram ganho de peso final de 111 g, evidenciando assim a aptidão da forrageira alfafa para a suplementação de carpas capim.

Olvera-Novoa et al. (1990) conduziram estudo para examinar a qualidade nutricional de alfafa (*Medicago sativa*) na forma de dois concentrados de proteína, cloroplasmático e citoplasmáticos, em dietas para tilápia (*Oreochromis mossambicus*). O experimento ainda contou com uma dieta controle baseada apenas em ração comercial (40% PB) para peixes, sendo que este percentual de ração comercial foi substituído gradativamente pelos concentrados de alfafa nas seguintes proporções: 15%, 25%, 35%, 45% e 55%. Após as nove semanas do período experimental, os autores apontaram que a digestibilidade das dietas foi afetada de acordo com o aumento do percentual de material vegetal nas dietas.

Os melhores valores de ganho de peso, taxa de crescimento específico, consumo de alimento e deposição de nitrogênio na carcaça, foram obtidos com níveis de inclusão reduzidos, entre 15 e 35%. Sendo que dentre os dois concentradas de folhas de alfafa utilizadas, a dieta contendo proteína citoplasmática obteve dados zootécnicos ligeiramente superiores. Com o intuito de avaliar a utilização de folhas de plantas no crescimento de tilápia (*Oreochromis aureus*), Yousif et al. (1994) forneceram dietas baseadas em diferentes níveis, 5%, 10%, 20% e 30%, de alfafa (*Medicago sativa*) e erva-sal (*Atriplex numularia*), além de tratamento controle contendo apenas ração comercial 40% PB, para tilápias com peso inicial de 14 g. Os autores ressaltam o potencial da utilização das fontes vegetais para a alimentação de peixes, no entanto, indivíduos alimentados exclusivamente com a dieta controle apresentaram melhor índices produtivos em todos os parâmetros de desempenho analisados (sobrevivência, ganho de peso, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, taxa de eficiência proteica e utilização de nitrogênio). Dentre as dietas vegetais, observou-se o melhor desempenho produtivo naquela onde a inclusão de alfafa foi igual a 5%. Em experimento com carpas capim de peso inicial de 15 g Nekoubin e Sudagar (2013), avaliaram por um período de 90 dias o desempenho da espécie em tratamentos contendo lemnea (*Lemna sp.*), azola (*Azolla filiculoides*) e alfafa (*Medicago sativa*). Ao final do estudo, consideraram a dieta baseada em alfafa combinada com ração comercial de teor proteico entre 25% e 35% PB como a mais desejável para o crescimento desta espécie, quando cultivados em caixas de fibra.

O capim elefante é uma das gramíneas mais difundidas e importantes no Brasil, podendo ser utilizada de diversas formas e alcançando bons níveis de produção animal quando bem manejada (Almeida et al., 2000). Tan (1970) forneceu diferentes tipos de materiais vegetais para carpas capim estocadas em viveiros. Os peixes alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e folhas de mandioca (*Manihot esculenta*) apresentaram crescimento inferior aos que foram alimentados com hydrila (*Hydrilla verticillata*). Neste estudo a superioridade da hydrila como fonte de alimento foi atribuída ao seu baixo teor de fibras e a baixa rigidez natural da planta.

Posteriormente, Venkatesh e Shetty (1978) realizaram estudos das taxas de crescimento de carpas capim com peso médio inicial de 11 g, alimentados com as macrófitas aquáticas (*Hydrilla verticillata*) e (*Ceratophyllum demersum*) e a forragem terrestre capim elefante (*Pennisetum purpureum*). Ao final do experimento com duração de 182 dias, ainda que o tratamento contendo hidrila tenha registrado melhor aceitabilidade por parte dos peixes, os melhores resultados produtivos foram obtidos com o tratamento contendo capim elefante. Sendo que os animais alimentados com *C. demersum* apresentaram deficiências nutricionais, lesões no corpo e deformidades no pedúnculo caudal. Em experimento de policultivo conduzido em viveiros escavados por Shaha et al. (2015), foram utilizadas carpas capim e tilápias com peso médio inicial de 17 g, estocados em diferentes densidades (2 carpas capim/1 tilápia, 1 carpa/1 tilápia, 1 carpa/2 tilápia, apenas carpa capim) e alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum*). O tratamento com os mesmos valores de carpas capim e tilápia apresentou melhor desempenho zootécnico e também apresentou a melhor relação de rendimento econômico, sendo que a produção de carpas capim aumentou quando comparada ao monocultivo desta espécie. Em avaliação de crescimento de carpas capim com duração de 12 meses, Ribeiro et al. (2015) utilizaram alevinos com peso médio inicial de 13 g. Neste trabalho os peixes foram alimentados uma vez ao dia de acordo com seu peso vivo (PV) com diferentes dietas: apenas as forragens milheto (*Pennisetum americanum*) durante a primavera-verão e azevém (*Lolium multiflorum*) durante o outono-inverno, ofertadas em 25% do PV; forragens associadas com ração comercial 42% PB, alimentados com 25% do PV em forragem e 3% do PV em ração comercial; exclusivamente ração comercial 42% PB, ofertada em 3% do PV dos animais. Os resultados indicaram que no tratamento onde foi ofertada apenas forragem, os peixes obtiveram maior ganho de peso final, quando comparados ao tratamento contendo forragem + ração e ao tratamento contendo apenas ração. Os autores sugerem que isso possa estar relacionado ao longo tempo de experimento e ao fato de que os peixes eram alimentados apenas uma vez ao dia.

O capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) é uma gramínea de ciclo anual, atingindo seu pico de crescimento nos meses de primavera e verão. A espécie é comum em solos destinados ao cultivo de milho e soja, além de estar presente em todos os estados brasileiros (Lorenzi, 1991). O potencial valor nutritivo de quatro espécies de plantas terrestres (*Echinochola colonum*, *Lursia hexandra*, *Brachiaria mutica*, *Pennisetum* sp.) e folhas de duas espécies de árvore (*Parkia roxburghii*, *Litsaea polyantha*), foi avaliado no cultivo de carpas capim com peso inicial de 9,5g, em termos de crescimento dos peixes e da utilização do alimento por um período de 40 dias. Folhas frescas das plantas e árvores foram pesadas e ofertadas diariamente *ad libitum* (à vontade) para os peixes, que foram alimentados exclusivamente com material vegetal. Os resultados demonstraram que todas as fontes vegetais foram bem aceitas pela espécie, porém nas variáveis de desempenho zootécnicas observadas no experimento: ganho de peso, taxa de crescimento específico e sobrevivência, o melhor desempenho foi observado com a oferta de *B. mutica* (Suresh e Mandal, 2002).

O grupo de Camargo (2006) realizou experimento com carpas capim com 5,5 g de peso inicial, utilizando tratamentos com as gramíneas milheto (*Pennisetum glaucum*), teosinto (*Euchlaena mexicana*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), além de ração comercial. Após 45 dias, o melhor resultado foi obtido no tratamento contendo teosinto. Posteriormente, os autores desenvolveram outro trabalho, no qual foram utilizadas carpas capim de 11 g de peso inicial e buscava estimar a taxa de suplementação com ração comercial, necessária para o crescimento de carpas capim alimentadas com forragens. Após a observação das taxas produtivas de ambos os experimentos, conclui-se que dietas compostas pelos capins acima referidos, levaram à perda de peso pelos peixes. Sendo que somente a oferta de gramíneas não é suficiente para o desenvolvimento corporal da espécie. Os autores sugerem que é imprescindível a suplementação mínima de 1% do peso vivo na forma de ração comercial, para maior ganho de peso nesta espécie.

Além das pesquisas já apresentadas no decorrer desta dissertação, ainda existem um número considerável de trabalhos realizados relacionando consumo de algumas espécies de peixes e de plantas terrestres. Em estudo conduzido por Shireman et al. (1978), carpas capim com peso inicial de 34 g foram alimentados com as seguintes dietas: ração comercial 32% PB; pellet composto por mista ração comercial + azevém (*Lolium perene*) com composição proteica total de 22% PB; pellet contendo apenas azevém 12% PB; macrófita aquática lemna (*Lemna minima*) ofertada fresca 31% PB. Os resultados mostraram que os melhores índices de ganho de peso e conversão foram obtidos quando utilizada lemna, já a ração comercial e a dieta mista obtiveram o mesmo desempenho produtivo, inferiores aos encontrados para lemna. O desempenho menos expressivo foi observado no tratamento contendo apenas pellets de azevém. Os autores concluíram que o elevado percentual de fibra bruta deste tratamento (23%), quando comparado ao das outras dietas utilizadas, foi preponderante para a baixa digestibilidade apresentada pela mesma. Azad e Gupta (1990) reportaram melhor taxa de conversão para plantas terrestres do que para plantas aquáticas na alimentação de carpa capim.

Em estudo conduzido por Xavier (2008), foi avaliado o crescimento de carpas capim com peso médio inicial de 2 g, alimentadas com quatro dietas compostas pelas seguintes fontes vegetais: capim elefante (*Pennisetum purpureum*), grama-bermudas (*Cynodon dactylum*), capim-da-roça (*Paspalum urvillei*) e capim-marinho (*Spartina alterniflora*). Os peixes foram mantidos em caixas de polietileno com fluxo de água contínuo, em experimento com duração de 45 dias. A alimentação foi ofertada diariamente, sendo que cada tratamento recebeu 10 g de seu material vegetal correspondente e suplementação com ração comercial contendo 28% de PB, a cada 2 dias, na razão de 1% do peso vivo. O melhor ganho de peso e taxa de conversão alimentar foram obtidos nas dietas contendo grama-bermudas e capim-da-roça, indicando a predileção de animais jovens por alimentos menos fibrosos. Por sua vez, Dongmeza et al. (2010) realizaram estudo com duração de 8 semanas, comparando folhas frescas e secas de milho (*Zea mays*) e capim arroz (*Echinochloa crusgalli*) em dietas para

carpas capim de peso inicial de 30 g. Ao final do experimento, no tratamento onde foram ofertadas folhas frescas de milho, foi observado maior ganho de peso. A digestibilidade parcial dos nutrientes e a energia bruta dos ingredientes de folhas de planta para peixes indicaram que o capim arroz não é digestível e folhas secas de milho são pouco digestíveis, enquanto folhas frescas de milho são altamente digestíveis em carpas capim. Os autores sugerem que os nutrientes presentes nos materiais vegetais secos, são menos digestíveis e podem até inibir a digestão e a utilização de outros nutrientes contidos na dieta de referência.

He et al. (2013) avaliaram os efeitos do tipo de alimentação vegetal e animal no crescimento do trato gastrintestinal, na expressão gênica e na atividade enzimática digestiva de carpas capim com peso inicial de 2 g. Os peixes foram mantidos em tanques de concreto durante 60 dias e alimentados com a macrófita aquática lemnea (*Lemnea minor*) ou com larvas do inseto aquático chiromonidae (*Chironomus tentans*). De acordo com os resultados, peixes alimentados com lemnea apresentaram maiores índices de comprimento total do corpo e do trato gastrintestinal. Este tratamento também foi superior com relação ao peso corporal, do hepatopâncreas e do trato gastrintestinal, quando comparados aos animais alimentados com larvas de chiromonidae. Dentre os genes analisados, *Egf*, *Igf*, *Npy*, *Ob-r*, *Try*, *Amy* e *Bsal*, houve predominância na expressão destes no fígado dos peixes alimentados com lemnea. Já com relação a atividade enzimática digestiva das carpas capim, foram os animais alimentados com larvas de chiromonidae que apresentaram maior atividade de tripsina, amilase e lipase provenientes de amostras coletadas do fígado e do intestino dos peixes. A presença dessas enzimas, estão de acordo com previamente descrito por Costa et al. (2011), para esta espécie.

2.4 MICROBIOLOGIA DO TRATO GASTRINTESTINAL DE PEIXES

Os peixes estão dispersos nos mais diversos habitats, presentes nos oceanos e nos mais variados tipos de corpos aquáticos. Levando em consideração o elevado número de espécies que compõe a superclasse dos peixes, as diferenças morfológicas e fisiológicas entre os indivíduos são muito amplas, bem como as especificidades relacionadas ao hábito alimentar desses animais. A microbiota gastrintestinal de peixes varia consideravelmente de acordo com a complexidade do sistema digestório da espécie (Cahill, 1990). Usualmente, bactérias anaeróbicas e anaeróbicas facultativas são predominantes no trato gastrintestinal de muitos peixes, além disso bactérias anaeróbicas obrigatórias também podem ser encontradas nesses ambientes (Sakata e Yuki, 1992). Van Soest (1994) define digestão como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples, que podem ser absorvidos no trato gastrintestinal dos animais.

No início do Séc. XXI, observou-se um incremento do interesse da comunidade científica pela compreensão da microflora intestinal de peixes, visando elucidar alguns mecanismos de ação como a exclusão competitiva de agentes patogênicos e possíveis ganhos nutricionais (Verschure et al., 2000). De acordo com Mac Farland (2000), as três principais funções da população microbiana do intestino animal, normalmente consideradas são as de resistência à colonização por microrganismos patogênicos, contribuição nutricional e imunomodulação dos hospedeiros. Posteriormente, confirma-se que o trato gastrintestinal, atua como uma barreira defensiva contra bactérias patogênicas, contribuindo para com as funções digestivas e também está associada a atuação que o desenvolvimento do trato gastrintestinal e o sistema imune (Merrifield et al., 2010). Neste mesmo ano, Naiak (2010) correlaciona o envolvimento das bactérias do trato gastrintestinal com a nutrição de peixes, desenvolvimento epitelial e imunidade contra doenças. Além de sugerir que a manipulação desta microbiota do trato gastrintestinal, atuando de forma simbiótica com o hospedeiro, pode promover um incremento considerável na sanidade dos animais de cultivo. Após

comparações envolvendo a disponibilidade de nutrientes da água dos cultivos e do conteúdo do trato gastrintestinal de peixes, Ganguly e Prasad (2012) determinaram que o trato gastrintestinal é um ecossistema riquíssimo em nutrientes, além de ser um local propício para o crescimento da maior parte das bactérias. Nem todas as bactérias conseguem se estabelecer no trato gastrintestinal dos peixes, parte delas se adaptam ao trato digestório, já outras são digeridas pelas enzimas do organismo hospedeiro. Observações complementares, evidenciaram que a enzima produzida de micróbios isolados do trato gastrintestinal de peixes, pode ser utilizada em conjunto com dietas contendo altos teores de celulose e amido.

2.4.1 A microbiota gastrintestinal

Inicialmente, muitos autores sugeriam que a atividade de celulase intestinal, poderia estar correlacionada com a ingestão de invertebrados capazes de produzi-la ou com bactérias celulolíticas associadas ao alimento, ao invés de ser produzida diretamente pela microbiota intestinal dos peixes (Prejs e Blaszczyk, 1977; Lindsey e Harris, 1980). Não existem evidências de que carpas capim em estádios de desenvolvimento iniciais consigam quebrar diretamente a fibra dos alimentos, no entanto, carpas capim em idade adulta possuem uma microflora intestinal que permite a síntese de aminoácidos e peptídeos a partir da dieta contendo fibras, mesmo quando os teores de fibra são elevados (Zonneveld e Van Zon, 1985). A observação de que a carpa capim, possui microbiota gastrintestinal com capacidade de produzir celulase, permite afirmar que tais bactérias, auxiliam o processo de degradação dos componentes com teores elevados de fibra, como é o caso das forragens (Saha et al., 2006).

Como a carpa capim não possui a capacidade de digerir celulose presente nas células vegetais, tal função precisa ser desempenhada pelas bactérias do trato digestório (Bonar et al., 1990). Das e Tripathi (1991) ao estudarem a atividade enzimática do trato digestório em adultos de carpa capim, detectaram atividade de celulase tanto no hepatopâncreas quanto no intestino. O nível de

celulase estava correlacionado à dieta ofertada para os animais e foi atribuído, sobretudo, às bactérias celulolíticas presentes na luz do órgão, uma vez que a adição de tetraciclina na dieta levou a um decréscimo acentuado desta atividade enzimática. Tais observações foram comprovadas após duas décadas, quando observações concluíram que a carpa capim, não possui a capacidade de produzir celulase de forma endógena. Assim, os microrganismos produtores de celulase presentes no intestino dos peixes provavelmente contribuem com a nutrição das carpas capim quando elas se alimentam de materiais vegetais (Ray et al., 2012).

Conforme foi reportado por Desai et al. (2012), peixes alimentados com dietas baseadas em ingredientes de origem vegetal podem vir a apresentar desempenho produtivo inferior aos usuais ou até mesmo problemas de sanidade em. Isso é devido em partes, a algumas mudanças promovidas no perfil da microbiota gastrintestinal endógena dos animais. Os ingredientes vegetais presentes nas dietas, estão relacionados com grandes alterações na relação de bactérias do gênero *Firmicutes* e *Proteobacteria*. A inclusão de alimentos vegetais nas dietas, também pode vir a alterar a diversidade microbiana geral do intestino dos peixes. Por sua vez Wu et al. (2012), utilizaram a espécie *Bacillus subtilis* como probiótico no manejo de carpas capim com peso inicial de 50 g. Após 56 dias foram avaliados o desempenho produtivo e as atividades das enzimas digestivas no intestino, no hepatopâncreas e na microflora intestinal dos animais. A inserção do probiótico na alimentação desta espécie pode modular a microflora intestinal, induzindo a atividade das enzimas digestivas, promovendo o potencial digestório e de absorção de nutrientes, melhorando significativamente o crescimento dos peixes. Em estudo conduzido por Wang et al. (2014), foram comparadas as diferenças na utilização de farinha de peixe e farelo de soja para a alimentação das espécies carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), carpa prussiana (*Carassius gibelio*) e carpa negra (*Mylopharyngodon piceus*), buscando evidenciar o efeito do hábito alimentar na utilização de fontes proteicas vegetais em dietas para essas espécies. A carpa capim mostrou-se mais eficiente na utilização de farinha de soja, quando comparado com a carpa negra e a carpa prussiana ao final do período experimental. A alta concentração de enzimas

proteolíticas em carpas capim podem maximizar a eficiência digestiva de proteínas, sendo esta uma forma de compensação afinal a dieta natural da espécie é baseada em alimentos com reduzido teor proteico. Além disso carpas capim alimentadas com dietas de farinha de soja apresentaram a maior atividade enzimática de tripsina, confirmando que a carpa herbívora é menos sensível aos inibidores de protease presentes na soja. Os autores também apresentaram evidências da presença da bactéria celulolítica (*Cellulomonas* sp.) em exemplares de carpa capim e de carpa negra.

2.4.2 Capacidade fermentativa

Observa-se que um número reduzido dentre as espécies de peixe, que possuem câmaras de fermentação especializadas em seu trato digestório. Mesmo as espécies sem essas câmaras, podem apresentar altas concentrações de ácidos graxos voláteis, sugerindo que a retenção do alimento no intestino é longa o suficiente para permitir fermentação (Clements, 1997). A ocorrência de fermentação no trato digestório ocorre tipicamente em animais alimentados com dietas compostas predominantemente de material vegetal, dietas essas ricas em carboidratos resistentes às enzimas digestivas endógenas (Stevens e Hume, 2004).

A presença de microbiota fermentadora em peixes e sua contribuição para o metabolismo dos animais é muitas vezes controversa, além de ser uma área de pesquisa relativamente inexplorada. Alguns estudos reportam a existência de uma microbiota com atividade celulolítica, além de atividade de celulase em várias espécies de peixes, como é o caso do peixe marinho perca espinho (*Lagodon rhomboides*), Luczkovich e Stellwag (1993); da carpa indiana (*Labeo rohita*), Saha e Ray (1998), Patra et al. (2002); da tilápia (*Oreochromis niloticus*) e da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*), Saha et al. (2006).

A utilização de ingredientes vegetais tem aumentado consideravelmente nas dietas comerciais para peixes, desde o fim da década de 1990.

Conseqüentemente, os níveis de carboidratos nas dietas, como fontes de amido mais fibrosas e polissacarídeos sem amido em sua composição, irão aumentar (Hardy, 2000). A detecção dos ácidos graxos voláteis (AGV) no trato de várias espécies herbívoras e onívoras sugerem a ocorrência de fermentação (Rimmer e Wiebe 1987; Clements et al 1994; Kandel et al 1994; Clements e Choat, 1995). Segundo Bergman (1990), a microbiota gastrintestinal possui a capacidade de fermentar esses carboidratos para ácidos graxos voláteis (AGV) e gases como H₂, CO₂ e CH₄. Além disso, todo ácido orgânico produzido através da fermentação, como por exemplo os ácidos graxos voláteis, succínico ou láctico, possuem diferentes efeitos nutricionais e fisiológicos (Cumming et al., 1995). Portanto é esperado que os efeitos fisiológicos de carboidratos de difícil digestão sejam variáveis, dependendo ainda do perfil de ácidos orgânicos produzidos pela microbiota do trato gastrintestinal (Hoshi, 1995). Vale a pena ressaltar que, os ácidos graxos voláteis podem contribuir no metabolismo energético do hospedeiro, além de também estarem envolvidos na prevenção de diarreia, controle do pH intestinal e na defesa contra patógenos (Williams et al., 2005).

A técnica de produção de gás *in vitro* é utilizada para testar a capacidade da microbiota intestinal de fermentar estes carboidratos (Theodorou et al., 1994; Davies et al., 2000). A referida técnica é um método de digestão *batch in vitro*, que usualmente é utilizado para, aferir o potencial fermentativo de ingredientes utilizados na alimentação de animais monogástricos (Davies et al 2000; Coles et al 2005). Para a aplicação desta técnica, um inóculo é preparado sobre condições estritamente anaeróbias, utilizando-se conteúdo intestinal recém coletado. O inóculo é incubado com um substrato fermentável à escolha, sendo adicionados outros meios de cultivo para auxiliar no crescimento bacteriano. Subseqüencialmente, é realizada a medição do gás acumulado durante a fermentação, desta maneira uma imagem da cinética envolvida na fermentação é obtida. Ao final do período de fermentação, amostras são coletadas para serem mensurados os produtos finais da fermentação e a utilização dos substratos ofertados (Williams et al. 2001).

Algumas mudanças morfológicas no intestino dos peixes, estão em partes relacionadas a um aumento da produção fermentativa microbiana, na qual o subproduto de fermentação usual são os ácidos graxos voláteis. Por sua vez Kihara e Sakata (1997), encontraram quantias substanciais de propionato após fermentação *in vitro* utilizando inóculos provenientes do conteúdo intestinal de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e amidos complexos. Amidos são os principais carboidratos produzidos pelas plantas e uma importante fonte de energia para animais, sendo grande parte digeridos e absorvidos na fração anterior do trato intestinal. Os resultados do experimento daqueles autores, sugerem que a microbiota intestinal de tilápias, podem auxiliar na digestão de amidos, que por ventura não tenham sido degradados pelas enzimas digestivas dos peixes. Além disso, o aumento de celulose nas dietas de tilápias, elevou a concentração de AGV no lúmen intestinal dos peixes e também a produção de AGV de inóculos *in vitro*, sugerindo a possibilidade de degradação de celulose do lúmen intestinal da espécie. Outros resultados similares foram obtidos, em relato da produção de celulose no conteúdo intestinal de tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*), Lindsey e Harris (1980).

Posteriormente Kihara e Sakata (2002), exploraram a capacidade fermentativa de inóculos originários do conteúdo do trato gastrintestinal (TGI) de carpas comum (*Cyprinus carpio*), comparando os produtos da fermentação de diferentes suplementos pela microbiota gastrintestinal, utilizando método de cultura em batelada *batch*. Os peixes com 100 g de peso inicial foram mantidos em tanques com renovação de água e alimentados com ração comercial por um período de cinco semanas. Os animais tiveram seu trato gastrintestinal removido e o conteúdo do TGI foi incubado, juntamente com dietas contendo gentio-oligosacarídeo, 4'-galacto-lactose, 6'-galacto-lactose, lactulose, isomalto-oligosacarídeo, kestose, lactosucrose, xylo-oligosacarídeo, soja-oligosacarídeo, rafinose e tratamento controle sem adição alguma. O oligosacarídeo de soja e a rafinose obtiveram as mais elevadas quantidades de ácidos graxos voláteis, evidenciando que ocorreu fermentação, devido à presença deste subproduto de processo fermentativo. Em conclusão, foi demonstrado que a microbiota presente

no TGI de carpas comum, é capaz de utilizar oligossacarídeos como substrato, ao menos em procedimentos *in vitro*. Além disso, sugere-se que as estruturas químicas dos oligossacarídeos desempenham um importante papel na fermentabilidade desses ingredientes, além disso a utilização destes alimentos difere entre mamíferos e peixes teleósteos. As fontes de carboidrato, influenciaram ainda as funções intestinais dos peixes e estimularam o desenvolvimento da musculatura das paredes do trato digestório, conforme análises da *tunica muscularis* dos indivíduos utilizados no experimento.

Leenhouders et al. (2008), investigaram a habilidade de isolados microbianos do intestino de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*), para a fermentação de carboidratos. É importante ressaltar que as espécies supracitadas diferem consideravelmente em hábito alimentar, portanto era esperado que possuíssem capacidades de fermentação distintas. Os inóculos provenientes do conteúdo do trato gastrintestinal foram divididos em quatro tratamentos contendo amido de trigo, arabinosilano (trigo sem polissacarídeo de amido), glucose e trigo integral com tempo de incubação total de 168 h. Todos os substratos foram fermentados pelos inóculos intestinais de tilápia e robalo europeu, como evidenciado pela produção de gás e de ácidos graxos voláteis. Isso demonstra que as microbiotas intestinais dessas duas espécies são potencialmente capazes de fermentar carboidratos, no entanto, existe reduzida atividade amilolítica dos microrganismos provenientes do robalo europeu. Apesar de ambas as espécies estudadas possuírem a capacidade de fermentar carboidratos, existem muitas diferenças na capacidade fermentativa de cada uma e na composição dos produtos finais da fermentação, que puderam ser observados entre os inóculos. A atividade fermentativa foi mais elevada em tilápias, quando comparada ao robalo europeu, conforme foi demonstrado pela maior produção de gás e elevadas concentrações dos produtos finais de fermentação (ácido lático e ácidos graxos voláteis). Isso sugere que a tilápia tem uma melhor capacidade de fermentar carboidratos que o robalo europeu. O resultado está de acordo com o que foi previamente descrito acerca da capacidade fermentativa de peixes com diferentes hábitos alimentares. Ao

considerarmos o maior tamanho do trato gastrintestinal da tilápia, além de sua elevada capacidade em reter o alimento em seu trato digestório, temos um ambiente propício para que ocorra a fermentação microbiana.

RESUMO GERAL

JUVENIS DE CARPA CAPIM *Ctenopharyngodon idella* ALIMENTADOS COM RAÇÃO COMERCIAL E FORRAGENS: DESEMPENHO PRODUTIVO E POTENCIAL FERMENTATIVO DO CONTEÚDO INTESTINAL

Atualmente o peixe mais produzido no mundo, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) tem como particularidade a presença de dentes faríngeos, que auxiliam na maceração do alimento consumido. A disponibilidade de dietas com digestibilidade adequada e crescimento ótimo, são fator chave para o desenvolvimento da aquicultura. Assim, busca-se dietas baseadas em alimentos alternativos e de custo reduzido. Através da análise da capacidade fermentativa de carboidratos, é possível estimar a contribuição nutricional deste ingrediente, que posteriormente pode ser incluído na alimentação animal. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo e a capacidade fermentativa de inóculos intestinais de carpas capim, alimentadas com ração comercial e suplementadas com três dietas contendo as forragens alfafa (*Medicago sativa*), capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*). Trezentos juvenis de carpas capim com peso médio de $46,0 \pm 12,4$ g e comprimento médio $15,0 \pm 1,25$ cm foram estocados em 12 tanques experimentais com 400 litros de volume, mantidos em sistema de recirculação de água. A alimentação foi ofertada diariamente, pela manhã ração comercial para todas as unidades experimentais no percentual de 1% do peso vivo (PV) dos animais. No período da tarde, o tratamento controle recebeu ração comercial baseada em 2,5% do PV, já nos tratamentos onde foi ofertada suplementação com alfafa, capim elefante ou capim papuã foram alimentados em 5% do PV. Após 60 dias, os animais foram abatidos, passaram por biometria, tiveram o trato gastrointestinal retirado, pesado e medido. Para a avaliação da capacidade fermentativa, foi preparado um meio de cultivo anaeróbico contendo solução basal, carboidrato e inóculos do trato gastrointestinal. Os frascos contendo os inóculos o material inoculado, foram incubados a uma temperatura de 26°C por um período de 48 h. Em intervalos de 6 h foram coletadas alíquotas deste conteúdo fermentado para análise de pH, gás e nitrogênio amoniacal. Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água durante o período experimental foram condizentes com os recomendados para a espécie. Para o ganho de peso e taxa de crescimento específico, os melhores índices produtivos foram observados no tratamento controle, sendo este precedido do tratamento com suplementação de alfafa. Já a conversão alimentar foi estatisticamente igual nos tratamentos contendo alfafa, capim elefante e exclusivamente ração comercial. O capim papuã foi a forragem com aparente menor potencial de utilização para a suplementação de carpas capim. A avaliação capacidade fermentativa, indicou a aptidão para a fermentação de carboidratos no intestino da carpa capim. Os resultados demonstram ainda que a utilização de fontes vegetais pode ser uma alternativa para a suplementação de alfafa e capim elefante na recria de carpa capim.

Palavras-chave: Carpa capim; Nutrição de peixes; Proteína vegetal; Microbiota gastrointestinal; Fermentação de inóculo *in vitro*.

ABSTRACT

JUVENILE GRASS CARP *Ctenopharyngodon idella* FED COMMERCIAL MEAL AND PLANT SOURCES: PRODUCTIVE PERFORMANCE AND FERMENTATIVE POTENTIAL OF INTESTINAL CONTENT

Nowadays the most fish in the world, grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) has the particularity the presence of pharyngeal teeth, which helps to maceration of the food consumed. The availability of diets with suitable digestibility and optimal growth, are key to development of aquaculture. Thus, they seek to diets based on alternative foods and reduced cost. By analyzing the fermentative capacity of carbohydrates, it is possible to estimate the nutritional contribution of this ingredient, which one could be included in animal feed in the future. The aim of this project was to value the productive performance and the fermentative capacity of inoculum from the intestinal content of grass carp fed with commercial feed and supplemented: alfafa (*Medicago sativa*), Elephant grass (*Pennisetum purpureum*) and Brachiaria (*Brachiaria plantaginea*). An amount of 300 grass carp with medium weight of 46.0 ± 12.4 g and medium length of 15.0 ± 1.25 cm were stocked in 12 experimental tanks with 400 liters of volume, kept at recirculation aquaculture system. The food was offered daily, at the morning commercial fish meal with for all experimental units, in percentage of 1% of body weight (BW) of the animals. In the afternoon, the control treatment received commercial feed based on 2.5% of BW. Since the treatments which was offered supplementation with alfafa, elephant grass or brachiaria, were fed at 5% of BW. After 60 days, the animals were slaughtered, went through biometrics, had the gastrointestinal tract removed, weighed and measured. For the assessment of fermentative capacity, a means for anaerobic cultivation was prepared using basal solution, carbohydrate source and gastrintestinal fish tract inoculum. The culture medium containing the respective inoculum were incubated at a temperature of 26 °C for a period of 48 h. Subsequently aliquots were collected this fermented content for pH analysis, gas and ammonia. The chemical-physical parameters of water quality were kept stable along the experimental time, commensurate values with the recommended for this specie. For the weight gain and specific growth rate, improved performance were observed in the control treatment, this being preceded by treatment with alfafa supplementation. Since feed conversion was statistical similar in treatments containing alfafa, elephant grass and exclusively commercial feed. Finally, Brachiaria was the forage with less apparent potential use for supplemental grass carp. The evaluation fermentative capacity, indicated the suitability for fermentation of carbohydrates in the intestines of grass carp. The results further demonstrate that the use of plant sources may be an alternative for supplemental alfafa and elephant grass for rearing grass carp.

Key words: Grass carp; Fish nutrition; Plant protein; Gastrintestinal microbiota; Inoculum fermentation *in vitro*.

3.1 INTRODUÇÃO

A farinha de peixe e o óleo de peixe são consideradas as fontes de proteína ideais nas formulações de dietas peixes. Porém estes recursos naturais são limitados e os preços estão aumentando gradativamente em todo o mercado mundial. Assim, fontes proteicas alternativas e de custo reduzido, vem sendo utilizadas amplamente, visando a substituição parcial das formulações comerciais.

Ocupando o 3º lugar entre os organismos aquáticos mais cultivados no mundo, a carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) é um herbívoro que tem como particularidade a presença de dentes faríngeos, que auxiliam na maceração do alimento consumido. Plantas aquáticas em canais de irrigação e outros cursos d'água representam um problema significativo em vários locais do mundo, além disso, são uma fonte de despesas na economia agrícola, particularmente nos países em desenvolvimento. A utilização da carpa capim representa a possibilidade de controle de plantas aquáticas, além de aumentar a disponibilidade de proteína nas comunidades rurais, seja para controle de vegetação ou no policultivo com outras espécies de peixe (George, 2007). A carpa capim é um peixe que se alimenta naturalmente de macrófitas em cursos de água naturais. Portanto, deve possuir algum tipo de mecanismo que a espécie utiliza, para a utilização efetiva de fontes vegetais, o que sugere que a celulase tem grande importância no sistema digestório dessa espécie de teleosteo de água doce. Pelo fato de espécie não produzir celulase de maneira endógena, especula-se que a degradação de celulose é realizada por algumas bactérias produtoras de celulase, presentes no intestino de carpas capim (Li e al., 2009).

Os trabalhos vêm sendo desenvolvido por especialistas em nutrição de peixes, para as mais diversas espécies de cultivo, dos mais diversos habitats e hábitos de alimentação. A substituição com soja é comum para peixes carnívoros como a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), Gomes et al. (1995); o salmão do atlântico (*Salmo salar*), Carter e Hauler (2000); truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), Farhangi e Carter (2001; dourada do mar (*Sparus aurata*) e truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), Santigosa et al. (2011). Já para o caso de peixes

onívoros já existem mais ingredientes com possibilidade de utilização tilápias (*Oreochromis niloticus*), Llanes e Toledo (2011) e El-Saidy e Gaber (2003); além da carpa tenca (*Tinca tinca*), Tomas-Vidal et al. (2011).

A literatura acerca da utilização de fontes vegetais na alimentação de espécies de cultivo, reporta a utilização desses ingredientes, sendo que algumas espécies são mais aptas a utilizarem essas fontes de alimento. Os autores Mgbenka e Lovell (1986), realizaram experimento com a inclusão de 19% e 38% de farinha de alfafa (*Medicago sativa*) em formulação comercial para peixes (teor proteico inicial de 27% PB). Após avaliarem o desempenho de carpas capim alimentadas com a referida formulação, observaram que a inclusão de 19% de farinha de alfafa melhorou o ganho de peso e a taxa de conversão alimentar dos peixes. Além disso, esta formulação demonstrou ser mais efetiva que a contendo 38% de farinha de alfafa e a formulação contendo apenas ração comercial 27% PB. Em experimento conduzido por Cai e Curtis (1990), carpas capim foram alimentadas com ração comercial 32% PB e diferentes espécies de macrófitas aquáticas. Foi relatado que as diferentes dietas afetaram de maneira significativa o consumo, a digestão, o crescimento e os ácidos graxos da composição muscular da carne nos espécimes analisados. A alimentação de carpas capim com a macrófita *Elodea*, melhorou o ganho de peso dos animais e ainda aumento a composição de ômega-3 na carne dos peixes. Posteriormente Graeff e Tomazelli (2006), realizaram experimento com carpas capim com peso inicial de 5 g e dietas formuladas com seis diferentes percentuais de ração formulada 30% PB, alfafa (*Medicago sativa*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*). As dietas dos tratamentos foram formuladas isoproteicas e isoenergéticas. Apesar de a temperatura média encontrada de 16 °C ser relativamente baixa para o recomendado para a espécie, foi possível avaliar a influência das gramíneas e leguminosas nas dietas para a espécie. Após 120 dias de experimento, o melhor resultado produtivo foi obtido com ganho de peso em tratamentos onde os peixes foram alimentados com percentuais de 15% e 35% de capim papuã em suas dietas.

A digestão microbiana no trato gastrintestinal de peixes, pode ser confirmada pela presença de ácidos graxos voláteis no conteúdo intestinal dos animais, sendo que a digestão fermentativa microbiana em peixes herbívoros, já é relatada há algumas décadas (Rimmer e Wiebe, 1987). Na década seguinte, os pesquisadores direcionam seu foco para os produtos e subprodutos, provenientes dos processos fermentativos, como ácidos graxos voláteis no trato digestório de peixes herbívoros de águas tropicais e temperadas (Kandel et al., 1994). Já no início dos anos 2000, iniciam-se específicos, com espécies de cultivo, com avaliações envolvendo tanto a produção de gás e ácidos graxos voláteis no trato de carpas comum (*Cyprinus carpio*), Kihara e Sakata (2002). No entanto, o conhecimento acerca da fermentação intestinal de peixes e dos efeitos fisiológicos no hospedeiro ainda são limitados, pois os estudos a respeito das taxas de fermentação de diferentes sacarídeos do trato gastrintestinal, bem como o perfil dos produtos finais de fermentação, que em peixes diferem de outros vertebrados, ainda são limitados.

A hipótese que ocorra até determinado nível, contribuição nutricional proporcionada pelas fontes vegetais, possa vir a contribuir na melhoria do desempenho produtivo de carpas capim. Além disso, o trabalho busca avaliar o potencial fermentativo do conteúdo do trato gastrintestinal de juvenis de carpa capim, através da inoculação da microbiota intestinal em diferentes meios de cultura, relacionados com as dietas utilizadas no experimento de desempenho.

Diante da crescente demanda pelos derivados da farinha e óleo de peixe, a necessidade da utilização de fontes vegetais que possam suplementar as dietas comerciais torna-se mais evidente. Desta maneira, ao avaliarmos o potencial fermentativo de determinados ingredientes, podemos aumentar a inclusão dos mesmos na oferta diária de alimento para os peixes, reduzindo assim a demanda por alimentos comerciais formulados.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os aspectos de biossegurança, ética e bem-estar animal foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, sob o protocolo nº 0858-B do ano 2014.

3.2.1 Avaliação do desempenho produtivo

3.2.1.1 Seleção dos peixes e instalações experimentais

Os exemplares de carpa capim foram coletados de um viveiro escavado do Laboratório de Piscicultura da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (LAPEP) e mantidos em tanques revestidos com parede de alvenaria durante 90 dias para posterior aclimação nas unidades experimentais acondicionadas dentro de uma estufa (Fig. 1).

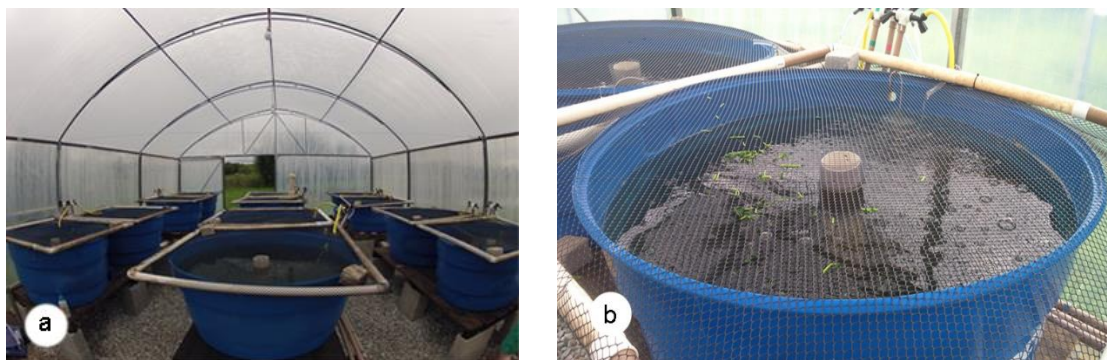


Figura 1. Instalações onde os animais foram estocados para a realização do experimento de suplementação com duração de 60 dias. a) estufa que abrigou as 12 unidades experimentais utilizadas. b) unidades experimentais onde foram estocados os animais.

A estufa experimental foi composta por 12 caixas d'água de polietileno com volume útil de 400 L (unidade experimental), sendo cada uma das unidades conectada a um sistema coletivo de recirculação de água. Este sistema realizou a manutenção dos parâmetros físico-químicos de qualidade de água por meio de um filtro mecânico com volume de 500 L, responsável pela sedimentação de partículas orgânicas de maior tamanho e um filtro biológico com volume de 2500

L, responsável pelo processo de desnitrificação dos compostos nitrogenados presentes na água de cultivo. A recirculação de água foi mantida com bomba marca *Jacuzzi* com potência de 1,5 hp, com fluxo de água contínuo e sistema de *by pass* para redução da pressão do fluxo de água, proporcionando uma renovação de água de 100% em 1 h e 30 min em cada unidade experimental. O sistema de aeração individual foi realizado por meio de um soprador de ar com 2 hp de potência, sendo que a difusão de ar em cada caixa foi realizada através de pedras porosas durante 24 h diárias (Fig. 2). A água utilizada foi proveniente de um curso de água que é usualmente utilizado para o abastecimento dos viveiros escavados do próprio LAPEP.

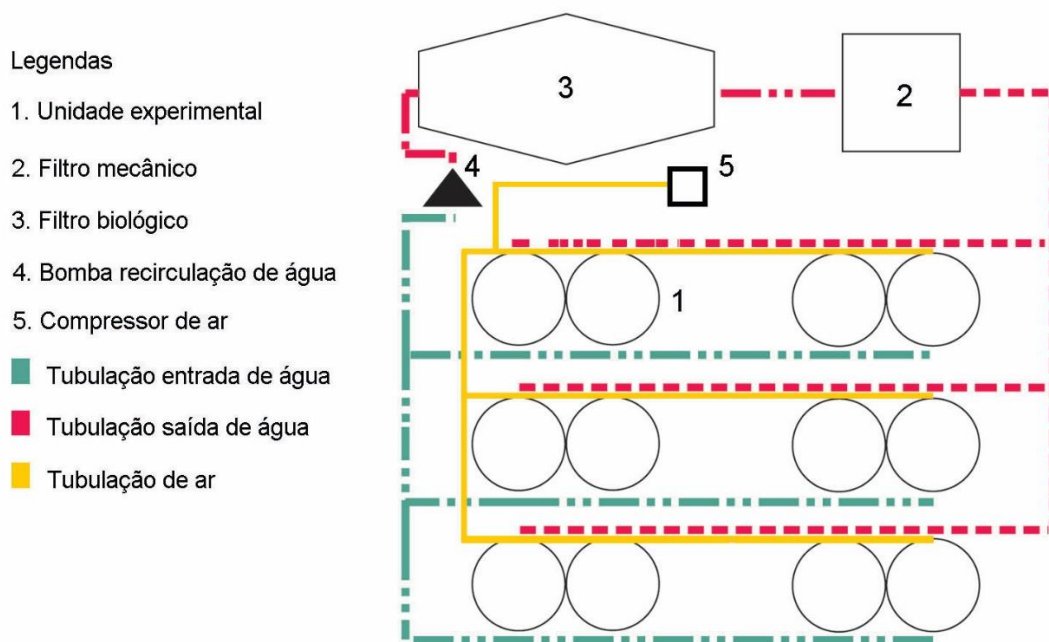


Figura 2. Croqui do sistema de recirculação de água.

3.2.1.2 Qualidade da água

Diariamente foram mensurados os parâmetros físico químicos de qualidade da água temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L) e pH. Semanalmente foram realizados testes colorimétricos para o controle dos compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) no sistema de recirculação. Amostras de água de cada unidade experimental e do biofiltro foram coletadas semanalmente e armazenadas

sob refrigeração de 2 °C para posterior análise da concentração total de amônia através do método de Nessler, conforme descrito por Golterman et al. (1978). As análises de temperatura e oxigênio dissolvido foram realizadas com a utilização de oxímetro multiparâmetro marca YSI, modelo 85. A análise de pH foi realizada com o uso do potenciômetro de bancada marca Quimis, modelo Q400-A. A análise final dos compostos nitrogenados foi realizada através do teste com reagente de Nessler e posterior análise de absorvância no espectrofotômetro marca Biospectro, modelo SP22, em comprimento de onda de 425 nm. Para a obtenção da curva padrão foi utilizada solução de cloreto de amônio (NH₄Cl). Os valores de absorvância obtidos foram convertidos em concentração total, utilizando-se equação de regressão do tipo $y = ax + b$.

A limpeza das unidades experimentais foi realizada através de sifonagem das caixas, juntamente com a reposição e troca parcial (20%) do volume de água das unidades experimentais e filtros do sistema de recirculação, em dias alternados. Os procedimentos acima citados, foram realizados entre o período das alimentações 13:00 e 15:00 h. Com o intuito de promover uma melhor decantação dos sólidos provenientes das fezes e das partículas de alimento não consumido pelos peixes, o sistema de aeração era temporariamente desligado. Duas vezes por semana era realizada a limpeza parcial das unidades experimentais. Com o auxílio de sifão constituído por mangueira emborrachada e tubo plástico, foram removidos os sólidos decantados no fundo das unidades experimentais. Após a sifonagem cerca de 50% do volume de água de cada unidade experimental era trocada e o volume de água dos filtros completada parcialmente.

Uma vez por semana foi realizada a limpeza total de todo o sistema de recirculação de água. A bomba responsável pela recirculação da água era desligada e as unidades experimentais tinham os sólidos decantados removidos com o auxílio de sifão, as laterais das caixas foram esfregadas com esponja e cerca de 90% do volume total de cada unidade foi substituído. Neste dia também foram higienizadas as mangueiras de entrada de água proveniente do bombeamento e os canos responsáveis pelo controle do nível da água dentro das

unidades. Durante a limpeza total, os filtros mecânico e biológico foram completamente esgotados e limpos com o auxílio de lavadora de alta pressão, posteriormente os filtros mecânico e biológico, eram preenchidos com o seu volume de água normal. Ao longo dos procedimentos de limpeza total das unidades experimentais, ao serem observadas alterações na epiderme dos peixes, era realizado banho terapêutico contendo NaCl na proporção 2 g de sal para 1 L de água, em todas as unidades experimentais. Este tratamento profilático visava conter a disseminação de possíveis patógenos e uma possível epidemia entre os animais.

3.2.1.3 Preparação das forragens

As forragens utilizadas no experimento capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), foram colhidas nas cercanias do laboratório. A alfafa (*Medicago sativa*) foi cultivada na área externa do Laboratório de Piscicultura. A distância máxima entre os locais de coleta de forragens foi de 3,5 km (Anexo 1).

Durante a realização da coleta das forragens, foram selecionadas preferencialmente as plantas mais jovens e tenras, de acordo com a preferência alimentar de carpas capim em estágio juvenil. Após a coleta, as forragens passaram por processo de triagem, na qual buscou-se a retirada de outras plantas, restos de terra e insetos. Posteriormente, as forragens foram agrupadas em sacos com capacidade variável entre 1 e 4 kg e mantidos congelados em freezer com temperatura de $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. A cada dois dias, foi realizado o processamento das forragens, que consistia no corte do material vegetal com auxílio de tesoura, a tamanho próximo a 200 mm. Este material era então acondicionado em bandejas plásticas recobertas por plástico filme e posterior mantida em incubadora tipo BOD, marca ACB Labor, mantida a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. As porções processadas com peso aproximado de 800 g e mantidas nas bandejas possuíam duração ente dois e três dias, este prazo de duração foi considerado com o intuito

de manter as condições de palatabilidade adequados ao consumo de juvenis de carpa capim (Fig. 3).



Figura 3. Procedimentos de coleta, triagem e processamento de forragens para a suplementação nas dietas de juvenis de carpas capim. (a) Coleta de alfafa na área externa do LAPEP; (b) Ensacamento e congelamento de capim papuã em embalagens contendo 1 kg; (c) Processamento e corte de capim elefante para posterior alimentação dos peixes; (d) Acondicionamento das forragens em bandeja após o processamento e seleção entre descarte (acima) e oferta (abaixo).

3.2.1.4 Ingredientes das dietas

Os alimentos alfafa, capim elefante, capim papuã e ração comercial extrusada contendo 28% PB foram analisados no Laboratório de Nutrição Animal da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. As análises foram realizadas, segundo as normas de AOAC (2005), os valores de matéria seca, cinzas, gordura, proteína bruta, FDN e FDA são apresentados a seguir (Tab. 1).

Tabela 1. Valores percentuais dos componentes das dietas utilizadas na alimentação de juvenis de carpas capim com ração comercial e suplementação com fontes vegetais, durante 60 dias

Ingrediente	MS	Cinzas	Lipídios	PB	FDN	FDA
R28	86,97 ± 0,00	9,31 ± 0,25	6,08 ± 0,14	30,67 ± 0,01	80,03 ± 2,93	9,38 ± 0,06
Alf	17,10 ± 0,01	9,43 ± 0,29	4,19 ± 0,14	20,81 ± 0,00	33,86 ± 1,92	24,55 ± 0,77
Ele	20,10 ± 0,02	13,51 ± 0,32	4,40 ± 0,00	16,75 ± 1,70	66,59 ± 2,56	37,09 ± 0,88
Pap	23,25 ± 0,27	8,67 ± 0,15	3,49 ± 0,00	10,23 ± 0,41	69,08 ± 0,25	33,48 ± 0,00

Ingredientes das dietas: Ração comercial 28% PB (R28); Alfafa (Alf); Capim elefante (Ele); Capim papuã (Pap). Legenda: MS Matéria Seca; PB Proteína Bruta; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido. Os valores referem-se as médias de análises realizadas em duplicata.

3.2.1.5 Desenho do ensaio experimental

Um total de 300 juvenis de carpas capim (*Ctenopharyngodon idella*) com peso médio de 49,0 ± 12 g e comprimento médio de 15,0 ± 1 cm foram transferidos para as unidades experimentais e estocados na densidade de 25 peixes/caixa de maneira aleatória. Os indivíduos permaneceram estocados nas unidades experimentais durante um período de 10 dias, sendo alimentados apenas com ração comercial 28% PB duas vezes ao dia. Durante este período, a oferta de alimento diário (manhã e tarde) foi aumentada gradativamente até ser observada à saciedade aparente dos animais e posteriormente foi fixado o percentual de biomassa para fornecimento da alimentação.

Nos 60 dias de duração do experimento, os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, segundo as recomendações para a espécie (Veiveberg et al., 2008; Della-Flora et al., 2009; Costa et al., 2011). O número de ofertas de alimento está relacionado com o estágio de desenvolvimento do animal. As ofertas foram realizadas de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. Metodologia de alimentação nas duas ofertas diárias de alimento para juvenis de carpas capim, suplementados com três fontes vegetais.

Tratamento	Alimentação ¹	
	Manhã	Tarde
Ração comercial 28 % PB	1% de ração comercial	2,5% de ração comercial
Alfafa	1% de ração comercial	5% de alfafa
Capim elefante	1% de ração comercial	5% de capim elefante
Capim papuã	1% de ração comercial	5% de capim papuã

Legenda: Alimentação¹: baseada no percentual da biomassa do peso vivo de cada unidade experimental. 25 indivíduos x 49 g = 1.225 g.

Ao final do experimento, foi realizada biometria final dos juvenis de carpas capim que compunham cada uma das 12 réplicas. Após aproximadamente 6 h da última alimentação, os peixes foram insensibilizados com gelo e água na proporção de 2:1 l⁻¹ e sacrificados por secção da medula de cada animal (Fig. 4). Todos os peixes foram pesados (g) com o auxílio de balança de precisão marca Filizola, modelo NF3, e medidos (cm) utilizando-se de ictiômetro para posterior análises zootécnicas. Sequencialmente, os juvenis tiveram seus ventres limpos com auxílio de gaze e solução contendo álcool 70%, foi realizada a secção abdominal dos animais com o auxílio de pinça e bisturi. O TGI dos animais foi removido pesado e medido, esses dados foram posteriormente tabulados para o cálculo das variáveis morfométricas peso e comprimento relativo.

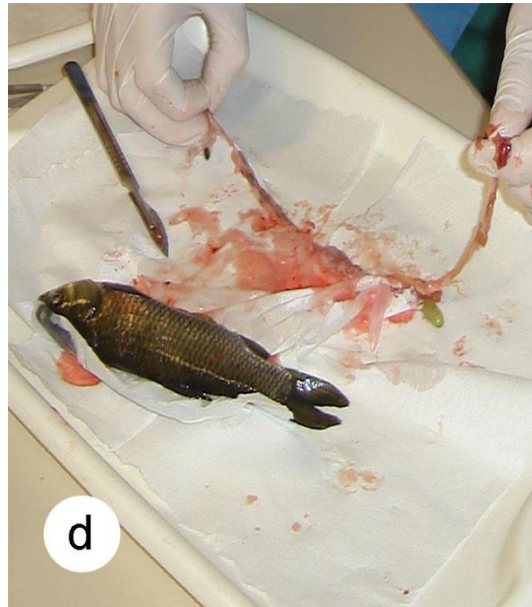
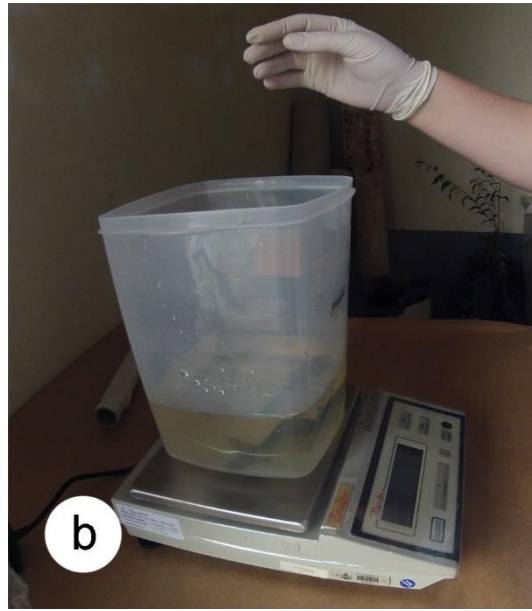
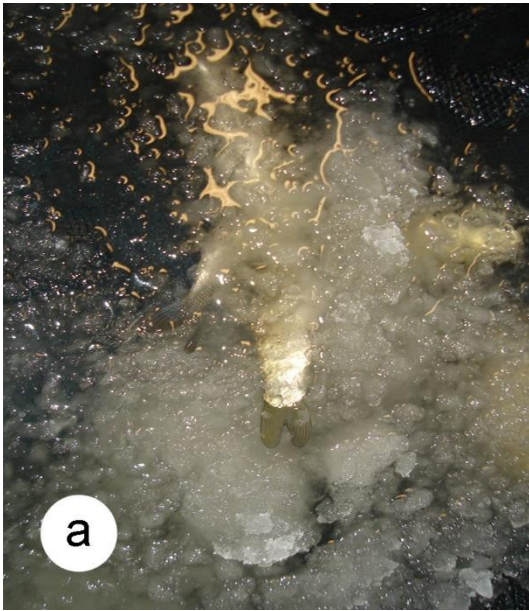


Fig. 4. Procedimentos de insensibilização, abate, biometria e coleta do trato gastrintestinal de juvenis de carpa capim. a) insensibilização dos animais com a utilização de solução contendo água e gelo b) verificação do peso individual de cada peixe; c) verificação do comprimento total e comprimento padrão com o uso de ictiômetro; d) secção abdominal dos animais e retirada do trato gastrintestinal.

3.2.1.6 Variáveis analisadas

Para a avaliação do desempenho produtivo de juvenis de carpa capim alimentados com ração comercial com 28% PB e suplementados com diferentes forragens, foram considerados os dados de peso (g) e comprimento (cm) obtidos ao final do experimento. As seguintes variáveis zootécnicas foram consideradas:

- Sobrevivência (%S):

$$\%S = 100 \times \left(\frac{N^{\circ}PxFin}{N^{\circ}PxIni} \right)$$

Na qual:

NPxFin = total de peixes vivos ao final do experimento;

NPxIni = total de peixes estocados no início do experimento.

- Ganho de peso absoluto (GP):

$$GP = Pe Fin - Pe Ini$$

Na qual:

Pe Fin = peso médio final;

Pe Ini = peso médio inicial.

- Conversão alimentar (CA):

$$CA = \frac{Alim Cons}{GP}$$

Na qual:

Alim Cons = total de alimento consumido durante 60 dias (peso seco);

GP = ganho de peso absoluto.

- Fator de condição (K):

$$K = 100 \times \left(\frac{Pe\ Fin}{(Com\ Fin)^3} \right)$$

Na qual:

Pe Fin = peso médio final;

Com Fin = comprimento médio total final³.

- Taxa de crescimento específico (TCE):

$$TCE = 100 \times \left(\frac{\ln Pe\ Fin - \ln Pe\ Ini}{\Delta t} \right)$$

Na qual:

Ln Pe Fin = linear do peso médio final;

Ln Pe Ini = linear do peso médio inicial;

Δt = tempo de duração do experimento (dias).

Posteriormente, após a secção abdominal, cada indivíduo teve seu TGI retirado, medido e pesado para a análise das variáveis morfométricas. Foram considerados os dados de peso (g) e comprimento (cm) do trato gastrintestinal dos peixes.

- Peso relativo do trato gastrintestinal e do corpo (PR):

$$PR = 100 \times \left(\frac{Tgi\ PF}{PF} \right)$$

Na qual:

Tgi PF = peso médio final do trato gastrintestinal;

Pe Fin = peso médio final dos peixes.

- Comprimento relativo do trato gastrointestinal e do corpo (CR):

$$CR = \frac{Tgi\ CF}{Com\ Fin}$$

Na qual:

Tgi CF = comprimento final médio do trato gastrointestinal;

Com Fin = comprimento total médio dos animais.

3.2.2 Avaliação da capacidade fermentativa

3.2.2.1 Preparo do meio de cultivo anaeróbio

O meio de cultivo anaeróbio foi constituído por uma solução basal (pH 7,0) com composição de acordo com a recomendada por McDougall (1948), com adição de microminerais e resazurina como indicador de anaerobiose, segundo Blanchart et al. (1989) com algumas modificações (Tabela 3). A solução basal foi preparada com água deionizada fervida, resfriada sobre CO₂ e envasada com frascos de vidro tipo penicilina de 50 mL. Os frascos foram vedados com rolha de borracha e lacre de alumínio, em seguida foram autoclavados a 120 °C por 20 min.

Tabela 3. Componentes químicos utilizados na formulação da solução basal, utilizada na incubação dos inóculos provenientes do trato gastrointestinal de juvenis de carpa capim.

Macronutrientes	g.L ⁻¹
KCl	6,0
NaCl	6,0
MgSO ₄ . 7H ₂ O	2,0
KH ₂ PO ₄	14,6
Na ₂ HPO ₄	142,0
Na ₂ CO ₃	82,0
CaCl ₂	8,0

Micronutrientes	g.L ⁻¹
MnCl ₂ . 4H ₂ O	0,025
FeSO ₄ . 7H ₂ O	0,020
ZnCl ₂	0,025
CuCl ₂ . 2H ₂ O	0,025
COCl ₂ .6H ₂ O	0,050
NiCl ₂ . 6H ₂ O	0,250
Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0,250
H ₃ BO ₃	0,250

3.2.2.2 Preparo das fontes vegetais

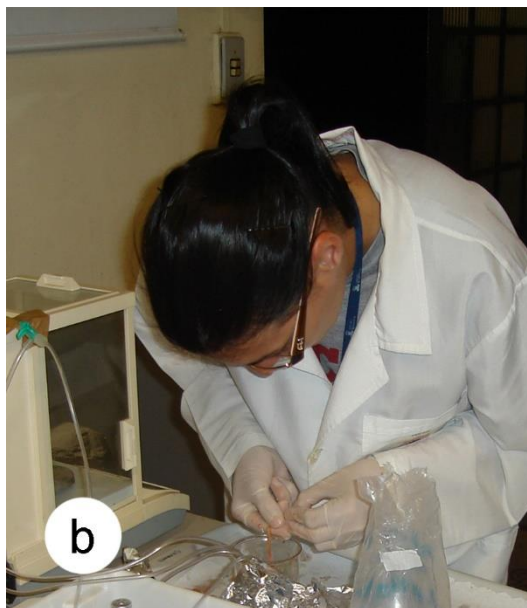
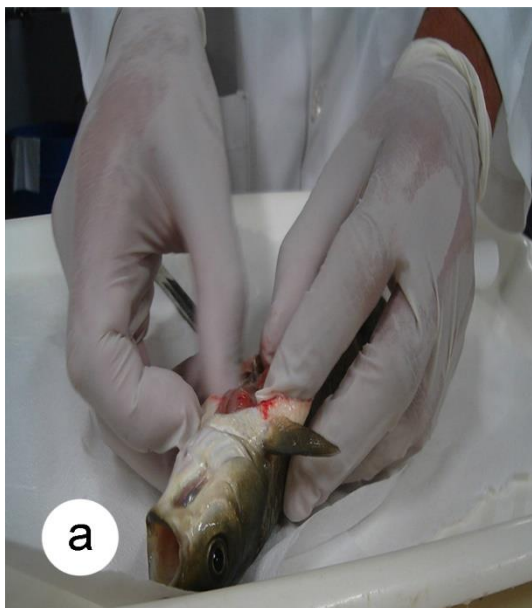
As fontes de carbono utilizadas neste estudo foram ração comercial 28% PB, alfafa (*Medicago sativa*) e capim elefante (*Pennisetum purpureum*). As amostras foram pesadas e acondicionadas em frascos de vidro tipo penicilina e autoclavados. Todos os frascos receberam o acréscimo de 50 mL de solução basal previamente preparada sob CO₂. O conteúdo do frasco ainda foi acrescido de 0,14 mL de solução de NH₄Cl 1M e 0,7 mL de agente redutor (Na₂S.9H₂O 80 mM + cisteína-HCl 160 mM) com auxílio de seringa e agulha. Por fim, os frascos foram incubados em banho maria a 37 °C até que a solução basal se tornasse incolor, indicando que houve redução do meio.

3.2.2.3 Retirada, processamento do conteúdo intestinal sob condições de anaerobiose e inoculação dos frascos de fermentação

Após a coleta dos dados biométricos e morfométricos dos animais, para a avaliação da capacidade fermentativa foi realizada a coleta do conteúdo intestinal dos juvenis de carpa capim. O conteúdo intestinal foi coletado manualmente por fricção e acondicionado em solução de CO₂ e incubado, de acordo com a alimentação ofertada no experimento de desempenho. A incubação foi realizada com dietas contendo as seguintes fontes: ração comercial 28% PB, alfafa e capim elefante, com duas repetições cada. O capim papuã foi descartado para as

análises fermentativas, pois foi a fonte vegetal com o menor desempenho produtivo observado ao final do experimento.

O preparo do inóculo foi realizado com conteúdo intestinal filtrado em gaze estéril e homogeneizado à solução basal estéril, sob CO_2 . Os inóculos foram incubados na proporção de 1:21 ou 1:10 (relação conteúdo:solução basal), como resultado da quantidade de conteúdo intestinal disponível. Uma alíquota contendo 20 mL de inóculo foi adicionada a cada um dos frascos contendo os tratamentos (solução basal + dieta + inóculo). As alíquotas contidas dentro de frascos ainda foram embebidas em solução tamponada e saturada com CO_2 , posteriormente, estes frascos foram vedados, lacrados e incubados em banho maria, sem agitação, em duplicata na temperatura de $26\text{ }^\circ\text{C}$ por um período de 48 h (Fig. 5).



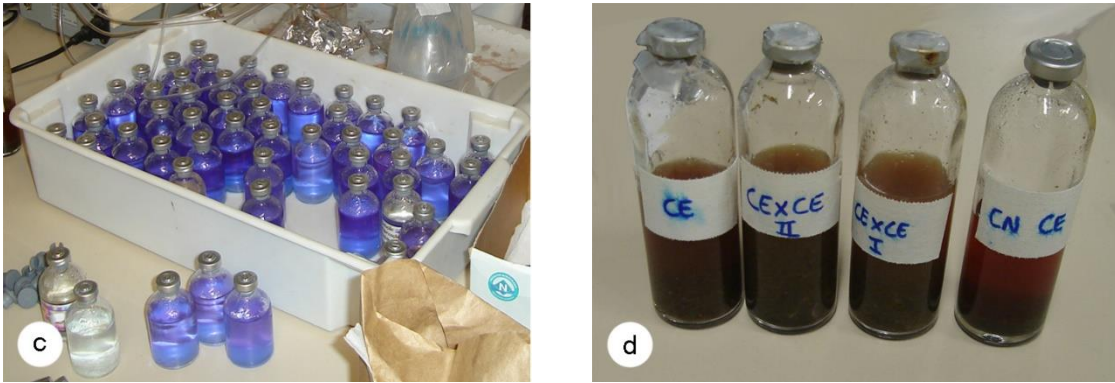


Figura 5. Procedimentos da fermentação anaeróbia *in vitro* do conteúdo do trato gastrointestinal e três diferentes dietas ração comercial, alfafa e capim elefante. a) secção ventral de um juvenil de carpa capim; b) coleta do conteúdo intestinal (sob CO₂); c) frascos contendo dietas e solução basal; d) frascos contendo conteúdo intestinal, dieta e solução basal.

3.2.2.5 Coleta do conteúdo fermentado

Alíquotas de 5 mL de produto fermentado foram retiradas dos frascos para análise de pH, gás e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), com auxílio de seringa e agulha estéreis. Os tempos de incubação analisados foram 0 h, 6 h, 12 h, 24 h e 48 h.

Para as análises de N-NH₃ foram utilizados 250 µL de amostra em tubo de microcentrífuga tipo *Eppendorf* de 2,5 mL, contendo 125 µL de tungstato de sódio 10%, foram adicionados 125 µL de ácido sulfúrico 1 N gelado. As amostras foram armazenadas à 5 °C e analisadas em até 24 h após a coleta (Chaney e Marbach, 1962, modificado por Weatherburn, 1967).

3.2.2.6 Métodos analíticos

Para a determinação dos valores de pH, foram avaliados o pH da solução basal, do conteúdo intestinal dos peixes e do conteúdo fermentado. Esses valores foram determinados por potenciômetro digital marca Toledo, modelo: CO-320. Já para a determinação do N-NH₃, foi utilizado o método colorimétrico de Chaney e Marbach (1962), modificado segundo Weatherburn (1967). As leituras de

absorbância foram realizadas em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 630 nm. Para a obtenção da curva padrão foi utilizada solução de sulfato de amônio. Os valores de absorbância obtidos foram convertidos em concentração (mg / 100 mL de N-NH₃), utilizando-se uma equação de regressão do tipo $y = ax + b$. A análise do nitrogênio amoniacal foi realizada com a utilização de espectrofotômetro marca Biospectro, modelo SP22.

3.2.3 Análise estatística

Após a coleta dos dados, para a avaliação de desempenho os mesmos foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Para a avaliação da capacidade fermentativa foram considerados tempo de incubação e tipo de dieta. Este procedimento realiza a análise multifatorial da variância dos valores de pH e N-NH₃, bem como determina quais fatores possuem efeito estatístico significativo para cada variável. Os dados foram analisados com o auxílio do programa Statgraphics Centurion XVI Version 16.1.11[©].

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Parâmetros físico-químicos de qualidade da água

Os valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) oxigênio dissolvido (mg/L^{-1}), pH e amônia total (mg/L^{-1}) durante o experimento foram $24,46 \pm 0,07$ ($^{\circ}\text{C}$), $5,46 \pm 0,20$ (mg/L^{-1}), $7,59 \pm 0,04$ e $1,70 \pm 0,24$ (mg/L^{-1}) respectivamente. A variação média dos parâmetros de qualidade da água, estão dispostos a seguir (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água, durante os 60 dias de experimento, divididos de acordo com o tratamento de suplementação alimentar.

	R28	Alf	Ele	Pap	Média	CV (%)
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24,3	24,7	24,3	24,3	24,4	0,9
Oxigênio dissolvido (mg/L^{-1})	5,7	5,6	5,5	5,6	5,6	2,1
pH	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	0,3
Amônia total (mg/L^{-1})	1,7	1,7	1,7	1,6	1,7	3,0

Legenda: Tratamento controle com duas ofertas diárias de ração comercial 28% PB (R28); Tratamentos com suplementação vegetal: alfafa (Alf); capim elefante (Ele); capim papuã (Pap). Coeficiente de variação (CV).

Os parâmetros físico-químicos de qualidade da água mantiveram-se dentro dos padrões condizentes ao bem-estar das espécies de água doce, conforme as recomendações de Arana (1997). Os gráficos de qualidade da água, com a variação dos parâmetros observados ao longo do período experimental, podem ser encontrados no Anexo 2 deste documento. A temperatura média da água de $24,4$ $^{\circ}\text{C}$ observada durante o experimento, é condizente com a indicada por Makinouchi (1980) para a manutenção da espécie carpa capim. Aquele autor, indica que os valores adequados para o consumo alimentar da espécie carpa capim situam-se entre 24 e 28 $^{\circ}\text{C}$. Já Soderberg (1995), relata bom consumo de alimento de carpas capim, quando estes foram mantidos sob temperaturas entre 20 e 26 $^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, Pipalova (2003) relatou temperaturas a partir de 21 $^{\circ}\text{C}$ como adequadas para o crescimento de juvenis de carpas capim alimentadas com

dietas baseada na macrófita aquática *Lemna* sp. Ao considerarmos que a temperatura é um dos principais fatores relacionados ao crescimento dos peixes, segundo os dados registrados, esta foi adequada ao desenvolvimento da espécie carpa capim. Vale a pena ressaltar que, por mais que ocorresse variação térmica no ambiente de cultivo, a mesma acabava por ser distribuída entre todas os tanques, que compunham o sistema de recirculação.

Em experimento com carpas capim em sistema de recirculação de água, Du et al. (2005) encontraram os seguintes valores de temperatura de água, oxigênio dissolvido, pH e amônia. $26,8 \pm 2,5$ °C, $7,84 \pm 0,47$ mg/L, $7,16 \pm 0,33$ e $0,18 \pm 0,07$ mg/L. A baixa variação dos parâmetros físico-químicos de qualidade da água supracitados, estão de acordo com os encontrados no experimento de desempenho deste trabalho, sendo este é um dos grandes diferenciais dos sistemas de recirculação de água. Além disso, a realização da sifonagem, limpeza das unidades experimentais e trocas periódicas de água, propiciaram que a concentração de compostos nitrogenados fosse controlada e mantida dentro dos limites aceitáveis para a espécie. Quando a qualidade da água de cultivo é constante, os animais não necessitam despende energia para adaptarem-se às diferentes condições fisiológicas, direcionando a energia proveniente da alimentação exclusivamente para o crescimento.

3.3.2 Desempenho produtivo

A composição das dietas ofertadas para os animais neste trabalho (Tab. 1) esteve de acordo com a composição utilizada por Law (1986) em experimento com oferta de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e grama são-carlos (*Axonopus compressus*) para carpas capim. O autor observou os seguintes valores em amostra de grama são-carlos para matéria seca, proteína, gordura e energia bruta foram 20%, 9%, 73%, 40% e 22%, respectivamente. Enquanto para a amostra de capim elefante os valores encontrados foram 16%, 75%, 93% e 11%, respectivamente. A utilização de fontes vegetais na alimentação das espécies de peixes pode variar amplamente, ainda que determinados tipos de

ingrediente não apresentem palatabilidade desejada, estes ainda podem contribuir de maneira parcial nas formulações destinadas à alimentação de peixes. Além disso, os animais mantidos à base dessas dietas, podem vir a apresentar taxas de crescimento distintas, quando comparados a aqueles animais alimentados apenas com ração comercial. A preferência de alguns autores para a utilização de matéria úmida ou seca na base dos cálculos das taxas de consumo, as quais geralmente não são mencionadas, podem acarretar em uma grande variação nos valores reportados, além de dificultarem a comparação de dados (Cai e Curtis, 1989). Buscando evidenciar o real consumo pelos peixes, os índices de alimentação serão baseados e expressos em matéria seca.

Neste experimento foram observadas diferenças significativas para alguns dos parâmetros de crescimento analisados (Tab. 4), sendo o tratamento controle obteve o melhor desempenho produtivo, juntamente com o tratamento alfafa. Estes tratamentos foram precedidos, em ordem decrescente, pelos tratamentos capim elefante e papuã, respectivamente. Os resultados deste trabalho estão de acordo com o trabalho conduzido por Yousif et al. (1994), no qual alevinos de tilápias (*Oreochromis mossambicus*) alimentadas com dieta controle, composta apenas de ração comercial 40% PB, apresentaram melhor desempenho produtivo, quando comparados aos peixes que receberam a suplementação de dieta com as fontes vegetais alfafa (*Medicago sativa*) e erva-sal (*Atriplex numularia*), em diferentes percentuais. Os autores também observaram superioridade da dieta contendo alfafa, quando comparada à dieta contendo erva-sal. A relação envolvendo dietas controle, baseadas exclusivamente em ração comercial, é comumente utilizada em muitos trabalhos envolvendo nutrição de peixes. Através das comparações entre as dietas experimentais e a controle, onde os índices de desempenho produtivo geralmente são conhecidos, torna-se possível relacionar o consumo dos alimentos alternativos, com os índices de desempenho produtivo dos peixes. Baseando-se nesta performance zootécnica dos animais, é estimado o possível percentual de alimento alternativo a ser ofertado, em substituição a ração comercial.

Tabela 5. Dados morfométricos e parâmetros de desempenho zootécnicos, observados ao final de 60 dias para juvenis de carpa capim, suplementados com três diferentes fontes vegetais.

Variáveis	Inicial	CV				
Peso (g)	46,02 ± 12,48	27,11				
CT (cm)	15,09 ± 1,25	8,31				
CP (cm)	12,45 ± 1,09	8,77				
Tratamentos de suplementação						
Ao final de 60 dias de experimento						
	R28	Alf	Ele	Pap	CV	Efeito
Peso (g)	60,87	59,74	58,39	55,03	5,04	
CT (cm)	16,58	16,54	16,51	16,61	1,92	
Peso do trato (g)	3,27	3,72	3,47	3,81	12,57	
Comprimento do trato (cm)	28,37	26,67	25,92	30,64	9,41	
% S	97 ^a	96 ^a	99 ^a	100 ^a	3,69	-
GP (g)	14,87 ^b	13,74 ^b	12,39 ^{ab}	9,03 ^a	23,56	*
CA	6,6 ^{ab}	5,1 ^a	6,0 ^a	10,5 ^b	33,84	*
K	1,34 ^a	1,32 ^a	1,30 ^a	1,21 ^a	7,89	-
TCE (%/dia)	0,20 ^b	0,19 ^b	0,17 ^{ab}	0,13 ^a	21,20	*
PR	5,36 ^a	6,24 ^{ab}	5,95 ^{ab}	6,91 ^b	14,39	*
CR	1,71 ^{ab}	1,65 ^{ab}	1,57 ^a	1,85 ^b	9,55	*

Tratamentos: Ração Comercial 28% (R28), Alfafa (Alf), Capim elefante (Ele), Capim papuã (Pap).

Os valores de cada grupo experimental estão descritos em suas respectivas colunas, sendo valores médios de cada tratamento e ± desvio padrão.

% S (porcentagem de sobrevivência): $100 \times (n^{\circ} \text{ de peixes final} / n^{\circ} \text{ de peixes inicial})$.

GP (ganho de peso): peso final / peso inicial.

CA (conversão alimentar): alimento consumido / ganho de peso.

K (fator de condição): $100 \times (\text{peso final} / \text{comprimento final}^3)$.

TCE (taxa de crescimento específico): $100 \times (\ln \text{ peso final} / \ln \text{ peso inicial}) / \text{tempo (dias)}$.

PR (peso relativo trato gastrointestinal/corpo): $(\text{peso do intestino} / \text{peso do peixe}) \times 100$.

CR (comprimento relativo trato gastrointestinal/corpo): comprimento intestinal / comprimento corporal.

Legendas: CV (coeficiente de variação); (-) não houve diferença significativa entre os tratamentos; (*) diferença significativa $p \leq 0,05$ em apenas um tratamento.

3.3.2.1 Percentual de sobrevivência

Dentre as principais espécies utilizadas na aquicultura, a carpa capim é conhecida como um peixe de moderada rusticidade, relativamente suscetível a doenças e por sofrer com mortalidades em massa, quando em situações de cultivo inadequadas (Steinbronn, 2009). Algumas patologias têm sido observadas na espécie, quando da ação conjunta de múltiplos fatores, entre eles a presença de bactérias oportunistas no ambiente aquático e condições ambientais desfavoráveis, desnutrição dos peixes e fontes de alimento vegetais contaminados por pesticidas ou micotoxinas (Pucher et al., 2014). Usualmente a fase de desenvolvimento juvenil, apresenta reduzidas taxas de mortalidade, quando comparada a peixes na fase de alevino. Os valores médios de sobrevivência, entre os diferentes tratamentos, após os 60 dias de período experimental, são descritos a seguir (Fig. 6).

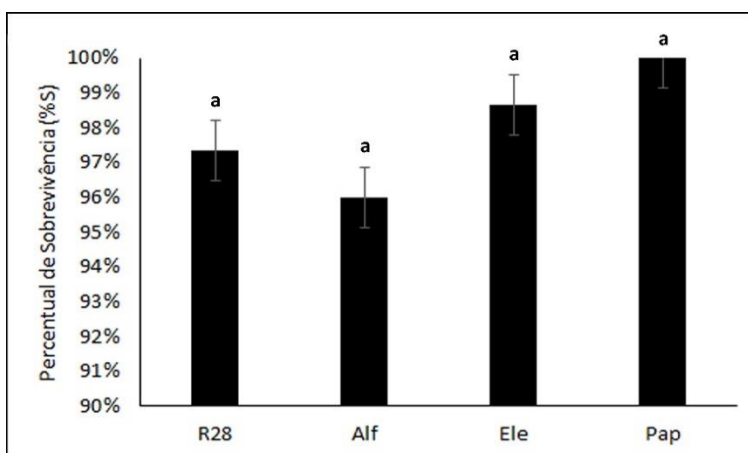


Figura 6. Valores médios de sobrevivência dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

No presente estudo, a mortalidade foi mínima, ficando entre 0 e 4% (Fig. 6), indicando que as condições foram adequadas à sobrevivência da espécie. Desta maneira, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tais valores de sobrevivência, foram similares aos encontrados para exemplares desta espécie, mantidos em sistema de recirculação de água, conforme trabalhos prévios (Du et al., 2005; Marques et al., 2008; Veiveberg et al., 2010). As condições adequadas de sobrevivência para carpas capim, foram obtidas com a manutenção constante dos parâmetros de qualidade da água e o fornecimento de alimentação adequada aos animais. Isso indica que a suplementação alimentar com fontes vegetais, propiciou a quantidade adequada de nutrientes para o desenvolvimento de peixes desta espécie na fase juvenil. Aparentemente a suplementação matinal dos peixes com 1% do PV com ração comercial, mostrou-se eficaz para fornecer a quantidade adequada de vitaminas e minerais que garantiram a sanidade dos animais de cultivo.

Também é possível afirmar que o acondicionamento das forragens ofertadas para os peixes foi adequado, afinal é sabido que quando do armazenamento incorreto destes ingredientes vegetais, para posterior oferta deste alimento para os animais, alterações nos parâmetros de qualidade da água, tendem a gerar elevadas taxas de mortalidade em um curto espaço de tempo. Apesar de as fontes vegetais terem sido previamente congeladas, os procedimentos de processamento e acondicionamento deste material vegetal em estufa, proporcionaram palatabilidade adequada ao consumo dos peixes.

3.3.2.2 Ganho de peso

É importante ressaltar que a variável ganho de peso está diretamente relacionada ao estágio de desenvolvimento do animal sendo que peixes de menor tamanho, tendem a ganhar peso mais facilmente que peixes maiores. A idade dos animais também é responsável pela predileção alimentar, indivíduos jovens usualmente optam por plantas tenras e macias, enquanto animais adultos consomem toda a variedade de plantas incluindo materiais com composição de fibra elevada, ainda que estes alimentos vegetais fibrosos apresentem baixa digestibilidade. O ganho de peso absoluto, obtido para os peixes utilizados no presente experimento, é descrito a seguir (Fig. 7).

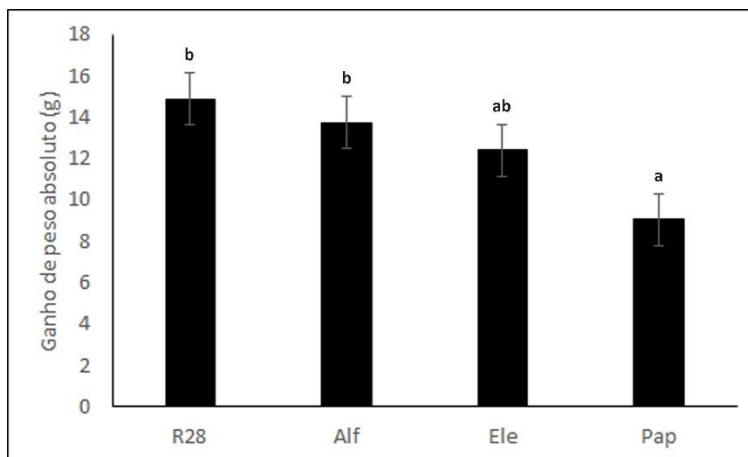


Figura 7. Valores médios de ganho de peso absoluto em gramas dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

Os resultados obtidos para a variável ganho de peso indicam que o tratamento suplementado com alfafa (Alf), foi estatisticamente igual ao do tratamento controle (R28) com ganhos de peso absoluto de 13,7 g e 14,8 g respectivamente. Já para o tratamento capim elefante (Ele), o ganho de peso absoluto foi de 12,3 g e para a dieta contendo capim papuã (Pap), observou-se o menor ganho de peso absoluto, apenas 9,03 g.

A similaridade dos resultados obtidos entre os tratamentos contendo alfafa e capim elefante, quando comparados aos encontrados na dieta baseada exclusivamente em ração comercial, evidenciam a aptidão destes alimentos vegetais para a nutrição da espécie, sendo que a melhor eficiência da alfafa pode ser atribuída, ao fato de que o teor de fibras desta forrageira, é quase 50% inferior ao do encontrado nas amostras de capim elefante. Também é notável a aptidão das carpas capim no aproveitamento destes alimentos, além dos bons índices produtivos obtidos com dietas, onde a formulação comercial é combinada com ingredientes vegetais *in natura*, conforme relatado por Camargo et al. (2006).

No entanto, os melhores resultados obtidos com alfafa ainda são inferiores aos encontrados por Costa et al. (2008) quando avaliaram o crescimento de carpas

capim (20 g), alimentados com dietas contendo diferentes proporções de ração e capim teosinto (*Euchlaena mexicana*). Naquele estudo, o tratamento onde os animais foram alimentados com teosinto e suplementação diária de 3% de ração comercial, apresentou melhor ganho de peso absoluto com um total de 25 g. Sendo este, superior ao tratamento com teosinto e 3% de ração comercial a cada dois dias e aos demais tratamentos, exclusivamente teosinto ou exclusivamente 3% de ração comercial. Em experimento conduzido por Majhi et al. (2006), alimentaram-se carpas capim (23 g) com azola (*Azolla* sp.) e após 150 dias, os animais apresentaram peso médio final de 270,3 g, com ganho de peso absoluto de 240 g/peixe. Demonstrando que a médio prazo, indivíduos desta espécie, são ainda mais aptos ao consumo de materiais vegetais.

Já no trabalho desenvolvido por Silva (2014), carpas capim (26 g) foram alimentadas com quatro diferentes tipos de macrófitas aquáticas, de maneira isolada ou combinada. Os resultados apontam que após 81 dias de experimentação, o melhor ganho de peso absoluto, foi de 2,4 g para o tratamento contendo *C. demersum*, sendo este resultado superior ao uso das outras macrófitas ou ao uso de macrófitas de maneira combinada. De maneira geral, no tempo experimental de 60 dias, os peixes do presente experimento suplementados com forragens terrestres, obtiveram ganho de peso absoluto adequado, quando comparados a animais alimentados com macrófitas aquáticas. Tal afirmação está de acordo com o previamente descrito, onde carpas capim alimentadas com forragens terrestres, obtém melhor desempenho produtivo ao serem comparadas a aquelas alimentadas com plantas aquáticas (Azad e Gupta, 1990).

Porém, o ganho de peso para carpas capim de diferentes idades é muito variável. As diversas condições de cultivo como sistema de produção utilizado, densidade de estocagem, temperatura da água e tipo do alimento utilizado podem levar a diferentes resultados, como os encontrados por Shaha et al. (2015) que utilizaram carpas capim (17 g) e tilápias (15 g) em sistema de policultivo. Os peixes foram estocados em diferentes densidades e alimentados com capim elefante (*Pennisetum purpureum*). O tratamento contendo o mesmo número de

carpas capim e tilápias obteve as melhores taxas de crescimento específico e ganho de peso diário, com as carpas capim apresentando peso médio final de 350 g e ganho de peso absoluto de 333 g. Este desempenho ocorreu em viveiros escavados.

Para fins de comparação também será discutido o ganho de peso diário para juvenis de carpa capim. O ganho de peso diário no presente trabalho, obteve os seguintes valores, de acordo com seus respectivos tratamentos: ração comercial 28% PB 0,25 g (\pm 0,04), alfafa 0,23 g (\pm 0,05), capim elefante 0,21 g (\pm 0,03) e capim papuã g (\pm 0,03). Os resultados obtidos neste trabalho, são inferiores aos encontrados no experimento conduzido por Cerva (2003), que ao realizar testes com diferentes densidades de estocagem para carpa capim, obteve GPD de 0,73 g em ofertas de alimento contendo 4% de ração comercial e 10% de milheto (*Pennisetum glaucum*). Porém, este foi conduzido em viveiros escavados e apresentou tempo de duração superior. Já em pesquisa conduzida por Souza et al (2008), os pesquisadores ofertaram a macrófita azola para carpas capim (53 g) e obtiveram ganho de peso diário de 1,06 g. Camargo et al. (2006) realizaram experimento utilizando carpas capim (5,5 g), alimentadas com dietas contendo quatro diferentes forragens. Ao final do período de avaliação, o tratamento contendo teosinto (*Euchlaena mexicana*) obteve GPD de 0,14 g, melhor resultado que comparado aos tratamentos contendo capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) com ganho de peso diário de 0,06 e 0,07 g respectivamente. Taxas reduzidas de ganho de peso foram encontradas no tratamento contendo capim milheto (*Pennisetum glaucum*), com ganho de peso diário de 0,03 g. A discrepância de valores obtidos com o ganho de peso em carpas capim, é ainda mais evidente em peixes jovens.

Em experimento com carpas capim (15 g), Nekoubin e Sudagar (2013) analisaram por um período de 90 dias o desempenho da espécie em tratamentos contendo lemna (*Lemna* sp.), azola (*Azolla filiculoides*) e alfafa (*Medicago sativa*). O experimento supracitado, observou a predileção de carpas capim pela forrageira alfafa, além de melhores resultados de performance zootécnica, quando comparada

com os obtidos em dietas utilizando-se as macrófitas lemna e azola. Além disso, os autores apontam que o alimento peletizado baseado em alfafa, contendo 35% de proteína, foi capaz de suprir plenamente as demandas nutricionais dos peixes utilizados no trabalho. Baseando-se nestes pressupostos e nos dados obtidos na avaliação de juvenis de carpas, alimentados com ração comercial e suplementados com três fontes vegetais, o ingrediente alfafa pode ser altamente recomendado, já que este apresentou índices de ganho de peso absoluto e diário similares aos encontrados no tratamento controle, no qual os animais foram alimentados exclusivamente com ração comercial. Ainda pode ser recomendada, com menor intensidade, a utilização de capim elefante para suplementação de carpas capim, porém com desempenho produtivo intermediário. Os resultados também indicaram que a utilização de capim papuã para a suplementação de juvenis de carpa capim, não é a melhor opção dentre as três espécies de plantas utilizadas. Isso pode ser devido ao fato, de que este alimento apresenta elevado teor de fibras em sua composição, com contribuição nutricional inferior aos demais ingredientes estudados.

No presente estudo, o ganho de peso obtido com esta forrageira foi 50% inferior ao obtido com o tratamento controle. A densidade de estocagem de 25 peixes/400 litros, 3,75 g de peixe/L de água, pode ter contribuído para o aparente reduzido ganho de peso observado nestes animais.

Além do valor nutricional e a da palatabilidade das fontes vegetais alternativas, existem outros fatores chave para o consumo e conseqüente ganho de peso dos animais cultivados. Esses fatores foram previamente descritos por Filizadeh et al. (2007), que em suas observações apontaram o elevado número de peixes estocados nos viveiros escavados e o tipo de alimento fornecido, como os responsáveis pelas reduzidas taxas de crescimento apresentadas pelas carpas capim.

3.3.2.3 Conversão alimentar

O desempenho de animais expostos a uma mesma dieta pode variar de acordo com quatro fatores principais: a capacidade de ingestão de alimentos, a capacidade de transformar a dieta fornecida por meio da seleção do material ingerido, a capacidade de determinados animais em aproveitar melhor o alimento ingerido e o potencial genético para ganho de peso dos animais, que pode atuar como limitante ao desempenho obtido.

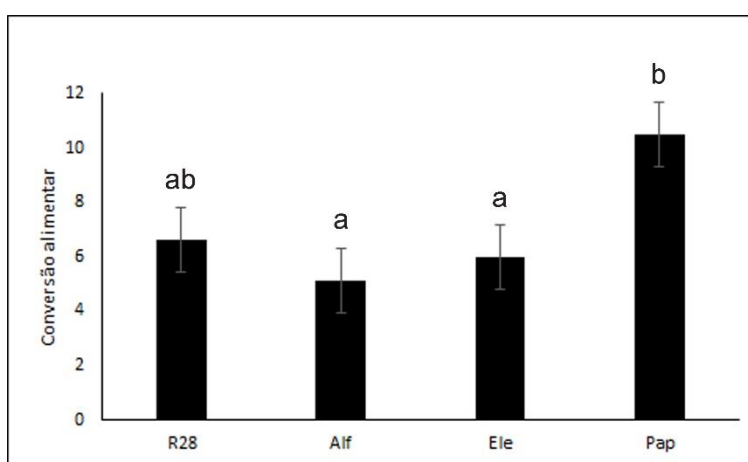


Figura 8. Valores médios de conversão alimentar dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

Foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos conforme apresentado na Figura 8. Os tratamentos alfafa e capim elefante obtiveram taxa de conversão alimentar similares. Já no tratamento controle, onde foi ofertada apenas ração comercial (R28), os resultados obtidos foram estatisticamente similares aos obtidos para alfafa e capim elefante.

A relação com menor taxa entre alimento ingerido e ganho de peso, foi obtida no tratamento suplementado com capim papuã. Desta maneira, podemos concluir que a suplementação com alfafa e capim elefante, melhora a conversão

alimentar da espécie, estando aptas a substituírem parcialmente a ração comercial para carpas capim.

Os resultados obtidos no presente experimento estão dentro do esperado, quando do fornecimento de ingredientes vegetais fibrosos para peixes, pois a performance dos animais pode ser amplamente variável, conforme descrito a seguir. Shireman et al. (1978) em experimento com carpas capim (34 g), obtiveram CA de 2,7:1 para peixes alimentadas exclusivamente com *lemna in natura*. Neste mesmo trabalho, a dieta contendo apenas ração comercial 32% PB, obteve conversão alimentar de 5:1 e a dieta mista de ração comercial e azevém (*Lolium perene*), CA de 7:1. Dentre todos os tratamentos observados, aquele onde os peixes foram alimentados exclusivamente com azevém, apresentou CA de 24:1. Isso evidencia o fato de que o teor de fibras presente nos alimentos alternativos, presentes em níveis reduzidos em macrófitas aquáticas, estão diretamente relacionados à conversão alimentar de carpas capim. Posteriormente, Venkatesh e Shetty (1978) ao compararem o desempenho das macrófitas aquáticas (*Hydrilla* e *Ceratophyllum*) e a forragem capim elefante (*Pennisetum purpureum*) na alimentação de carpa capim (11 g), obtiverem taxa de conversão de 93:1 para *hydrilla* e 128:1 para *ceratophyllum*, enquanto que para os peixes alimentados com capim elefante a CA foi de 27:1. Os autores consideram que os melhores resultados do tratamento contendo capim elefante, estão relacionados com a facilidade que os peixes de maior tamanho, têm em utilizar um material mais fibroso como o que compõe a forragem terrestre. Isso tornou-se relevante após os animais do experimento atingirem a faixa de peso entre 30 e 50g.

Já no caso de carpas capim, nos primeiros estádios de desenvolvimento, apesar de o material vegetal ser ainda pouco assimilável, este é indispensável para o pleno desenvolvimento dos indivíduos. Uma taxa de conversão alimentar de 13:1 foi obtida por Devaraj et al. (1986,) ao ofertarem alfafa para carpas capim (4 g), valor considerado razoável em se tratando de uma forragem e similar ao valor encontrado no presente trabalho. Os autores ainda obtiveram a taxa de conversão de 10:1 ao utilizarem acácia branca (*Moringa pterygosperma*), porém o

ganho de peso e a taxa de produção estimada dos animais alimentados com alfafa, foram superiores. Já em estudo conduzido por Graeff e Tomazelli (2006), carpas capim (5 g) foram alimentadas com dietas isoproteicas e isoenergéticas contendo diferentes percentuais de ração comercial, alfafa (*Medicago sativa*) e capim papuã (*Brachiaria plantaginea*) em sua composição. A taxa de conversão mais efetiva foi obtida com o tratamento contendo ração comercial e 15% de capim papuã, com CA de 2,6:1. Com relação a leguminosa alfafa, a melhor conversão alimentar observada foi de 2,7:1 em tratamento contendo ração comercial e 15% de alfafa em sua formulação. Estes trabalhos trazem luz ao elevado potencial que a alfafa detém, em servir como suplemento alimentar, em substituição as formulações comerciais, para a espécie carpa capim.

Através do presente experimento, ficou evidenciada que a suplementação com alimento vegetal, para carpas capim alimentadas com ração comercial, promove adequada taxa de conversão alimentar para a espécie desde que a fonte vegetal possua razoável teor de proteína. A inferioridade do tratamento contendo capim papuã, quando comparada aos demais tratamentos de suplementação vegetal, pode ser atribuída a baixa disponibilidade de proteína encontrados nesta forragem. Também é possível afirmar que a conversão alimentar das carpas capim foi aprimorada com a combinação das fontes vegetal e animal. Sendo que quando da utilização das forragens *in natura*, o consumo pelos peixes é ainda mais evidente. As elevadas taxas de conversão alimentar também são atribuídas ao fato de que juvenis de carpas capim, já apresentam capacidade significativa de realizar a degradação de fibra vegetal, associada à presença da microbiota intestinal com capacidade fermentativa, conforme descrito por Saha et al. (2006). É importante ressaltar que além de uma adequada conversão alimentar, os peixes devem apresentar ganho de peso adequado, afinal a alimentação deve ser eficiente.

3.3.2.4 Fator de condição

O cálculo do fator de condição baseia-se na relação entre o peso e o comprimento corporal do peixe. Por meio deste é possível comparar diferentes populações submetidas à diferentes condições de qualidade da água, densidade de estocagem e fornecimento de alimento, além disso, fatores como ineficiência nutricional e o grau de bem-estar animal, podem alterar o fator de condição (Lima-Junior et al., 2002). Através da estimativa do fator de condição, torna-se possível comparar diferentes tipos de fornecimento de alimento para os peixes, mesmo com animais provenientes de diferentes populações (Ratz e Loret, 2003).

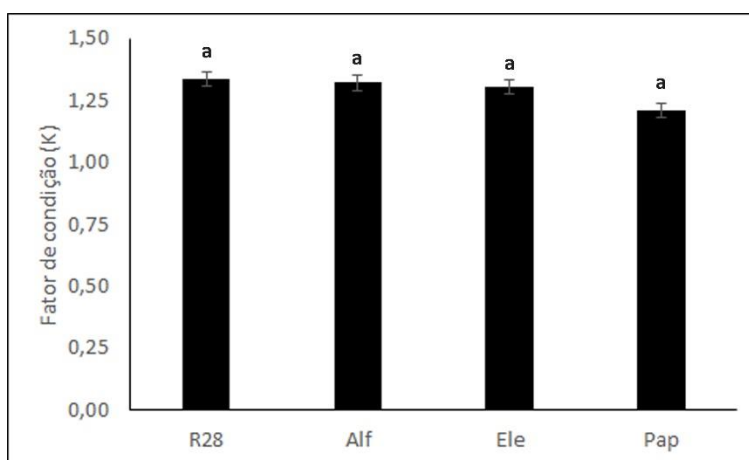


Figura 9. Valores médios de fator de condição dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável fator de condição. Os resultados obtidos nas dietas contendo suplementação com diferentes fontes vegetais para os exemplares de carpa capim, variaram entre 1,21 e 1,34. A constante do fator de condição entre os tratamentos, está de acordo com o descrito em trabalhos prévios.

Em estudo desenvolvido por Marques et al. (2008), onde carpas capim (< 0,7 g) foram submetidas a diferentes frequências de alimentação, os peixes não

apresentaram diferença entre o fator de condição, com índices médios próximos a 1,16. Costenaro-Ferreira et al. (2013) também não observaram diferença significativa no fator de condição para carpas capim (7 g), alimentadas com rações contendo diferentes teores de ácido fólico. O fator de condição encontrado para os tratamentos acima mencionados foi de 1,22. Resultados opostos foram encontrados por Ribeiro et al. (2015) no cultivo de carpas capim (10 g), onde os peixes foram alimentados com diferentes dietas e apresentaram valores distintos para a variável fator de condição. Os animais que foram alimentados com as forragens milho (*Pennisetum americanum*) e aveia (*Lolium multiflorum*), obtiveram taxas mais elevadas de fator de condição, além de melhores índices de crescimento.

Em estudo conduzido por Du et al. (2005), foi avaliado o efeito de dietas com diferentes percentuais de lipídios no desenvolvimento de carpa capim (6,5 g). Os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos com teor elevado de lipídios 40 g/kg de peso seco da dieta formulada. Embora exista uma tendência de que o fator de condição aumente com o incremento de lipídios nas dietas, os tratamentos não apresentaram diferença significativa com valores próximos a 1,98. No presente trabalho, também não ficou evidenciada a relação entre o consumo de lipídios e o fator de condição. Apesar de o tratamento suplementado com papua, possuir os níveis mais reduzidos de lipídios, os resultados não demonstraram influência direta dos lipídios nesta variável zootécnica.

A ausência de diferença estatística entre os tratamentos para a variável fator de condição, também está relacionada ao fato de que os animais foram mantidos em sistema de recirculação de água. Desta maneira as variações nos parâmetros físico-químicos de qualidade da água foram similares em todos os tratamentos, não influenciando o bem-estar dos peixes. Apesar de muitas vezes o fator de condição estar relacionado ao estado nutricional do animal e também as suplementações utilizadas, isso não pode ser evidenciado uma vez que nenhum dos animais apresentou qualquer diferença morfológica no momento da biometria final.

3.3.2.5 Taxa de crescimento específico

A taxa de crescimento (TCE) de carpas capim é altamente dependente de muitos fatores como a quantidade e o valor nutricional do material vegetal ofertado, salinidade da água, idade dos animais, densidade de estocagem utilizada, tamanho do local de cultivo, temperatura e oxigênio dissolvido na água. Na prática, em cultivos tradicionais em viveiros escavados, as taxas de crescimento específico são amplamente variáveis. Além disso, a TCE é um preciso indicador da qualidade da proteína utilizada nas formulações comerciais. Além de serem fundamentais nas dietas, as proteínas e os lipídeos são essenciais para o crescimento e a reprodução de carpas capim (Khan et al., 2004).

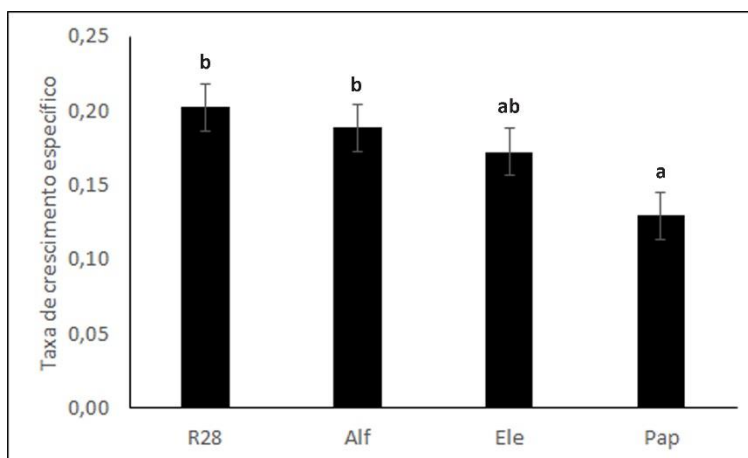


Figura 10. Valores médios de taxa de crescimento específico dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

As mais elevadas taxas de crescimento específico foram observadas nos tratamentos contendo a dieta controle 0,20% ao dia (apenas ração comercial 28%) e suplementação de alfafa 0,19% ao dia. Os índices foram seguidos pelos encontrados na dieta suplementada com capim elefante 0,17% ao dia. O tratamento contendo suplementação com capim papuã, apresentou a menor

performance para a variável taxa de crescimento específico com valor igual a 0,13% ao dia.

Os resultados do presente trabalho foram inferiores aos encontrados em experimentos prévios, no qual carpas capim foram alimentados com folhas de mandioca (*Manihot esculenta*) ou capim elefante (*Pennisetum purpureum*), obteve-se TCE de 0,5 e 1,0%/dia, respectivamente (Tan, 1970). Estudo com o fornecimento de capim elefante para carpas capim no qual foi obtido TCE de 2,7%/dia (Shrestha e Yadav, 1998). A aceitabilidade de azola (*Azolla* sp.) pela carpa capim, foram estimados por Majhi et al. (2006). Os autores avaliaram carpas capim (23 g) mantidas com diferentes dietas baseadas na macrófita aquática azola. Ao final do experimento, observaram que juvenis alimentados diariamente com a macrófita aquática, apresentaram taxa de crescimento específico de 1,65% ao dia, já o TCE do tratamento controle foi igual a 1,27% ao dia. Nos experimentos supracitados, os peixes foram estocados em viveiros escavados, mostrando que carpas capim tendem a apresentar melhor taxa de crescimento específico, quando estocada em maiores volumes de água.

A taxa de crescimento específico, pode ainda ser influenciada pelo sistema de cultivo adotado. Souza et al. (2008) realizaram experimento com carpas capim (53 g), alimentados com ração comercial de baixo teor lipídico e a macrófita aquática azola (*Azolla filiculoides*). O tratamento contendo teores intermediários, na proporção 5 partes para 1 de ração e azola respectivamente, obteve a melhor taxa de crescimento específico com valor igual 1,39% ao dia. Ao avaliar diferentes fontes vegetais na alimentação de carpas capim (2 g), Xavier (2008) obteve a melhor taxa de crescimento específico para os tratamentos contendo grama-bermudas (*Cynodon dactylum*) e capim-da-roça (*Paspalum urvillei*), TCE igual a 0,95 e 0,88%, respectivamente. Já o tratamento contendo capim-marinho (*Spartina alterniflora*) obteve 0,66%, indicando que o capim elefante (*Pennisetum purpureum*) obteve taxa de crescimento específico igual a 0,55%, valor inferior a todos os outros tratamentos observados no referido experimento. De modo geral os valores encontrados foram inferiores aos obtidos para a espécie, ainda que em

experimentos nos quais foram ofertadas macrófitas aquáticas. Esses experimentos, apresentaram melhor índice produtivo que o desenvolvido no presente trabalho.

Em experimento com carpas capim (55 g), alimentadas com diferentes macrófitas aquáticas e estocados em caixas de fibra, observou-se reduzidas taxas de crescimento. No momento em que os peixes foram transferidos para viveiros escavados foram atingidos índices de 0,65% ao dia. Posteriormente Pucher et al. (2015) reportaram aumento significativo na taxa de crescimento específico em carpas capim submetidas ao sistema de cultivo semi-intensivo em viveiros escavados, quando os peixes consumiram livremente o suplemento alimentar baseado em fontes vegetais. Aparentemente o tratamento controle cujo os animais foram alimentados exclusivamente com ração comercial, apresentou melhor TCE devido ao elevado teor proteico e digestibilidade de nutrientes da formulação comercial. Também foi evidente que os tratamentos contendo suplementação com alfafa e capim elefante foram estatisticamente similares ao tratamento controle, evidenciando desta maneira o potencial destas forragens para a suplementação de dietas para carpas capim. Além disso, a escolha de determinada forragem pelas carpas capim está relacionado com a palatabilidade das fontes vegetais, pois foi observada no momento da oferta de alimento, uma predileção dos peixes pela suplementação de alfafa.

3.3.2.6 Peso relativo do trato gastrintestinal e corpo

O peso dos órgãos que compõe o sistema digestório dos peixes sofre mudanças em diferentes escalas, de acordo com o nicho ecológico que ocupam, fisiologia e hábitos de alimentação espécie. Shimeno et al. (1993), reportaram que a inclusão diária do suplemento nutricional oligossacarídeo isomalto, aumentou as taxas de crescimento e a eficiência na conversão alimentar, além de aumentar o peso dos órgãos viscerais, no peixe marinho pescada-amarela japonesa (*Seriola quinqueradiata*). O aumento do peso dos órgãos que compõe o sistema digestório desses animais, pode ser um indicativo de que as alterações morfológicas do trato

gastrointestinal, estão associadas ao aumento da produção de ácidos graxos voláteis (AGV) nestes ambientes. Especialmente em espécies de peixes com tendência a herbivoria, a produção dos AGV relaciona-se com os dos processos fermentativos realizados pela biossíntese bacteriana (Kihara e Sakata, 2002).

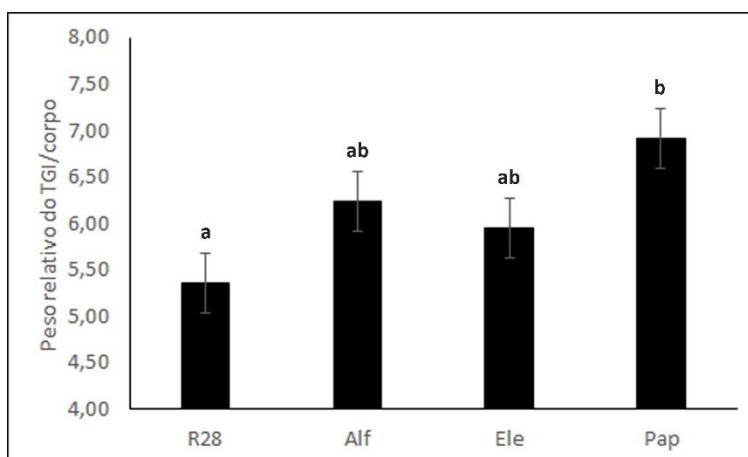


Figura 11. Valores médios de peso relativo dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

Os dados de peso relativo indicam que o tratamento controle (R28) obteve a menor relação nesta variável estudada. Sequencialmente, os tratamentos suplementados com alfafa e capim elefante obtiveram peso relativo próximo. Por fim o tratamento contendo capim papuã obteve a maior relação entre peso do TGI e o peso corporal dos animais.

Os valores encontrados neste trabalho foram inferiores, quando comparados aos encontrados por Costa et al. (2008), que em experimento conduzido com carpas capim (20 g), obtiveram peso relativo de 0,7 para peixes alimentados com capim teosinto (*Euchlaena mexicana*) e alimentados diariamente com 3% de ração comercial. Já no caso de animais mais jovens obteve-se índice próximo, conforme o descrito por He et al. (2013), que ao avaliarem o efeito de dietas baseadas em fontes animais e vegetais, concluíram que carpas capim (2 g) alimentadas com dieta baseada na fonte vegetal lemnosa, apresentaram maior

relação peso do trato gastrintestinal/corpo com valor igual a 7,92, quando comparados aos animais alimentadas com larvas de chiromonidae com 6,83.

O processamento e tamanho da partícula da dieta influenciam a taxa de esvaziamento estomacal e o crescimento dos peixes. Os resultados estão de acordo com o descrito em experimentos prévios, no presente estudo o peso relativo obtido foi predominante nas dietas suplementada com vegetais (Kihara, 2009). Isso pode ser atribuído ao percentual de fibras presentes nestas dietas, que tendem a possuir reduzido tempo de degradação e assimilação dos nutrientes. Aparentemente quanto maior a proporção de material vegetal ofertado para essa espécie, mais elevado será o índice de peso relativo que irão apresentar estes peixes, quando comparados a indivíduos alimentados com formulações contendo ingredientes provenientes de resíduo animal.

3.3.2.7 Comprimento relativo do trato gastrintestinal e corpo

A busca pela utilização de ingredientes alternativos, também é alusiva a própria morfologia dos animais de produção. Stroband (1977) relaciona um possível aumento do comprimento do trato gastrintestinal, quando os peixes são alimentados exclusivamente com ingredientes fibrosos. É como se as mudanças morfológicas no intestino fossem em partes relacionadas a um aumento da produção microbiana de ácidos graxos voláteis.

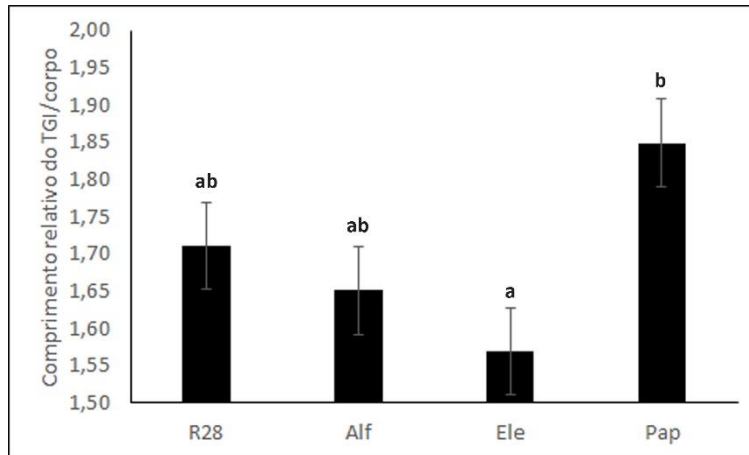


Figura 12. Valores médios de comprimento relativo dos tratamentos com juvenis de carpas capim alimentados com ração comercial e suplementados com três diferentes fontes vegetais. Legendas: ração comercial 28% PB (R28); alfafa (Alf), capim elefante (Ele) e capim papuã (Pap).

Dentre as dietas de suplementação utilizadas, a dieta contendo capim papuã (Pap) apresentou peixes com o maior tamanho de comprimento do gastrointestinal, quando comparado aos valores obtidos nos outros tratamentos. Já os tratamentos suplementados com ração comercial (R28) e alfafa (Alf) obtiveram índices de peso relativo similares. Por fim, a menor relação comprimento do trato gastrointestinal/corpo foi observada no tratamento suplementado com capim elefante.

Os valores obtidos para a relação comprimento corporal e trato gastrointestinal do presente experimento foram reduzidos no presente experimento. Ao analisarem diferentes metodologias para a alimentação de carpas capim (20 g), o grupo de Costa et al. (2008) forneceu para os peixes quatro dietas: apenas capim teosinto (*Euchlaena mexicana*); apenas ração comercial 28% PB; teosinto + ração comercial diariamente; teosinto + ração comercial a cada dois dias. A maior relação intestino-corporal foi encontrada no tratamento onde os peixes foram alimentados com teosinto e suplementados com ração comercial a cada dois dias, com taxa de 6,6%. Já para os demais tratamentos a relação intestino corporal foi de 5,4%. De acordo com o estudo conduzido por Camargo et al. (2011), ao ofertarem para carpas dietas

contendo apenas forragem teosinto (*Euchlaena mexicana*), apenas ração comercial contendo 30% PB e outras duas dietas mistas, com diferentes percentuais desses dois alimentos. Os animais alimentados exclusivamente com forragens apresentaram maior comprimento intestinal, quando comparados aos peixes dos demais tratamentos. Como é o caso do capim papuã, que apresentou teor de fibras mais elevadas, quando comparado aos outros alimentos ofertados.

Em contradição ao usualmente descrito pela literatura, onde a carpa capim apresenta melhor desempenho produtivo com dietas vegetais suplementados com ração, no experimento de Ribeiro et al. (2015), o tratamento onde foram ofertadas apenas as forragens milho (*Pennisetum americanum*) e azevém (*Lolium multiflorum*) de maneira alternada, apresentou os melhores índices de desempenho produtivo, além de maior relação comprimento do trato com relação ao corpo. De uma maneira geral, a qualidade da água, além da palatabilidade do alimento podem influenciar o tempo de passagem do alimento pelo trato digestório dos peixes, alterando desta maneira a plasticidade deste órgão (Li et al., 2009).

3.3.3 Avaliação da capacidade fermentativa

Existem alguns fatores que podem contribuir com as taxas de fermentação observadas em estudos relacionados com a microbiota do trato gastrintestinal de peixes. A diluição dos microrganismos utilizados no inóculo e o meio de cultivo utilizados são de extrema importância, pois pode dar margem ao desenvolvimento de determinadas espécies de bactérias em detrimento de outras. Além disso, a microbiota do trato gastrintestinal dos peixes, pode não se adaptar corretamente ao substrato ofertado, produzindo diferentes níveis de fermentação. Através do experimento previamente descrito, foi demonstrado que as bactérias presentes no intestino de carpas capim, são capazes de utilizar materiais vegetais como substrato, ao menos em procedimentos *in vitro*.

O tempo de observação da fermentação e a temperatura de incubação são variáveis de acordo com a espécie utilizada, sendo que os procedimentos de

fermentação do presente experimento tiveram duração total de 48 h e temperatura de 26 °C. Devido à necessidade da realização de procedimentos experimentais em duplicata, foram utilizados apenas os inóculos das dietas controle (R28) e dos tratamentos suplementados com alfafa (Alf) e capim elefante (Ele). O tratamento contendo papuã (Pap) não teve inóculos coletados.

Tabela 6. Valores de pH, produção de gás e N-NH³ para a fermentação de inóculos baseados no conteúdo do TGI de juvenis de carpa capim e diferentes ingredientes, ração comercial 28% PB (R28), alfafa (Alf) e capim elefante (Cel). Incubados sob temperatura de 26 °C e com leituras realizadas nos tempos 0, 6, 12, 24 e 48 h.

Tratamento	Tempos de incubação					Média
	0	6	12	24	48	
pH						
R28	6,55 ^b	6,56 ^b	6,24 ^{ab}	5,39 ^a	5,54 ^{ab}	6,1
Alf	6,56 ^b	6,52 ^b	6,31 ^{ab}	6,10 ^a	6,21 ^{ab}	6,3
Ele	6,63 ^b	6,52 ^b	6,19 ^{ab}	6,06 ^a	6,31 ^{ab}	6,3
Produção de gás (mL)						
R28	0 ^a	0 ^a	2 ^{ab}	18 ^{ab}	7 ^b	5,4
Alf	0 ^a	0 ^a	9 ^{ab}	13 ^{ab}	8 ^b	6,2
Ele	0 ^a	4 ^a	12 ^{ab}	8 ^{ab}	4 ^b	5,5
Nitrogênio amoniacal (mg/mL)						
R28	1,7 ^a	2,1 ^a	3,3 ^{ab}	4,0 ^{bc}	4,8 ^c	3,2
Alf	2,5 ^a	3,0 ^a	3,9 ^{ab}	5,1 ^{bc}	6,4 ^c	4,2
Cel	2,5 ^a	2,8 ^a	3,6 ^{ab}	5,3 ^{bc}	8,5 ^c	4,5

3.3.3.1 Análise de pH

Os valores médios de pH obtidos nas fermentações realizadas utilizando três ingredientes (ração comercial 28% PB, alfafa e capim elefante), incubados sob a temperatura de 26 °C são apresentados a seguir (Fig. 13).

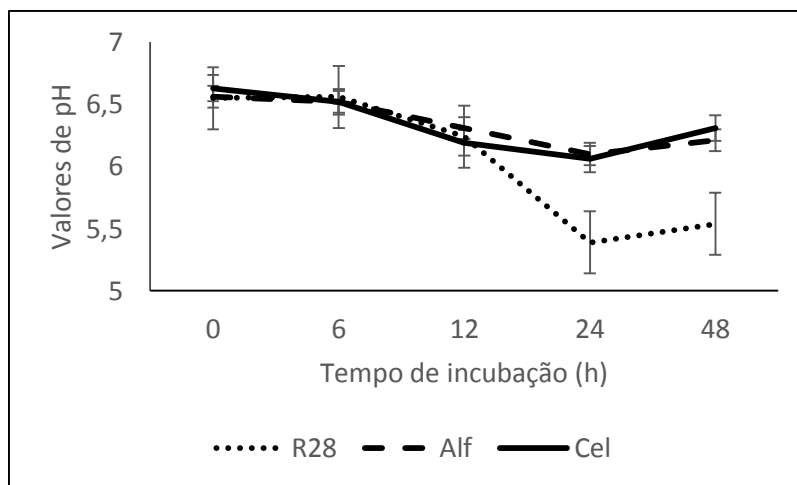


Figura 13. Variação de pH para a fermentação de inóculos baseados no conteúdo do v de juvenis de carpa capim e diferentes ingredientes, ração comercial 28% PB (R28), alfafa (Alf) e capim elefante (Cel). Incubados sob temperatura de 26 °C e com leituras realizadas nos tempos 0, 6, 12, 24 e 48 h.

Após a realização dos procedimentos de fermentação dos inóculos contendo ração comercial 28% PB, esta amostra obteve pH variando entre 5,3 e 6,5. Já para o tratamento contendo alfafa, o pH oscilou entre 6,1 e 6,5. Por fim, o pH da amostra contendo capim elefante obteve valores de pH médio entre 6,0 e 6,6. A análise de pH inicial do conteúdo do trato gastrintestinal dos juvenis de carpa capim apresentou valores médios de 6,5. As análises estatísticas demonstraram que não houve diferença significativa para os valores de pH entre os tratamentos ($p > 0,05$). Porém houve diferença significativa entre os valores de pH de acordo com os tempos de incubação.

A partir desta estimativa, existe a possibilidade de que a microbiota intestinal com atividade celulolítica possa desenvolver-se neste ambiente. Os

valores mínimos de pH foram encontrados após 24 h de incubação, para todas as dietas testadas. Os resultados estão de acordo com Bonotto (2015) que realizou fermentação do conteúdo do TGI de adultos de carpas capim, com incubação realizada sob diferentes temperaturas 18 °C, 26 °C e 37 °C e com as seguintes fontes de carboidratos: feno de alfafa, glicose e fubá. A autora observou que entre o tempo 12 – 24 h houve redução do pH dos tratamentos contendo fubá e feno de alfafa.

Os mecanismos de fermentação do TGI de peixes ainda são pouco descritos. No entanto, estudos *in vitro* de ruminantes terrestres apontam que valores de pH inferiores a 6,0 tendem a diminuir a população bacteriana responsável pela degradação da celulose, reduzindo assim a contribuição alimentar proveniente dessa fibra microbiana (Arcuri et al., 2011). É possível afirmar que a utilização das fontes vegetais alfafa e capim elefante, como suplemento na alimentação de juvenis de carpa capim, não afetou os valores médios de pH intestinal dos peixes. Desta maneira, a microbiota presente no trato gastrointestinal não foi imunomodulada por mudanças bruscas no pH, permitindo que as atividades de proteção ao hospedeiro fossem desenvolvidas sem maiores implicações. É importante ressaltar que isso deve-se ao fato de que os animais foram alimentados com dietas vegetais combinadas com ração comercial, pois no momento da utilização exclusiva de fontes vegetais, foram relatadas alterações na composição da microbiota intestinal. Quando da alteração do pH intestinal, algumas bactérias conseguem adaptar-se a esta variação, enquanto outras acabam sendo digeridas pelas enzimas secretadas.

3.3.3.2 Análises da produção de gás

Estimar a produção de gás proveniente da fermentação é mais simples, quando comparada com a medição dos ácidos graxos voláteis. Além disso, é mais simples monitorar o tempo de produção e liberação de gás. Posteriormente, através de uma equação obtém-se uma constante e a partir deste cálculo o volume potencial de gás que pode ser produzido. Os valores médios da produção

de gás obtidos nas fermentações realizadas utilizando três ingredientes (ração comercial 28% PB, alfafa e capim elefante), incubados na sob a temperatura de 26 °C são apresentados a seguir (Fig. 14).

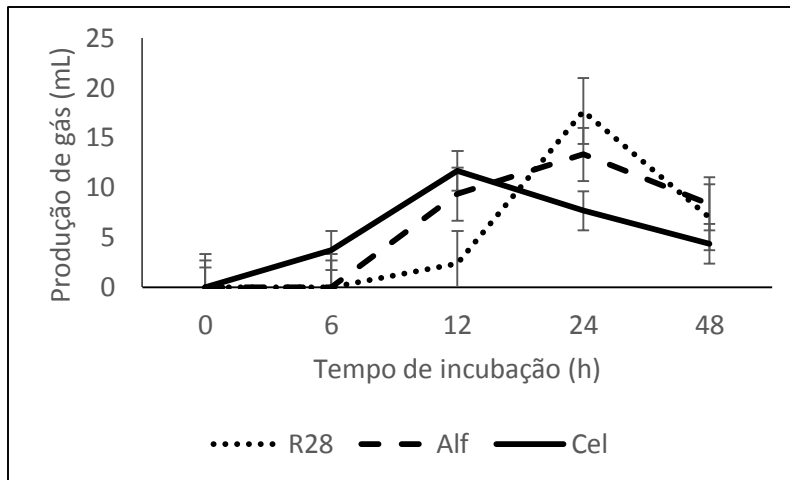


Figura 14. Variação de produção de gás para a fermentação de inóculos baseados no conteúdo do trato gastrointestinal de juvenis de carpa capim e diferentes ingredientes, ração comercial 28% PB (R28), alfafa (Alf) e capim elefante (Cel). Incubados sob temperatura de 26 °C e com leituras realizadas nos tempos 0, 6, 12, 24 e 48 h.

A maior produção de gás foi observada após o período de 24 h, nos inóculos provenientes dos animais alimentados apenas com ração comercial 28% PB. Neste mesmo intervalo de tempo, a produção de gás no tratamento alfafa atingiu seu ápice, já no tratamento contendo capim elefante a maior produção de gás foi observada após 12 h de incubação. Após 48 h de incubação, os valores de produção de gás foram próximos para ração comercial e alfafa. As análises estatísticas demonstraram que não houve diferença significativa para os valores de produção de gás entre os tratamentos ($p > 0,05$). Porém houve diferença significativa entre os valores de produção de gás de acordo com os tempos de incubação.

Em truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*), altas temperaturas de incubação estimularam a produção de gás *in vitro* durante a fermentação (Kihara e Sakata, 2001). Porém, deve-se ressaltar que a truta arco íris é um carnívoro de águas temperadas, com fisiologia e nutrição diferentes das encontradas para a carpa

capim. Se ocorre a presença de gás, isso deve-se ao fato de que há a presença de fermentação em alguma escala. A produção de gás está diretamente relacionada aos processos fermentativos da microbiota do TGI e ao alimento consumido pelo animal. Diante da capacidade da microbiota de degradar celulose e amido através de processos fermentativos, com produção de gás. Ao avaliarem a capacidade fermentativa de carpa comum (*Cyprinus carpio*) com conteúdo intestinal incubado a 25 °C por um período de 6 h com diferentes fontes de carboidratos, Kihara e Sakata (2002) obtiveram taxas de produção de gás de 0,075 e 0,073 mL para os tratamentos contendo oligossacarídeo de soja e rafinose, respectivamente. Os valores obtidos no presente experimento são superiores aos acima referenciados, muito devido à microbiota endógena do intestino das carpas capim.

As taxas de produção de gás estão associadas à produção de ácidos graxos voláteis nas reações *in vitro*. Quando da mensuração da produção dos gases e da quantidade dos produtos finais de fermentação, torna-se possível estimar a possível contribuição nutricional proveniente da microbiota fermentadora dos peixes. Os resultados demonstram que a carpa capim consegue utilizar as fontes vegetais alfafa e capim elefante como substrato para a fermentação microbiana, ao menos em fermentações *in vitro*.

3.3.3.3 Análises de nitrogênio amoniacal

Os valores médios de nitrogênio amoniacal obtidos nas fermentações realizadas utilizando três ingredientes (ração comercial 28% PB, alfafa e capim elefante), incubados na sob a temperatura de 26 °C são apresentados a seguir (Fig. 15).

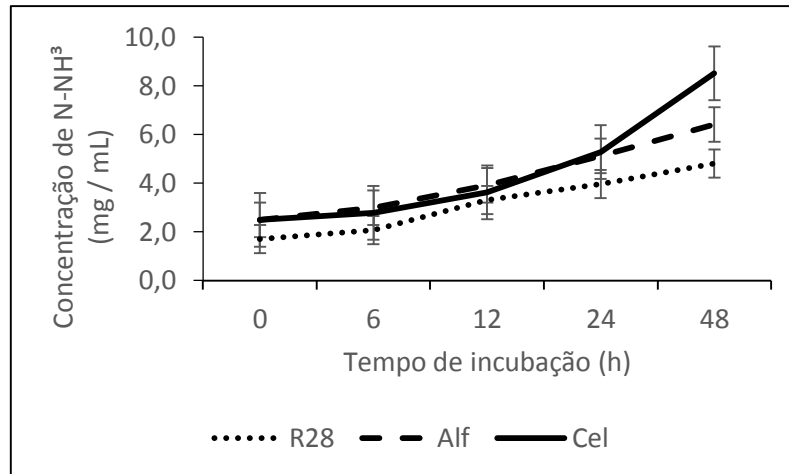


Figura 15. Variação de N-NH₃ em mg/mL para a fermentação de inóculos baseados no conteúdo do trato gastrointestinal de juvenis de carpa capim e diferentes ingredientes, ração comercial 28% PB (R28), alfafa (Alf) e capim elefante (Cel). Incubados sob temperatura de 26 °C e com leituras realizadas nos tempos 0, 6, 12, 24 e 48 h.

Os valores de nitrogênio amoniacal para o tratamento contendo ração comercial 28% PB iniciaram em 1,7 até atingirem 4,8 mg/mL. Para o tratamento contendo alfafa os valores encontrados foram entre 2,5 e 6,4 mg/mL. Já para o capim elefante foram obtidas as concentrações de 2,5 até 8,5 mg/mL. Foram encontradas diferenças significativas na concentração de nitrogênio amoniacal entre os tratamentos, além disso também foram encontradas diferenças significativas no período que compreendeu as diferentes horas de incubação. Tais resultados evidenciam que a microbiota intestinal da carpa capim possui a capacidade de degradação nas diferentes dietas analisadas. A presença do produto final da fermentação em forma de nitrogênio amoniacal comprova esta afirmação.

Ácidos graxos voláteis foram detectados no conteúdo intestinal de carpas comum (*Cyprinus carpio*), indicando que existe fermentação microbiana na luz do lúmen (Smith et al., 1996). Os resultados descritos no presente experimento, estão de acordo com os relatados por Leenhouders et al. (2008) quando realizaram fermentação *in vitro* com o conteúdo do TGI de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*). Os inóculos foram divididos em 4

tratamentos contendo amido de trigo, arabinoxilano (trigo sem polissacarídeo de amido), glicose e trigo integral com tempo de incubação total de 168 horas. É importante ressaltar que as espécies supracitadas diferem consideravelmente em habito alimentar, portanto é esperado que possuam diferentes capacidades de fermentação. Dentre os tratamentos apresentados, apenas o que continha glicose obteve resultados similares aos encontrados no presente trabalho, com valores de 4,6 e 3,28 mg/100 mL/peso para as espécies tilápia e robalo, respectivamente. Os elevados níveis de nitrogênio amoniacal usualmente estão relacionados com níveis elevados de fermentação, usualmente peixes cujo trato gastrintestinal é maior, possuem maior capacidade fermentativa. Isto está em desacordo com o encontrado no presente trabalho, pois o tratamento contendo apenas ração comercial atingiu os maiores índices de nitrogênio amoniacal, apesar do comprimento do trato gastrintestinal dos animais deste tratamento terem apresentado o menor tamanho.

3.4. CONCLUSÃO

O estágio de desenvolvimento das carpas capim é fator preponderante no aproveitamento de material vegetal pela espécie, sendo os juvenis claramente capazes de alimentarem-se das forragens alfafa, capim elefante e capim papuã. Muitas vezes o aumento de consumo pelos peixes, está relacionado com a compensação de nutrientes para suprir a demanda energética, por esta razão os animais tendem a consumir grande quantidade de material vegetal. Ainda que, este herbívoro possua a capacidade de consumir elevados percentuais de material vegetal, a substituição total de dieta comercial não é recomendada.

Os tratamentos suplementados com alfafa foram estatisticamente similares aos tratamentos controle, evidenciando desta maneira o potencial desta forragem para a suplementação de dietas para carpas capim. A utilização da forragem alfafa como suplementação proteica, pode ser recomendada em larga escala, pois a mesma possui teor adequado de proteína e reduzido teor de fibras. Já o capim elefante apesar de possuir teor proteico relativamente menor, apresentou relativa eficiência no ganho de peso dos animais suplementados com esta dieta. No entanto, o capim papuã não aparenta ser uma boa alternativa para a alimentação de juvenis de carpa capim, além de apresentar baixo teor de lipídios, fato que pode desencadear deficiências nutricionais nos peixes, principalmente em fases iniciais de desenvolvimento.

Através do experimento de fermentação de inóculos *in vitro*, foi avaliada a capacidade de alguns alimentos em modular o trato gastrintestinal, de acordo com a morfologia do animal hospedeiro. Existem evidências que este processo fermentativo está relacionado a microbiota endógena do animal. Com relação aos subprodutos da fermentação, as concentrações de nitrogênio amoniacal elevadas, aliadas a produção de gás, evidenciam que a microbiota intestinal da carpa capim, possui significativo potencial fermentativo em sistemas *in vitro*. Podendo os produtos destes processos fermentativos, contribuir com a nutrição do animal.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES GERAIS

Após a avaliação da performance das diferentes suplementações para os peixes, pode-se indicar a utilização da alfafa amplamente para a alimentação de carpa capim. A dieta combinada de capim elefante e ração comercial mostrou-se efetiva no desenvolvimento de juvenis de carpa capim, além de ter melhorado a conversão alimentar dos peixes. Dentre as suplementações utilizadas no experimento, não é recomendável a oferta de capim papuã, pois além desta forragem não apresentar desempenho produtivo adequado, aumenta o peso visceral dos animais.

A melhor compreensão a respeito da capacidade de degradação de fibra da microbiota endógena dos peixes, nos diferentes estádios de desenvolvimento de sua vida, pode gerar uma diminuição dos custos de produção e conseqüentemente trazer rentabilidade econômica ao cultivo da espécie. Vale ressaltar que, a utilização de ingredientes alternativos necessita muitas vezes que seja realizada uma comparação com tratamentos controle e da relação custo benefício, a fim de encontrar o nível de substituição adequado.

As implicações deste estudo na nutrição da aquicultura prática, está relacionada a futura demanda por uma maior inclusão dos níveis de ingredientes vegetais nas dietas para peixes, fato que levará a uma maior utilização de carboidratos fermentáveis nas dietas.

Aliado a isso, a observação do potencial fermentativo da microbiota do trato gastrintestinal de peixes em fermentar carboidratos, sugere que o nível de fermentação no intestino dos peixes irá aumentar em um futuro próximo. São necessários mais estudos que evidenciem o consumo de alimentos alternativos, densidade de estocagem e a demanda energética de carpas capim.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida EX, Maraschin G, Harthmann OEL, et al. Oferta de forragem de capim-elefante anão 'Mott' e o rendimento animal. R Bras Zootec. 2000; 5(29):1288-1295.

Anderson J, Capper BS, Bromage NR. Measurement and prediction of digestible energy values in feedstuffs for the herbivorous fish Tilapia (*Oreochromis niloticus* Linn.). Br J Nutr. 1991; 66:37-48.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg: AOAC. 18^a ed. 2005.

Arana LV. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Florianópolis: Editora da UFSC. 1997.

Arcuri PB, Lopes FF, Carneiro JC. Microbiologia do rúmem. Em: Berchielli TT, Pires AV, de Oliveira SG. Nutrição de ruminantes. 2^a ed. Jaboticabal: Prol. 2011; 115-147.

Azad IS, Gupta NK. Growth performance of advanced fry of grass carp fed on *Alternanthera* and *Azolla*. Indian J Hill Fmg. 1990; 3:61-63.

Baldisseroto B. Piscicultura continental no Rio Grande do Sul: situação atual, problemas e perspectivas para o futuro. Cie Rur. 2009; 1(39):291-299.

Bergman EN. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. Physiol Rev. 1990; 70:567-590.

Berry PY, Low MP. Comparative studies on some aspects of the morphology and histology of *Ctenopharyngodon idellus*, *Aristichthys nobilis*, and their hybrid (Cyprinidae). Copeia. 1970; 4:708-26.

Blanchart G, Durand M, Barry JL, et al. Intérêts et limites des fermenteurs à flux semi-continu de type Rusitec dans le l' étude des fermentations du rumen. Ann Zootech. 1989; 38:285-314.

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

Bonotto DR. Potencial fermentativo *in vitro* e caracterização molecular da microbiota fermentadora intestinal de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). [Dissertação de Mestrado]. São José dos Pinhais, PR: Pontifícia Universidade Católica do Paraná; 2015. 84p. Mestrado em Ciência Animal.

Brett JR, Groves TDD. Physiological energetics. Em: Fish Physiology. Academic Press, New York. 1979; 8:279-352.

Buddington RK, Krogdahl A, Bakke-Mckellep AM. The intestines of carnivorous fish: structure and functions and the relations with diet. Acta Physiol Scand Suppl. 1997; 638:67–80.

Cahill MM. Bacterial flora of fishes: a review. Micro Eco. 1990; 9:21-41.

Cai X, Luo L, Xue M, et al. Growth performance, body composition and phosphorus availability of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) as affected by diet processing and replacement of fishmeal by detoxified castor bean meal. Aquacult Nutr. 2005; 11:293-299.

Cai Z, Curtis LR. Effects of diet and temperature on food consumption, growth rate and tissue fatty acid composition of triploid grass carp. Aquaculture. 1990;88:313–327.

Camargo JB, Radünz Neto J, Emanuelli T, et al. Cultivo de alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentados com ração e forragens cultivadas. R Bras Agric. 2006; 2(12):211-215.

Carter CG, Hauler RC. Fish meal replacement by plant meals in extruded feeds for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. Aquaculture. 2000; 185:299–311.

Castagnolli N. Criação de peixes de água doce. Jaboticabal: Funep. 1992; 189p.

Catarino LF, Ferreira MT, Moreira IS. Preferences of grass carp for macrophytes in Iberian drainage channels. J Aquat Plant Manage. 1997; 36:79-83.

Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Peixes Continentais (CEPTA). Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade - ICMBIO. [acesso 19 ago. 2015]. Pirassununga; 2000. Disponível em: <<http://www4.icmbio.gov.br/cepta>>.

Cerva C. Avaliação do cultivo em gaiolas e do beneficiamento da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*). [Dissertação de Mestrado]. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 2003. 126p. Mestrado em Zootecnia.

Chaney AL e Marbach EP. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin Chem. 1962; 8: 130-132.

Chen YJ, Tian LX, Yang HJ, et al. Effect of protein and starch level in practical extruded diets on growth, feed utilization, body composition, and hepatic transaminases of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. J World Aquacult Soc. 2012; 43(2):187-197.

Chou R, Her B, Su M, et al. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture. 2004; 229:325–333.

Clements KD, Gleeson VP, Slaytor M. Short-chain fatty acid metabolism in temperate marine herbivorous fish. J Comp Physiol B. 1994; 164:372–377.

Clements KD, Choat JH. Fermentation in tropical marine herbivorous fishes. Physiol Zoo. 1995; 68:355–378.

Clements KD. Fermentation and gastrointestinal microorganisms in fishes. Em: Mackie et al. Gastrointestinal Microbiology – Gastrointestinal Ecosystems and Fermentations. Illinois: Springer. 1997; 156-198.

Coles LT, Moughan PJ, Darragh AJ. In vitro digestion and fermentation methods, including gas production techniques, as applied to nutritive evaluation of foods in the hindgut of humans and other simple-stomached animals. Anim Feed Sci Tech. 2005; 123–124:421–444.

Costa ML, Radünz Neto J, Lazzari R, et al. Juvenis de carpa capim alimentados com capim teosinto e suplementados com diferentes taxas de arraçoamento. Cie Rur. 2008; 2(38): 492-497.

Costa ML, Radünz Neto J, Lazzari R, et al. Enzimas digestivas de juvenis de carpa capim alimentados com forragem e ração. Arch Zootec. 2011; 60(231):563-570.

Costenaro-Ferreira C, Silva LP, Della-Flora ML, et al. Farelo de arroz desengordurado com baixo teor de ácido fítico na alimentação da carpa capim. Arch Zootec. 2013; 62:1-8.

Cowey CB, Sargent JR. Nutrition. Em: Hoar WS, Randall DJ, Brett JR. Fish Physiology. New York: Academic Press. 1979; (3):1-69.

Cross DG. Aquatic weed control using grass carp. J Fish Biol. 1969; 1:27-30.

Cudmore B, Mandrak NE. Biological synopsis of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Can MS Rpt Fish Aquat Sci. 2004; 2705:1-44.

Cummings JH. Production and metabolism of shortchain fatty acids in humans. Em: Roche AF. Short-Chain Fatty Acids: Metabolism and Clinical Importance, Report of the Tenth ROSS Conference on Medical Research. Ross Laboratories. Columbus, EUA. 1991. 11–17p.

Cyrino JP, Urbinati EC, Fracalossi DM, et al. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva: Sociedade brasileira de aquicultura e biologia aquática. São Paulo: TecArt. 2004; 533p.

Dabrowski K. Protein requirement of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). Aquaculture. 1977; 12:63–73.

Das KM, Tripathi SD. Studies on the digestive enzymes of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.). Aquaculture. 1991; 92:21-32.

Davies ZS, Mason D, Brooks AE, et al. An automated system for measuring gas production from forages inoculated with rumen fluid and its use in determining the effect of enzymes on grass silage. Anim Feed Sci Tech. 2000; 83:205–221.

Derksen J. Control of grass carp in Alberta. Bull Aquac Assoc Can. 2006; 106(1):82-87.

Desai AR, Links MG, Collins SA, et al. Effects of plantbased diets on the distal gut microbiome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 2012; 350-3:134–142.

Devaraj KV, Keshavappa GY, Manissery JK. Growth of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* Val., fed on two terrestrial fodder plants. Aquacult Fish Manage. 1986; 17:123-128.

De Silva SS, Weerakoon DEM. Growth, food intake and evacuation rates of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* fry. Aquaculture. 1981; 25:67–76.

Dongmeza E, Steinbronn S, Francis G, et al. Investigations on the nutrient and antinutrient content of typical plants used as fish feed in small scale aquaculture in the mountainous regions of Northern Vietnam. Anim Feed Sci Tech. 2009; 149:162-178.

Dongmeza E, Francis G, Steinbronn S, et al. Investigations on the digestibility and metabolizability of the major nutrients and energy of maize leaves and barnyard grass in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquacult Nutr. 2010; 16:313-326.

Du ZY, Liu YJ, Tian LX, et al. Effect of dietary lipid level on growth, feed utilization and body composition by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Aquacult Nutr.* 2005; 11:139-146.

Du ZY, Tian LX, Liang GY, et al. The intestinal evacuation and maximum daily consumption of purified formulated diets by juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Open Fish Sci J.* 2009; 2:1-5.

El-Saidy DD, Gaber MA. Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets. *Aquac Res.* 2003; 34:1119–1127.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Instrução técnica para o produtor de leite: estabelecimento e manejo da alfafa. Embrapa Gado de Leite. 2ª ed. 2006; 8:1-2.

Evans JJ, Pasnik DJ, Peres H, et al. No apparent differences in intestinal histology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed heat-treated and non-heat-treated raw soybean meal. *Aquac Nutr.* 2005; 11:123–129.

Farhangi M, Carter CG. Growth, physiological and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different dietary inclusion levels of dehulled lupin (*Lupinus angustifolius*). *Aquac Res.* 2001; 32:329–340.

Filizadeh Y, Ahmadi H, Zolfin. The feeding preferences of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* Val.) for ten aquatic plants. Em: Proceedings of The Fourth International Iran & Russia Conference. 2007; 1447- 1451.

Food and Agriculture Organization (FAO). Fisheries and Aquaculture Department. Statistics and Information Branch. FishStatJ – software for fishery statistical time series. Global workspace: Aquaculture Production (Quantities and values) 1950-2013, Fisheries Commodities Production and Trade 1976-2011. Version 2.12.2. 2012.

Food and Agriculture Organization (FAO). The state of world fisheries and aquaculture (SOFIA) 2014. Rome: Fisheries and Aquaculture Department of Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2014.

Francis G, Makkar H, Becker K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture.* 2001; 3(199):197-227.

Ganguly S, Prasad A. Microflora in fish digestive tract plays significant role in digestion and metabolism. *Rev in Fish Biol and Fisher.* 2012; 22:11-16.

Gao W, Liu YJ, Tian LX. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratios on growth performance, body composition, nutrient utilization and hepatic enzymes activities of herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). 2010; 16:327-333.

George TT. The chinese grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), its biology, introduction, control of aquatic macrophytes and breeding in the Sudan. *Aquaculture*. 1982; 27:317-327.

George TT. The grass carp and tilapias as biological control agents and their role in aquaculture for food security. Em: Proceedings of the Canadian Freshwater Symposium - Aquaculture Canada. 2007; 13:26-29.

German DP, Nagle BC, Villeda JM, et al. Evolution of herbivory in a carnivorous clade of minnows (Teleostei: Cyprinidae): effects on gut size and digestive physiology. *Phys and Bioch Zoo*. 2010; 1(83):1-18.

Goering HK, Van Soest PJ. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agricultural Research Handbook*. Washington. Agricultural Research Service, 1970.

Golterman HL, Clymo RS, Ohnstad MM. Methods for physical and chemical analysis of fresh water. Oxford: Blackwell Scientific. 1978; 214p.

Gomes EF, Rema P, Kaushik SJ. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*. 1995; 130:177-186.

Graeff A, Tomazelli A. Desenvolvimento da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentadas com rações completas peletizadas a base de papuã (*Brachiaria plantaginea*) e alfafa (*Medicago sativa*). IV Congresso Iberoamericano Virtual de Acuicultura (CIVA). 2006; 62-69

Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP) – IMO/FAO/UNESCO-IOCQWMO/WHO/IAEA/UM/UNEP. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. Rep. Stud. GESAMP. 2001; 68:60.

Hajra A, Tripathi SD, Nath D, et al. Comparative digestibility of dietary plant fibre in grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val). *Proc Nat Acad Sci India*. 1987; 57(B):232-236.

Hall CB. Piscicultura: Criação em Tanques. Fisheries Research Station, Areaford, Hants. 1949; 4.

Hansen AC, Rosenlund G, Karlsen O, et al. The inclusion of plant protein in cod diets, its effects on macronutrient digestibility, gut and liver histology and heat shock protein transcription. *Aquac Res*. 2006; 37:773-784.

Hardy RW. Diet preparation. Em: Fish Nutrition. Halver JE. Academic Press, San Diego, EUA. 1989. 475-548p.

Hardy RW. New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. Em: Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mérida, Mexico. 2000; 216–226.

Hardy RW. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquac Res. 2010; 41:770-776.

Horvath L, Tomás G, Seagrave J. Carp and pond fish culture: Fishing News Books. London: Blackwell. 1992; 158p.

Hoshi S, Sakata T, Mikuni K, et al. Galactosylsucrose and xylosylfructoside alter digestive tract size and concentrations of cecal organic acids in rats fed diets containing cholesterol and cholic acid. J Nutr. 1994; 124:52–60.

Huisman EA, Valentyn P. Conversion efficiencies in grass carp *Ctenopharyngodon idella* Val. using a feed for commercial production. Aquaculture. 1981; 22:179-188.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Pesquisa Pecuária Municipal. Tabela 3940 – Produção da aquicultura, por tipo de produto. [acesso 19 ago. 2015]. Rio de Janeiro; 2013. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/ppm/default.asp?o=27&i=P>>.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Estatísticas da pesca 2006. Brasil: grandes regiões e unidades da federação. Brasília, IBAMA. 2008.

Kandel JS, Horn MH, Van Antwerp W. Volatile fatty acids in the hindguts of herbivorous fishes from temperate and tropical marine waters. J Fish Biol. 1994; 45:527–529.

Khan MA, Jafri AK, CHADA NK. Growth, reproductive performance, muscle and egg composition in grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes), fed hydrilla or formulated diets with varying protein levels. Aquacult Res. 2004; 13(35):1277-1285.

Kihara M. Production of short-acid fatty acids from dietary lactosucrose in the hindgut and its effects on digestive organs of a marine teleost, Red Sea Bream *Pagrus major*. Aquacult Sci. 2008; 56(3):327-333.

Kihara M, Sakata T. Fermentation of dietary carbohydrates to short-chain fatty acids by gut microbes and its influence on intestinal morphology of a detritivorous teleost tilapia (*Oreochromis niloticus*). J Comp Physiol A. 1997; 118:1201–1207.

Kihara M, Sakata T. Production of short-chain fatty acids and gas from various oligosaccharides by gut microbes of carp (*Cyprinus carpio* L.) in micro-scale batch culture. *Comp Biochem Physiol A*. 132(200):333-340.

Krogdahl A, Bakke-McKellep AM, Baeverfjord G. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquacult Nutr*. 2003; 9:361-371.

Kubitza F, Lovshin LL, Ono EA, et al. Planejamento da produção de peixes. 3a ed. Jundiaí: Acquaimagem. 1999; 77p.

Law AT. Digestibility of napier grass (*Pennisetum purpureum*) in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *Pertanika*. 1978; 1(1):51-54.

Law AT. Digestibility of low cost-cost ingredients in pelleted feed by grass carp (*Ctenopharyngodon idella* C et V). *Aquaculture*. 1986; 51:97-103.

Leenhouwers JI, Pellikaan WF, Huizing HA, et al. Fermentability of carbohydrates in an in vitro batch culture method using inocula from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquacult Nutr*. 2008; 14: 523-532.

Llanes J, Toledo J. Productive behavior of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) including high levels of soybean meal in the diet. *Cuban J Agr Sci*. 2011; 2(45):183-186.

Li H, Zheng Z, Xie C, et al. Isolation of cellulose – producing microbes from the intestine of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Environ Biol Fish*. 2009; 86:131-135.

Liao X, Lin D, Mao Y, et al. Experiments on enzymatic fiber pellets used as fish feed and protein requirements of grass carp (*Ctenopharyngodon idella* C. et V.). *J Fish China*. 1980; 4:217.

Lima-Júnior SE, Cardone IB, Goitein R. Determination of a method for calculation of allometric condition factor of fish. *Acta Sci Bio Sci*. 2002; 2(24):397-400.

Lindsey GJH, Harris JE. Carboxymethylcellulase activity in the digestive tracts of fish. *J Fish Biol*. 1980; 16:219–233.

Liu ZY, Wang Z, Xu SY, et al. Partial characterization and activity distribution of proteases along the intestine of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) *Aquacult Nutr*. 2008; 14:31-39.

Lorenzi H. Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. Nove Odessa: Plantarum. 2ed. 1991.

Lovell RT. Nutrition and feeding of fish. New York: Van Nstrand-Reinhold. 1989.

Luczkovich JJ, Stellwag EJ. Isolation of cellulolytic microbes from the intestinal tract of the pinfish, *Lagodon rhomboides*: size-related changes in diet and microbial abundance. *Mar Biol.* 1993; 116:381–388.

Lynch WE. Using grass carp to control aquatic plants. Em: Fact Sheet: Agriculture and Natural Resources – The Ohio State University. 2009; 1-4.

Mac Farland LV. Normal flora: diversity and functions. *Microb Eco in Health Dis.* 2000; 12:193-207.

Majhi SK, Das A, Mandal BK. Growth Performance and Production of Organically Cultured Grass Carp *Ctenopharyngodon idella* (Val.) Under Mid-Hill Conditions of Meghalaya North Eastern India. *Turk J Fish Aquat Sci.* 2006; 6:105-108.

Makinouchi S. Criação da carpa capim em água parada. *Informe Agropecuário.* 1980; 67(6):30-47.

Mao Y, Cai F, Lin D. Studies on the daily requirements of protein, carbohydrates, fat, minerals and fiber of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella* C. et V.). *Transactions of the Chinese Ichthyology Society.* 1985; 4:81.

Marques NR, Hayashi C, Souza SR, et al. Efeito de diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) em condições experimentais. *Bol Inst Pesca.* 2004; 30(1):51-56.

Marques NR, Hayashi C, Galdioli EM, et al. Frequência de alimentação diária para alevinos de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*, V.). *Bol Inst Pesca.* 2008; 34(2):311-317.

McDougall EI. Studies on ruminant saliva 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochem J.* 1948; 43: 99-109.

Merrifield DL, Dimitroglou A, Bradley G, et al. Probiotic applications for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) I. Effects on growth performance, feed utilization, intestinal microbiota and related health criteria. *Aquac Nutr.* 2010; 16:504–510.

Mgbenka BO, Lovell RT. Intensive feeding of grass carp in ponds. *Prog Fish Cult.* 1986; 48:238-241.

Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA). Caderno consolidação dos dados estatísticos: estatísticas 2010 e 2011. 2010; 6.

Mukhopadhyay PK, Kaushik SJ. Nutritional requirements of the Indian major carps. International Aquafeed Directory and Buyers Guide. Hertfordshire: Turret Group. 2001; 1:28-32.

Murphy JE, Beckmen KB, Johnson JK, et al. Toxic and Feeding deterrent effects of native aquatic macrophytes on exotic grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Ecotoxicology. 2002; 11:243-254.

Naiak S. Review article: Role of gastrointestinal microbiota in fish. Aqua Res. 2010; 41:1553-1573.

Nekoubin H, Sudagar M. Effect of Formulate and Plant Diets on Growth Performance and Survival Rate of Juvenile Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). W J Fish & Marine Sci. 2012; 4(4):386-389.

Nekoubin H, Sudagar M. Effect of diferente types of plants (*Lemna* sp., *Azolla filiculoides* and Alfalfa) and artificial diet (whit two protein levels) on growth performance, survival rate, biochemical parameters and body composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). J Aqua Res and Develop. 2013; 4(2).

Nekoubin H, Hatefi S, Asgharimoghadam A, et al. Influence of Different Feeding Rate on Growth Performance and Survival Rate of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*). W J Fish & Marine Sci. 2012; 4(5):517-520.

NRC National Research Council. Nutrient requirements of fish and shrimp. The National Academies Press, Washington. 2011.

Olvera-Novoa MA, Campos GS, Sabido MG, et al. The use of alfafa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilápia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture. 1990; 90:291-302.

Opuszynski K. Use of phytophagous fish to control aquatic plants. Aquaculture. 1972; 1:61–74.

Opuszynski K, Shireman JV. Herbivorous Fishes, Culture and use for Weed Management. Boca Raton: CRC Press. 1995; 223p.

Osborne JA, Riddle RD. Feeding and growth rates for triploid grass carp as influenced by size and water temperature. J Fresh Ecol. 1999; 14:41–45.

Ostrensky A, Borghetti JR, Soto D. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. 1ª edição. Brasília: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO); 2008.

Patra BC, Maity J, Debnath J, et al. Making aquatic weeds useful II: *Nymphoides cristatum* (Roxb.) O. Kuntze as feed for an Indian major carp *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquacult Nutr.* 2002; 8:33–42.

Pavanelli GC, Eiras JC, Takemoto RM. Doenças de Peixes: Profilaxia, Diagnóstico e Tratamento. EDUEM: CNPQ – Nupélia/Maringá. 1998; 264.

Pine RT, Anderson LWJ. Plant preference of triploid grass carp. *J Aquat Plant Manage.* 1991; 29:80-82.

Pipalova I. Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) grazing on duckweed (*Spirodela polyrhiza*). *Aquacult Int.* 2003; 11:325-336.

Prejs A, Blaszczyk M. Relationships between food and cellulase activity in freshwater fishes. *J Fish Biol.* 1977; 11:447–452.

Pucher J, Gut T, Mayrhofer R, et al. Pesticide contaminated feeds in integrated grass carp aquaculture: toxicology and bioaccumulation. *Dis Aquat Org.* 2014; 108:137–147.

Pucher J, Mayrhofer R, El-Matbouli M, et al. Pond management strategies for small-scale aquaculture in northern Vietnam: fish production and economic performance. *Aquacult Int.* 2015; 23:297-314.

Rabanal HR. History of aquaculture. ASEAND/UNDO/FAO Regional small-scale coastal fisheries development project. Manila, Philippines. 1988.

Raibley PT, Blodgett D, Sparks RE. Evidence of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) reproduction in the Illinois and Upper Mississippi Rivers. *J Fresh Ecol.* 1995; 10:65-74.

Ratz HJ, Loret J. Variation in fish condition between atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks the effect on their productivity and management implications. *Fish Res.* 2003; 60:369-380.

Ray AK, Ghosh K, Ringo E. Enzyme-producing bacteria isolated from fish gut: a review. *Aquacult Nutr.* 2012; 18:465–492.

Ribeiro MO, Werle S, Scharnoski EM, et al. A relação peso-comprimento e fator de condição para carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) submetida a diferentes dietas. *Rev Agro Amb.* 2015; 2(8):303-315.

Rimmer DW, Wiebe WJ. Fermentative microbial digestion in herbivorous fishes. *J Fish Biol.* 1987; 31:229–236.

Rumsey GL, Siwicki AK, Anderson DP, et al. Effect of soybean protein on serological response, non-specific defense mechanisms, growth, and protein utilization in rainbow trout. *Vet Immunol Immunop.* 1994; 41:323-339.

Saha AK, Ray AK. Cellulase activity in rohu fingerlings. *Aquacult Int.* 1998; 6:281–291.

Saha S, Roy RN, Sen SK, et al. Characterization of cellulase-producing bacteria from the digestive tract of tilapia, *Oreochromis mossambica* (Peters) and grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes). *Aquacult Res.* 2006; 37:380–388.

Sakata T, Yuki T. Diagnostic media for differentiation of *Plesiomonas* from intestinal microflora of freshwater fish. *Bull Jpn Soc Sci Fish.* 1992; 58(5):977-979.

Santigosa E, Garcia-Meilan I, Valentin JM, et al. Modifications of intestinal nutrient absorption in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources in sea bream (*Sparus aurata*) and rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*). *Aquaculture.* 2011; 317:146–154.

Schonbee HJ. Biological control of fennel-leaved pondweed, *Potamogeton pectinatus* (*Potamogetonaceae*), in South Africa. *Agric Ecosyst Environ.* 1991; , 37:231-237.

Shaha CD, Kundu SR, Hasan N. Production of organic grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) using napier grass, *Pennisetum purpureum*. *J Fish.* 2015; 2(1):233-238.

Shelton WI, Smitherman RO, Jensen GL. Density-related growth of grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Val.) in managed small impoundments in Alabama. *J Fish Biol.* 1981; 18:45-51.

Shimeno S, Mima T, Kawabata T, et al. Inclusion of oligosaccharide in soybean meal diet for fingerling yellowtail. *Suisan Zoshoku Aquacult Sci.* 1993; 41:423–427.

Shireman JV, Colle DE, Rottmann RW. Growth of grass carp fed natural and prepared diets under intensive culture. *J Fish Biol.* 1978; 12:457-463.

Shireman JV, Smith CR. Synopsis of biological data on the grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *FAO Fisheries Synopsis - FAO, Rome.* 1983; 135:94p.

Shrestha MK, Yadav CNR. Feeding of napier (*Pennisetum purpureum*) to grass carp in polyculture: asustainable fish culture practice for small farmers. *Asian Fish Sci.* 1998; 11:287–294.

Sibbing FA. Food processing by mastication in fish. Em: Vincent, J.F.V., Lillford, P.J. (Eds.), Feeding and the Texture of Food. Society of Experiments in Biology Seminar Series. Cambridge University Press, Cambridge. 1991; 33:57-92.

Silva AF. Preferência alimentar e eficiência da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) no controle de macrófitas aquáticas em mesocosmos. [Dissertação de Mestrado]. Jaboticabal, SP: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias; 2014. 56p. Mestrado em Agronomia.

Smith LS. Digestive functions in teleost fishes. Em: Halver, J.E. (Ed.), Fish Nutrition. Academic Press, London. 1989; 2:593.

Smith TB, Wahl DH, Mackie RI. Volatile fatty acids and anaerobic fermentation in temperate piscivorous and omnivorous freshwater fish. J Fish Biol. 1996; 48:829–841.

Soderberg RW. Flowing water fish culture. Boca Raton: Lewis Publishers. 1995; 147p.

Souza SG, Oliveira D, Santos CV, et al. Desempenho e conversão alimentar de juvenis de carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) alimentadas com *Azolla filiculoides* e ração com baixo teor lipídico. Semina Ciênc Agrar, Londrina. 2008; 2(29):459-464.

Sperandio LM. Manejo nutricional e alimentar para peixes em tanque rede. Abrapesq, Brasil. 2011.

Sponchiado M, Schwarzbald A, Rotta M. Desempenho da carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) tendo como alimento a grama boiadeira (*Luziola peruviana*). Bol Inst de Pesca, São Paulo. 2009; 35:295-305.

Steinbronn S. A case study: Fish production in the integrated farming system of The Black Thai in Yen Chau District (Son La Province) in mountainous north-western Vietnam - current state and potential. [Tese de Doutorado]. Mannheim, Alemanha: Universitat Hohenheim; 2009. 234p. PhD em Agricultural Sciences.

Steffens W. Principles of fish nutrition. Chichester, Ellis Harwood. England. 1989.

Stevens CE, Hume ID. Comparative physiology of the vertebrate digestive system. Cambridge, University Press. 2004.

Stott B, Orr LD. Estimating the amount of aquatic weed consumed by grass carp. Prog Fish Cult. 1970; 32(1):51-54.

Stroband HJ. Growth and diet dependant structural adaptations of the digestive tract in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). J Fish Biol. 1977; 11:167-174.

Suresh VR, Mandal BK. Growth and feed utilization of grass carp fingerlings. Indian J Fish. 2002; 49(2):155-160.

Sutton DL, Vandiver Jr VV, Hill JE. Grass carp: a fish for biological management of *Hydrilla* and other aquatic weeds in Florida - Bulletin, 867. Gainesville: University of Florida. 1986; 6p.

Tacon AJ, Metian M. Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: trends and future prospects. Aquaculture. 2008; 285:146-158.

Tan YT. Composition and nutrition value of some grasses, plants and aquatic weeds tested as diets. J Fish Biol. 1970; 2(3):253–257.

Takeuchi T, Watanabe K, Yong W, et al. Essential Fatty Acids of Grass Carp *Ctenopharyngodon idella*. Nippon Suisan Gakk. 1991; 57(3):467-473.

Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, et al. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. Anim Feed Sci Tech. 1994; 48:185–197.

Tian LX, Liu YJ, Hung SS. Utilization of glucose and cornstarch by juveniles grass carp. N Am J Aquaculture. 2004; 66:141-145. 20:283-293.

Tian LX, Liu YJ, Yang HJ, et al. Effects of different dietary wheat starch levels on growth, feed efficiency and digestibility in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquacult Int. 2012;

Tomas-Vidal A, Martinez-Llorens S, Jambrina C, et al. Effects of dietary soybean meal on growth, nutritive efficiency and body composition of cultured tench (*Tinca tinca*). J Appl Ichthyol. 2011; 27:892–896.

Uran PA, Goncalves AA, Taverne-Thiele JJ. Soybean meal induces intestinal inflammation in common carp (*Cyprinus carpio* L.). Fish Shellfish Immunol. 2008; 25:751–760.

Urban E, Fischer Z. Comparison of bioenergetic transformations in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in two age classes, under different feeding conditions. Proc 2nd Int Symp Herb Fish, Novi Sad. 1982; 111-120.

Van PT, Khoa LV, Lua DT, et al. The impacts of red spot disease on small-scale aquaculture in Northern Vietnam. Em: Arthur JR, Phillips MJ, Subasinghe RP, et al (eds). Primary aquatic animal health care in rural, small-scale aquaculture development. FAO Fisheries technical paper, Rome. 2002; 406:165–176.

Van Dyke JM, Sutton DL. Digestion of duckweed (*Lemna* spp.) by the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). J of Fish Biol. 1977; 11:273-278.

Veiverberg CA, Radunz Neto J, Emanuelli T. Alimentação de juvenis de carpa capim com dietas à base de farelos vegetais e forragem. Acta Sci Anim Sci. 2010; 3(32):247-253.

Venkatesh B, Shetty HPC. Studies on the growth rate of grass carp *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes) fed on two aquatic weeds and a terrestrial grass. Aquaculture. 1978; 13:45–53.

Verschure L, Rombaut G, Sorgeloos P, et al. Probiotic bacteria as biologic control agents in aquaculture. Microbiol Mol Biol Rev. 2000; 64:655-671.

Vincent JF. Plants as food. Em: Vincent, J.F.V., Lillford, P.J. (Eds.), Feeding and the texture of food. Society of Experiments in Biology Seminar Series. Cambridge University Press, Cambridge. 1991; 44:19–33.

Vincent JF, Sibbing FA. How the grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) chooses and chews its food—some clues. J Zool (London). 1992; 226:435-444.

Wang C, Zhu X, Han D, et al. Responses to fishmeal and soybean meal-based diets by three kinds of larval carps of different food habits. Aquacult Nutr. 2014;1-17.

Wang S, Liu YJ, Tian LX, et al. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. Aquaculture. 2005; 249:419-42

Watkins CE, Shireman JV, Rottmann RW, et al. Food habits of fingerling grass carp. Prog Fish Cult. 1981; 43:95-97.

Wiley MJ, Wilke LD. Energy balances of diploid, triploid and hybrid grass carp. Trans Am Fish Soc. 1986; 115:853-861.

Williams BA, Verstegen MWA, Tamminga S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. Nutr Res Rev. 2001; 14:207–227.

Williams BA, Bosch MW, Awati A, et al. In vitro assessment of gastrointestinal tract (GIT) fermentation in pigs: fermentable substrates and microbial activity. *Anim Res.* 2005; 54:191–201.

Wu Z, Feng X, Xie L, et al. Effect of probiotic *Bacillus subtilis* Ch9 for grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), on growth performance, digestive enzyme activities and intestinal microflora. *J of App Ichthyol.* 2012; 28:721-727.

Xavier JÁ. Crescimento de carpa capim *Ctenopharyngodon idella* alimentada com diferentes gramíneas. [Dissertação de Mestrado]. Rio Grande, RS: Universidade Federal do Rio Grande; 2008. 21p. Mestrado em Aquicultura.

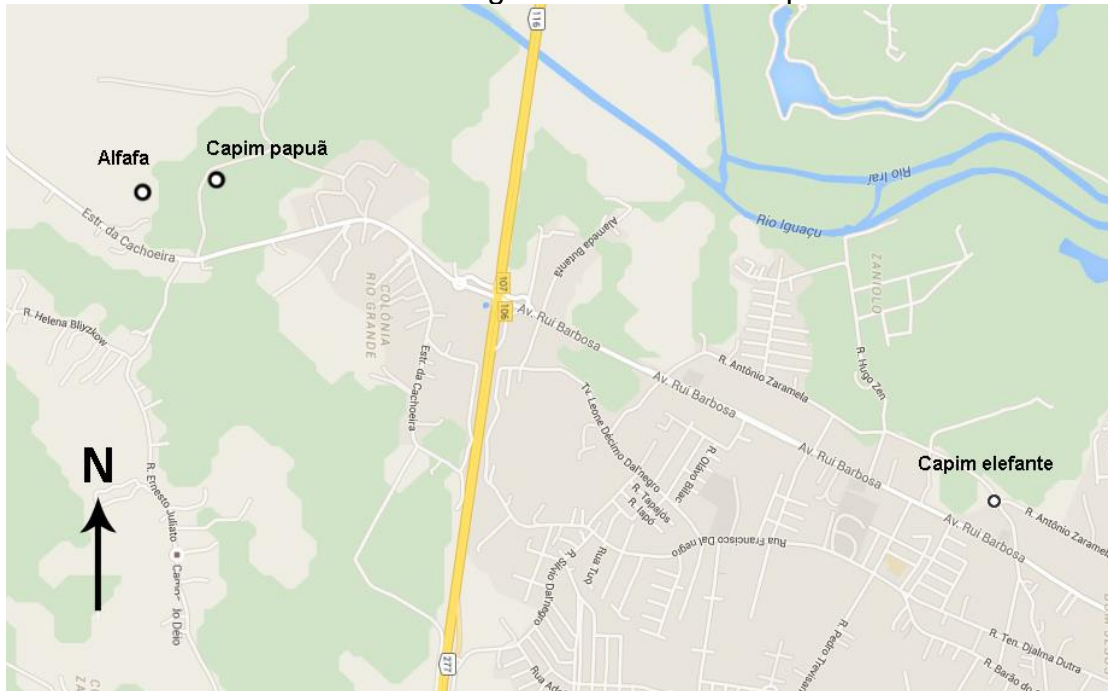
Yousif OM, Alhadhrami GA, Pessarakli M. Evaluation of dehydrated alfafa and sal bush (*Atriplex*) leaves in diets for tilapia (*Oreochromis aureus* L.). *Aquaculture.* 1994; 126:341-347.

Zooneveld N, Van Zon H. The biology and culture of grass carp (*Ctenopharyngon idella*), with special reference to their utilization for weed control. Em: Muir JF, Roberts RJ. Recent advances in aquaculture. Bolder: Westview Press. 1985;119-92.

Zoology Division Isotopes Laboratory. Studies on the nutritional physiology of grass carp III. On the application of ¹⁴C to study the digestion and absorption of grass carpto crude cellulose. *Acta Sci Nat Univ Sunyatseni.* 1978; 4:106.

ANEXOS

Anexo 1. Locais de coleta das forragens utilizadas no experimento



Anexo 2. Valores médios dos parâmetros físicos químicos de qualidade da água durante os 60 dias de experimento.

